



Análise do Conteúdo de Epigenética Abordado nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio

Sayonara Quaresma ^{ID} • Priscilla Ferreira Torres ^{ID} • Fernanda de Jesus Costa ^{ID} • Izinara Rosse ^{ID}

Resumo

Epigenética é a área da Biologia que estuda alterações no fenótipo que não são causadas por alterações na sequência de DNA. Trata-se de marcações químicas, provocadas pelas interações do indivíduo com o meio em que vive, que interferem na manifestação de suas características e que são herdáveis. Embora o tema seja atual e de impacto social, muitos professores relataram desconhecimento. Assim, este artigo teve como objetivo avaliar o conteúdo de epigenética abordado nos livros didáticos de Biologia aprovados pelo PNLD/2018 utilizados nas escolas públicas da região metropolitana de Belo Horizonte. Foram analisados 6 livros e apenas 50% deles abordavam o tema. Dentre estes, apenas 33% apresentaram o conteúdo de forma clara, completa e ilustrada, evidenciando que o assunto ainda é pouco abordado nos livros. Os resultados comprovam a necessidade de revisões mais detalhadas e criteriosas dos materiais que vem sendo aprovados pelo PNLD, para minimizar os erros e a ausência de assuntos atuais da Biologia.

Palavras-chave EDUCAÇÃO • LIVRO DIDÁTICO • ENSINO DE GENÉTICA • EPIGENÉTICA

An Analysis on the Content of Epigenetics as Approached in Secondary Biology Textbooks

Abstract

Epigenetics is the field of biology that focuses on the study of alterations in phenotype not caused by changes in the DNA sequence. These are chemical markings influenced by the individual's interactions with the environment, which signal their characteristics and are heritable. Although it is a current and important subject, teachers still report unfamiliarity with it. Thus, this article aimed to evaluate epigenetics as it is addressed in Biology textbooks approved by the Brazilian Textbook Program (PNLD)/2018 used in public schools in the metropolitan region of Belo Horizonte. Six books were analyzed, but only half included the topic. Among these, only 33% presented the content in a clear, complete and illustrated way, showing that the issue is still minimized in textbooks. The results highlight the need for more detailed and careful reviewing methods and criteria concerning the approved textbooks in use for students in Brazil, in order to minimize errors and update Biology textbooks for more up-to-date references.

Keywords EDUCATION • TEXTBOOK • TEACHING OF GENETICS • EPIGENETICS

Introdução

Durante algum tempo acreditava-se que os genes, ou os alelos que recebemos de nossos pais, eram inteiramente responsáveis pela expressão das nossas características. A partir do ano de 1940, essa ideia começou a mudar quando o biólogo Conrad Waddington (1905–1975) descreveu a interação entre os genes e o ambiente (Silva & Ortega, 2014). Com a epigenética, foi possível compreender que o meio em que vivemos e as situações a que somos expostos podem interferir no nosso fenótipo. De acordo com a etimologia da palavra, o termo “Epi” possui origem grega e significa “sobre/em cima”, sendo assim o termo epigenética significa “acima da genética”. Segundo Elsner & Siqueira (2016), epigenética é definida como o estudo das alterações na expressão gênica independente de mudanças na sequência de nucleotídeos do ácido desoxirribonucleico (DNA), mas que envolve modificações estruturais na cromatina causadas pela interação do indivíduo com o ambiente.

As modificações epigenéticas podem ocorrer por diferentes mecanismos e devido a algumas marcas epigenéticas. Uma delas é a metilação, que compreende a transferência de um grupo metil (CH_3) para o carbono na posição 5' do anel da citosina por meio de enzimas DNA metiltransferases (Jin & Robertson, 2011). Essa transferência pode ocorrer em dinucleotídeos quando se apresentam dispersos, quando isolados na sequência de nucleotídeos da fita do DNA, ou nas ilhas CpG. Além da metilação, é possível que ocorra o processo contrário, onde antes era metilado, por meio de influências ambientais, pode ser desmetilado. O processo de desmetilação pode ser classificado como ativo ou passivo. A desmetilação ativa envolve as enzimas desmetilases, que vão ativar genes específicos ou apagar a marca epigenética durante o desenvolvimento ou em respostas a perturbações ambientais. Na desmetilação passiva não há envolvimento da enzima desmetilase e acontece quando a manutenção pelas metiltransferases está inativa durante o ciclo celular (Oliveira et al., 2010). De modo geral, quando os genes são naturalmente inativos e ocorre a perda da metilação, ocorrerá um aumento da expressão gênica. Em contrapartida, a metilação de genes que deveriam estar ativos pode silenciar funções importantes (Mascaro, 2020).

Por ser um mecanismo de alteração genética desencadeado pelo ambiente, as modificações epigenéticas podem ser causadas, por exemplo, devido a mudanças nos hábitos alimentares. Diversos estudos relacionando as causas da obesidade às alterações epigenéticas, vêm sendo realizados ao longo dos anos. Esses estudos identificaram a existência de diversas ilhas CpG associadas a obesidade, demonstrando que há maior variabilidade da metilação do DNA em casos obesos do que nos controles magros (Xu et al., citado em Ling & Ronn, 2019). Entre as ilhas CpG identificadas, três foram localizadas no gene *HIF3A* que codifica a subunidade alfa do fator 3 induzível por hipóxia e foi observado que o aumento da metilação dessas ilhas estava associado ao aumento do IMC dos indivíduos (Dick et al., citado em Ling & Ronn, 2019). Além desse gene, outro estudo que investigou a metilação do DNA em células T CD4+, demonstrou que os genes *CPT1A*, *CD38* e *PHGDH* possuem quatro ilhas CpG associadas ao IMC e à circunferência da cintura (Aslibekyan et al., citado em Ling & Ronn, 2019).

Wahl e colaboradores avaliaram, em 2017, a relação das metilações do DNA com a obesidade e identificaram 187 ilhas CpG associadas ao IMC. Outro estudo realizado por Wang e colaboradores demonstrou que existe uma ligação direta entre a metilação do DNA, expressão genica em vários genes e status de obesidade, destacando o gene *SOCS3* (Wahl et al., Wang et al., citado em Ling & Ronn, 2019). Eles conseguiram observar que a obesidade estava associada à diminuição da metilação desse gene que levava ao aumento da sua expressão e, conseqüentemente, induzia resistência à insulina e leptina, com implicações no controle de glicose no sangue e equilíbrio energético (Pedroso et al., citado em Ling & Ronn, 2019). Além dessas descobertas, foi possível observar que pessoas com obesidade possuem metilação no DNA mais frequentes causadas pela adoção de hábitos alimentares ruins. Ademais, as regiões no DNA que sofreram metilação associadas à obesidade, demonstraram riscos futuros de diabetes do tipo 2 (Ling & Ronn, 2019). Segundo o Instituto Nacional de Câncer (INCA), entre 80% e 90% dos casos de câncer estavam associados a mudanças ambientais, hábitos e ao estilo de vida dos indivíduos (INCA, 2018). Dentre esses casos, cerca de 30% estavam associados à má alimentação (Miranda, 2012).

Outro mecanismo epigenético conhecido é o *imprinting* genômico que consiste na diferenciação de um determinado grupo de genes, que possui um padrão de expressão de acordo com a origem parental do alelo (Fowden et al., citado em Leite, 2012). O processo de *imprinting* ocorre de maneira natural e possui padrões ao longo da gametogênese que são mantidos por meio de reprogramação na passagem pela linhagem germinativa (Couto et al., 2014). Dessa forma, somente um dos alelos (aquele que não sofrer *imprinting*) será expresso, podendo ser ativo apenas nos cromossomos de origem materna ou de origem paterna. Embora ocorra de maneira natural, podem ocorrer mutações ou deleções nos genes que não são *imprintados*, o que pode levar ao desenvolvimento de alterações prejudiciais para os indivíduos.

Um exemplo de alterações causadas pelo *imprinting* são as condições de *Prader-Willi* e *Angelman*. Ambas são causadas pelo processo de *imprinting* genômico na região cromossômica 15q11–13. Porém, enquanto a condição de *Prader-Willi* ocorre pela perda de função dessa região no cromossomo 15 materno, a de *Angelman* ocorre devido a perda de função no cromossomo 15 de origem paterna (Fridman et al., 2000). A condição de *Prader-Willi* é um distúrbio neurocomportamental, que é caracterizada por se tratar de microdeleções cromossômicas. Ela causa no indivíduo obesidade, atraso de desenvolvimento neuropsicomotor, deficiência intelectual leve e moderada, ausência de fala, entre outros sintomas. Já a condição de *Angelman* é um distúrbio neurológico que causa deficiência intelectual, alterações de comportamento e características físicas próprias. Algumas das características são dificuldade ou ausência de fala, dificuldade de aprendizado, epilepsia, andar desequilibrado com as pernas abertas e rígidas, desvio de coluna, entre outros (Fridman et al., 2000).

Além do *imprinting* e da metilação, o processo epigenético pode ocorrer na cromatina. Devido à grande extensão do material genético de eucariotos, que deve ser armazenado no núcleo das células, para evitar perda de material, esses organismos

desenvolveram o mecanismo conhecido como compactação do DNA, formando a cromatina, uma estrutura composta por um emaranhado de DNA, proteínas histonas e proteínas não-histônicas (Feitosa, 2009). Os monômeros de histonas externalizam resíduos de aminoácidos dos nucleossomas, formando as “caudas das histonas”, que são regiões que sofrem modificações enzimáticas (Santos et al., 2013). Quando as histonas sofrem modificações pós-traducionais, elas podem influenciar na forma da cromatina, que, por sua vez, determina se o DNA associado será transcrito (Simmons & Gurdon citado em Ferreira & Franco, 2012; Rivas et al., 2019). Essas modificações podem ocorrer devido a fatores epigenéticos, que provocam a compactação ou a descompactação das cromatinas. As histonas podem sofrer metilação, acetilação, fosforilação e ubiquitinação, desestabilizando as interações entre DNA e histona influenciando a transcrição gênica (Wu et al., 2015). Sartori & Frasson (2015) apontaram as alterações das histonas da cromatina como um dos mecanismos que podem atuar no desenvolvimento tumoral no câncer de mama.

Outro mecanismo epigenético é a compactação do cromossomo X. Nos mamíferos os cromossomos sexuais são divididos em heterogamético (XY) e homogaméticos (XX). Para manter o equilíbrio entre a diferença de dose do cromossomo X entre fêmeas e machos, surgiu na evolução um mecanismo de compensação de dose extra de produtos gênicos, denominado compactação do cromossomo X. O processo de inativação do X tem início no período embrionário, na fase do blastocisto. A inativação desse gene pode ocorrer de forma aleatória, podendo afetar tanto o X herdado da mãe quanto o X herdado do pai. Esse processo é fixo, o que quer dizer que todas as células descendentes terão o mesmo padrão de inativação (Fraga, 2012; Mello, 2010). Isso ocorre devido a um conjunto de mecanismos, como por exemplo, a metilação das ilhas CpG, a transcrição do gene *X-Inactive Specific Transcript* (XIST), as modificações das histonas por meio de metilação e hipoacetilação, e a presença de variante de histona macroH2A (Csankovszki et al., Mietton et al., citado em Mello, 2010).

Existem pesquisas que estão relacionando o cromossomo X a doenças autoimune. Essa relação pode estar atrelada a algumas mutações genéticas ou a alguma modificação epigenética que altera os níveis de expressão dos genes sem provocar alterações na sequência de DNA (Brooks, 2014). Um exemplo de doença autoimune causada por fatores epigenéticos é o lúpus que é uma doença rara, mais frequente em mulheres jovens. Estudos apontam as alterações epigenéticas no elemento longo intercalado LINE1 (L1) como uma das causas para o desenvolvimento desta doença (Borba et al., 2008). O elemento L1 teve sua origem de um gene funcional que codifica a atividade da transcriptase reversa e a atividade da endonuclease. O elemento L1 funciona como local de ancoragem para o RNA transcrito na inativação do cromossomo X. Sua atividade tem início no centro de inativação X (Xq13), de onde se espalha para a cromatina do cromossomo X paterno ou materno, silenciando genes e dando origem ao cromossomo X inativo (Lyon citado em Brooks, 2014). Existem relatos de que *in vivo* a maioria dos L1 são metilados para se manterem inativos, no entanto pacientes que foram diagnosticados

com lúpus possuem alguns elementos L1 hipometilados em células T CD4+ e CD8+, células B e neutrófilos, tornando o elemento L1 ativo (Brooks, 2014; Sukapan et al., 2014).

Como pode ser observado, os hábitos de vida podem influenciar a saúde das pessoas. Desta forma, adquirir conhecimentos sobre epigenética permitirá que o indivíduo se posicione de maneira coesa sobre os diferentes assuntos relacionados ao meio em que vive. E para que esses conhecimentos e atualizações possam chegar à comunidade, é preciso que esse conteúdo seja abordado em sala de aula, permitindo que os estudantes compreendam de forma efetiva aspectos relacionados com a genética que são frequentemente debatidos dentro e fora do ambiente escolar (Oliveira et al., 2017).

A educação é instrumento mediador que instrumentaliza as futuras gerações, promovendo a elas uma posição crítica em relação aos fatos da sociedade. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), promulgados na Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, a contribuição do aprendizado deve estar voltada não só para conhecimentos técnicos, mas também para o desenvolvimento de interpretações de fatos naturais, compreensão de procedimentos do cotidiano social e profissional (MEC, 1998). Neste mesmo caminho, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a importância de debater temas atuais, favorecendo uma participação ativa dos estudantes e permitindo que estes sejam capazes de argumentar, atuar em relação aos desafios propostos e ainda contribuir para o desenvolvimento de um pensamento crítico e científico (MEC, 2019). A partir daí, podemos perceber a importância de a Base Nacional Comum Curricular abordar temáticas do cotidiano dos alunos, permitindo que eles desenvolvam atitudes e valores, sendo capazes de tomarem decisões responsáveis em relação a situações reais (Santos & Schnetzler citado em Lacerda, 2017).

Especificamente sobre os processos de ensino e aprendizagem de genética, destaca-se que este é um tema relevante, mas que apresenta conteúdos complexos e abstratos, que dificultam os processos de ensino e aprendizagem (Oliveira et al., 2017; Cola & Souza, 2020). Podemos observar alunos no ensino médio com sérias dificuldades na compreensão de conceitos relacionados à genética (Vilela, 2007). Neste sentido, é relevante a utilização de materiais alternativos que possam contribuir para o ensino (Oliveira et al., 2017; Cola & Souza, 2020). Porém, na maioria das vezes, o professor não dispõe de estratégias didáticas diferenciadas que poderiam contribuir para o ensino de genética (Cola & Souza, 2020), sendo o Livro Didático uma das ferramentas mais utilizadas nas escolas para o repasse deste conteúdo.

Neste sentido, um dos problemas que interferem no aprendizado da genética é a abordagem feita pelos autores nos livros didáticos que, na maioria das vezes, não são claras, didáticas e nem conseguem acompanhar as atualizações do ensino. Destaca-se que o livro didático é uma importante ferramenta utilizada no processo de ensino e aprendizado e que precisa atentar para as atualizações e temas sociais a serem inseridos no contexto escolar, buscando acompanhar as mudanças que acontecem no mundo científico. Além disso, podemos identificar erros e/ou fragilidade conceitual

nas abordagens de algumas obras (Lima & Santana, 2018). Sendo assim, é preciso que os livros didáticos busquem acompanhar aspectos atuais e coerentes relacionados ao ensino de Biologia, especificamente no ensino de genética, já que a realidade social nas escolas públicas coloca o livro didático como o principal e, para muitos, o único material para estudo e pesquisas (Oliveira, 2014).

Destaca-se que em assuntos atuais como a epigenética, alguns autores não apresentam o tema em suas obras, dificultando não só o aprendizado do aluno como também a elaboração das aulas de alguns professores que têm o material didático como base. Em pesquisas anteriores do nosso grupo, foi possível observar que os professores não têm abordado o tema epigenética durante as aulas. Muito provavelmente isso pode estar acontecendo devido a não adequação dos livros didáticos. Para verificar se a hipótese desse projeto era válida, buscamos avaliar o conteúdo de epigenética abordado nos livros didáticos de Biologia do Ensino Médio, aprovados pelo PNLD 2018.

Materiais e métodos

A escolha do material

Para a realização da pesquisa, foi feita uma consulta ao guia de livros didáticos de Biologia 2018, aprovados pelo PNLD, programa do Governo Federal que busca avaliar e distribuir livros didáticos. Nesta busca, identificamos os 10 livros disponíveis para os professores utilizarem nas turmas do ensino médio para o ano de 2018. Depois, entramos em contato com professores da rede pública, que disponibilizaram 6 livros físicos dentre os dez aprovados pelo PNLD para nossas análises.

Visando construir uma metodologia eficaz e objetiva para a análise do material, foi realizada uma consulta bibliográfica de metodologias e critérios já utilizados como as propostas nas pesquisas realizadas por Olanda et al., (2014) e Bandeira et al., (2012). Através das consultas bibliográficas foram construídas três tabelas: uma para analisar o livro; outra para analisar a presença e qualidade das imagens; e a terceira para analisar o texto.

Análise geral dos livros

Os livros selecionados foram definidos de acordo com a disponibilidade dos exemplares físicos obtidos em parceria com professores de escolas públicas da região. Em seguida eles foram nomeados da seguinte maneira: LV1, LV2, LV3, LV4, LV5 e LV6 como forma de manter os nomes dos livros em anonimato para preservar a imagem dos autores. Em seguida, fizemos uma primeira análise e tabulamos os dados principais dos livros como: ano de publicação, as turmas que utilizariam material didático, se aborda ou não epigenética, em qual capítulo o assunto é abordado e a quantidade de páginas dedicadas ao tema. Após passar por essa classificação, foram selecionados apenas os livros que apresentaram o tema. Em seguida, foi criada uma tabela categorizada da seguinte maneira (1) o tema estava presente no sumário; (2) o conceito aparece ao longo do texto ou como material complementar; (3) qual título do texto; (4) clareza do texto; (5) fonte da informação; (6) presença de imagem; (7) presença de atividades e/ou exercícios.

Análise do conteúdo abordado no livro

Sabendo-se da importância que o material analisado possui para docentes e discentes, além da análise geral do livro, foi realizada, de forma individual, um estudo minucioso dos textos e imagens utilizados pelo autor. Essa etapa, teve o intuito de identificar pontos importantes para compreensão do assunto pelos alunos.

Para a análise específica dos itens presentes nos livros, foram criadas tabelas com os tópicos mais relevantes para a compreensão do conteúdo. A análise do texto consistiu em identificar se ele apresentava: (1) o que é epigenética; (2) como ela acontece; (3) os mecanismos epigenéticos; (4) a relação que o tema tem com o cotidiano (visando uma aproximação do conceito com a realidade do estudante); (5) a diferença entre genoma e epigenoma; (6) como surgiu a epigenética; (7) os mecanismos de herança epigenética; (8) se a abordagem era simples ou complexa; e (9) se a informação está apresentada de forma completa ou resumida.

Para que o texto fosse considerado completo, nós consideramos que o autor deveria ter abordado alguns pontos básicos do assunto, tais como: Conceito de epigenética, como ela ocorre no organismo, quais os mecanismos fazem parte do processo epigenético e quanto a herdabilidade dos caracteres epigenético.

Análise das imagens

A tabela para a análise específica das imagens presentes no texto teve como objetivo descrever as imagens, uma vez que a utilização destas, em conjunto com o texto, é um excelente método de assimilação.

Para medir a qualidade desse recurso didático foram criados os seguintes critérios: (1) tipo de imagem, se era explicativa ou ilustrativa, sendo as ilustrativas aquelas que têm função de entreter o leitor, sem acrescentar informação ao texto. Já a imagem explicativa é aquela que tem o papel de explicar como um sistema funciona (Coutinho et al., 2010); (2) se possuía boa qualidade gráfica; (3) a relação imagem/texto (para identificar se o autor faz relação entre eles); (4) localização no texto (se o texto possui chamada para a figura.); e (5) legenda (se apresenta legenda explicativa e de fácil entendimento para o aluno).

Resultados e discussão

No presente estudo, nós selecionamos 6 livros disponibilizados pelo MEC para o ano de 2018. O material foi escolhido após consultar o guia do PNLD disponível no portal do ministério da educação.

Dos 6 livros analisados apenas três (50%) abordaram o tema epigenética. Além disso, foi observado que o conteúdo foi desenvolvido de forma simples e resumida em todos eles, sendo possível verificar também que foram destinados de uma a duas páginas sobre o conteúdo. Adicionalmente, em todos os livros, o tema epigenética aparece no capítulo de Genética, sendo dois deles, LV3 e LV5, em um capítulo nomeado como “Genética Mendeliana” e o LV2 no capítulo nomeado como “Os mecanismos de Herança”.

Na Figura 1, é possível observar a análise geral do conteúdo abordado nos livros que apresentavam o conteúdo de epigenética.

Figura 1. *Análise geral do Conteúdo de epigenética nos livros didáticos*

Análise geral do conteúdo de epigenética nos livros didáticos			
Nº dos livros	LV2	LV3	LV5
Presença no sumário	Não	Não	Não
Onde aparece	Texto complementar	Tópico	Tópico
Título	Epigenética	Epigenética	Epigenética
Clareza do texto	Clara	Clara	Pouco clara
Fonte do texto	Possui	Não possui	Não possui
Imagem	Sim	Sim	Não
Atividade	Não possui	Não possui	Não possui

Fonte: autoria própria.

Ao analisar as informações, foi possível verificar que os 6 livros não trazem o tema no sumário, o que seria importante, pois facilita para os alunos e professores a busca e identificação do conteúdo presente no livro.

Outro critério de análise foi identificar em que parte do livro esse conceito aparece, ou seja, se em forma de conteúdo ou em textos complementares. Percebemos que dois dos livros analisados (LV3 e LV5) apresentaram o tema como um tópico dentro do capítulo denominado Genética Mendeliana. O que não é adequado pois segundo as leis da hereditariedade da teoria de Gregor Mendel, o único meio de se transmitir características para gerações é por meio de genes. No entanto, a epigenética tem demonstrado que alterações químicas adquiridas durante a vida do indivíduo podem ser transmitidas para os descendentes. Por exemplo, quando ocorre um novo padrão de metilação causado por agentes químicos, genes antes inativados podem se tornar ativos podendo provocar alterações no organismo que serão transmitidas para os descendentes por memória epigenética. Já o LV2 apresenta em forma de texto complementar dentro do capítulo Mecanismos de Herança. Acreditamos que quando o texto é abordado como um tópico dentro do conteúdo, o assunto recebe mais atenção, uma vez que os professores dão mais ênfase por ter mais informação. No entanto, Vasconcelos & Souto (2003) consideram o texto complementar mais atualizado pois, na maioria das vezes, trata de assuntos melhor relacionados a realidade dos alunos. Porém, muitos professores não dão muita importância para esses textos uma vez que eles são considerados como uma curiosidade e trabalhados de maneira superficial em sala de aula. Dessa forma, nossa sugestão é que os autores mencionem a epigenética não só em forma de texto complementar, mas também no conteúdo do capítulo.

No quesito clareza do texto, classificou-se como claro o texto que trazia o conteúdo de epigenética com uma linguagem simples e de fácil compreensão para o aluno. Quando o texto era abordado de forma mais difícil, com termos técnicos muito distantes da realidade do aluno, ou não possuía conteúdo suficiente para promover

definições claras para facilitar a compreensão sobre o conceito, classificou-se como pouco claro. Desse modo, foi verificado que em LV2 e LV3 o conteúdo era apresentado de forma clara, enquanto LV5 foi classificado como pouco claro. Essa classificação é devida à falta de conceitos importantes para que os alunos compreendam o conteúdo, como a presença de exercícios, explicação do conceito de epigenética, quais são os mecanismos epigenéticos, a relação do conteúdo com o cotidiano do aluno e a diferença entre genoma e epigenoma.

Após a exposição de um assunto, a prática do mesmo por meio de exercícios ou outras atividades se faz imprescindível. Para Vasconcelos & Souto (2003), os alunos precisam reconstruir os conceitos aprendidos no livro didático para que o conteúdo seja melhor compreendido. Por isso, a presença de atividades também foi um dos critérios analisados. Dentre os três livros, nenhum deles trouxe questões sobre epigenética.

As publicações também foram analisadas levando em conta a presença ou ausência de imagens, pois elas ajudam na assimilação e entendimento dos conteúdos. Segundo a Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia de Mayer (2001), ao combinarmos imagens e palavras a compreensão de um conteúdo se torna mais fácil. Isso ocorre a partir da ativação dos centros cognitivos, retraindo as informações presentes em imagens e palavras selecionadas pela memória sensorial para a memória de trabalho que em seguida vão estruturar as palavras no modelo verbal e as imagens no modelo pictórico (Mayer citado em Silva et al., 2018). Nesta análise, constatou-se que LV2 e LV3 possuíam imagens que contribuíam com a compreensão do texto. Já em LV5 não havia imagem que, em conjunto com a pouca clareza do conteúdo, dificultou a compreensão do conceito.

Os itens analisados em relação às imagens e resultados são apresentados na Figura 2. Como o LV5 não continha imagens, ele foi excluído dessa análise.

Figura 2. *Análise das imagens presentes nos livros didáticos analisados*

Análise das imagens presente nos livros didáticos analisados		
Nº do livro	LV2	LV3
Tipo de imagem	Explicativa	Explicativa
Qualidade	Boa	Excelente
Relação imagem/ texto	Excelente	Excelente
Localização no texto	Adequada	Adequada
Legenda	Explicação simples e clara	Explicação simples e clara

Fonte: autoria própria.

A primeira classificação realizada foi quanto ao tipo de imagem, enquadrando-as como: (a) explicativas — para ilustrações que explicam o funcionamento de processos, como por exemplo como funciona o processo epigenético; e (b) decorativas — para as ilustrações que pretendem interessar ou entreter o leitor, porém não acrescentam informações ao texto, nem são chamadas no mesmo. Dentro dessa categoria foi possível perceber que os dois livros apresentavam imagens explicativas, que demonstravam o processo de compactação da cromatina.

Outro critério analisado foi a qualidade da imagem, onde investigamos se ela apresentava uma qualidade ruim, boa ou excelente. Dentro desse quesito, verificamos que em LV2 a imagem era de boa qualidade e de fácil entendimento. Enquanto LV3 possuía uma imagem que foi categorizada como excelente, pois era de fácil compreensão, clara, completa e possuía ótima qualidade visual.

Os outros critérios adotados como a relação texto/imagem, localização da imagem no texto e a legenda, são pontos fundamentais para que uma figura se torne apta para estar em um livro didático. Além disso, ela necessita de algumas características para que não haja confusão na interpretação do conteúdo. São elas: possuir coerência; ser inserida de acordo com o decorrer do texto, de forma que o leitor possa compreender o trecho lido ao visualizar a imagem; apresentar legendas autoexplicativas, que proporcionem a compreensão do que se trata a imagem sem que precise recorrer ao texto. Dentro desses critérios, vimos que os dois livros conseguiram alcançar os objetivos esperados e introduziram a imagem de forma clara e a mencionam no texto de maneira adequada. Esses aspectos são importantes, pois mostram para o aluno qual ponto do processo a figura está ilustrando.

Outro critério que também foi tabulado é a presença ou ausência de legenda na imagem, uma vez que elas são fundamentais para a compreensão do assunto, pois têm a finalidade de contextualizar o que está sendo abordado na figura. Nesse ponto, verificou-se que tanto LV2 quanto LV3 apresentaram legenda adequada e com explicação simples e clara, o que facilita o entendimento da imagem pelo aluno. Com essa análise, foi possível observar que os dois livros atenderam às expectativas com relação aos critérios exigidos para essa parte da pesquisa.

A terceira etapa da análise do material didático foi voltada para uma observação mais detalhada do texto. Essa busca teve o objetivo de identificar se alguns tópicos importantes estavam presentes e como eram descritos para favorecer o aprendizado do aluno. Após identificação destes pontos, criou-se a Figura 3, na qual descrevemos os resultados das análises dos livros LV2, LV3 e LV5.

Figura 3. Análise do conceito de epigenética abordado nos livros didáticos

Análise do conceito de epigenética abordado nos livros didáticos			
Nº do livro	LV2	LV3	LV5
Conceito de epigenética	Sim	Sim	Sim
Como a epigenética acontece	Sim	Sim	Não
Mecanismos epigenéticos	Sim	Sim	Sim/ simples
Relação com o cotidiano	Sim	Sim	Sim
Diferença entre genoma e Epigenoma	Não	Não	Não
Como surgiu a epigenética	Não	Não	Não
Herança	Sim/simples	Sim/simples	Sim/ simples

Fonte: autoria própria.

Dentro da categoria “Conceito de Epigenética”, esperou-se encontrar no mínimo a descrição do tema epigenética como: mecanismo genético que se refere a características do organismo que não geram mudanças na sequência de DNA, mas que são passadas para as descendências. Consultando a tabela, podemos perceber que os três livros atingiram a expectativa e apresentaram o conceito.

O segundo critério foi referente a como a epigenética acontece no organismo. Era esperado que o livro abordasse as influências do meio externo sobre o material genético que podem levar a alterações fenotípicas. Dentre os três livros, LV2 e LV3 abordaram esse quesito no texto, enquanto LV5 não mencionou como o meio ambiente e as práticas do dia a dia podem influenciar na expressão do nosso fenótipo através da epigenética.

Após a descrição de como a epigenética ocorre, seria necessário citar e explicar os mecanismos epigenéticos, para que a compreensão de como ela se dá seja mais eficiente. Era esperado encontrar explicações sobre os mecanismos de regulação epigenética (Condensação da cromatina, Metilação, *Imprinting* e Inativação do cromossomo X), como eles ocorrem e quais suas consequências. Essa análise deu origem a tabelas individuais onde cada livro foi classificado de forma individual. Dentro dessa categoria observamos que apenas o LV2 abordou os quatro mecanismos, e em apenas dois deles (Condensação da cromatina e Metilação) são apresentadas todas as explicações esperadas. Quanto ao *Imprinting*, o texto aborda o que é e quais as consequências no organismo, de forma resumida e clara, não explicando como esse mecanismo funciona. Já em relação à inativação do cromossomo X, o autor apenas cita a sua existência sem mencionar o que é, como funciona e quais as consequências. Esses resultados podem ser observados na Figura 4.

Figura 4. Mecanismos epigenéticos abordados no livro LV2

Mecanismos epigenéticos (LV2)				
O que é abordado	Compactação da cromatina	Metilação	Imprinting	Inativação do X
O que é	Sim	Sim	Sim	Não
Como funciona	Sim	Sim	Não	Não
Consequência	Sim	Sim	Sim	Não
Abordagem	Resumida e clara	Resumida e clara	Resumida e clara	Apenas cita

Fonte: autoria própria.

Como pode ser observado na Figura 5, no livro LV3 o autor não aborda todos os mecanismos epigenéticos. No decorrer do texto ele apresenta apenas a condensação da cromatina e a metilação, enquanto os demais não são nem citados. Porém, os dois mecanismos abordados são descritos de forma clara e completa, apresentando todos os quesitos exigidos durante a análise dos conceitos.

Figura 5. *Mecanismos epigenéticos abordados no livro LV3*

Mecanismos epigenéticos (LV3)				
O que é abordado	Condensação da cromatina	Metilação	Imprinting	Inativação do x
O que é	Sim	Sim	Não	Não
Como funciona	Sim	Sim	Não	Não
Consequência	Sim	Sim	Não	Não
Abordagem	Resumida e clara	Resumida e clara	Não	Não

Fonte: autoria própria.

No livro LV5, foi possível observar, através da Figura 6, que o autor aborda apenas a metilação, enquanto os demais mecanismos não são nem citados ao longo do texto. Quanto às informações analisadas sobre os mecanismos, podemos observar que, apesar de serem tratados de forma resumida, o autor trabalha todos os aspectos que julgamos importantes na pesquisa (o que é, como funciona e consequência).

Figura 6. *Mecanismos epigenéticos abordados no livro LV3*

Mecanismos epigenéticos (LV5)				
O que é abordado	Condensação da cromatina	Metilação	Imprinting	Inativação do X
O que é	Não	Sim	Não	Não
Como funciona	Não	Sim	Não	Não
Consequência	Não	Sim	Não	Não
Abordagem	Não	Resumida e clara	Não	Não

Fonte: autoria própria.

Como mencionado anteriormente, a epigenética pode ser influenciada pelos meios externos como ambiente, alimentação e atividades realizadas no dia a dia. Sabendo disso, um dos tópicos também abordado na Figura 3 foi verificar se o autor faz uma relação da epigenética com o cotidiano. Como resultado, foi possível observar que todos os três livros deram exemplos que faziam relação com o cotidiano. Em um dos livros, por exemplo, o autor retrata que em um estudo foi possível verificar que seis meses de atividades físicas podem modificar os padrões de metilação do DNA. Essa modificação pode gerar uma mudança no modo como os genes que causam obesidade e diabetes tipo 2 são expressos. Ele menciona ainda que a má alimentação, o sedentarismo e o aumento no uso de novas tecnologias, que reduzem a prática de atividades físicas, têm contribuído para o aumento de doenças como obesidade, problemas cardiovasculares e diabetes tipo 2 (Rönn et al., 2013).

Considerando que as influências ambientais podem ter efeitos no organismo, e a importância que essa informação tem na vida dos alunos, percebemos que ambos os livros analisados fizeram essa ligação da epigenética com o cotidiano. Esse tipo de

ligação permite que o aluno compreenda mais facilmente, uma vez que ele pode levar o conteúdo para suas práticas diárias, além de ter um papel preventivo no combate a estas doenças que têm um grande componente ambiental por trás de seu surgimento, como obesidade e diabetes.

Outro ponto importante é a herdabilidade, pois sabe-se que características epigenéticas são passadas para as descendências. Portanto, essa informação deve ser passada para os alunos juntamente com o conceito e a diferença entre o genoma e o epigenoma. Quanto à herdabilidade, foi observado que LV2, LV3 e LV5 abordavam o assunto, mesmo que de maneira resumida. Já com relação a diferença entre genoma e epigenoma nem um dos três apresentaram ou distinguiram os termos.

Esses pontos apontados nas tabelas apresentadas ao longo do texto são básicos, porém importantes para facilitar e contribuir para melhor compreensão do conteúdo de epigenética e, conseqüentemente, permitir que o aluno tenha a capacidade de responder questões sobre o tema. No entanto, os livros não abordaram muitos desses conceitos básicos ou apresentaram, de forma resumida, o assunto pesquisado ao longo do trabalho. Analisando os resultados por completo percebemos que o conceito de epigenética ainda não é visto, por muitos autores, como assunto relevante, uma vez que dentre os 6 livros analisados apenas três apresentaram o conteúdo e mesmo assim de forma resumida e com falhas como é mostrado no decorrer do texto.

Como pode ser observado em outros trabalhos, como o de Frison et al., (2009):

A maioria dos livros didáticos apresenta uma ciência descontextualizada, separada da sociedade e da vida cotidiana, e concebem o método científico como um conjunto de regras fixas para encontrar a verdade. Mesmo assim, muitas vezes ele é a única referência para o trabalho do professor, passando a assumir o papel de currículo e de definidor das estratégias de ensino, interferindo de modo significativo nos processos de seleção, planejamento e desenvolvimento dos conteúdos em sala de aula (Frison et al., 2009, p. 7).

Embora os livros didáticos passem por criteriosa revisão, ainda encontramos exemplos de contradições entre as informações apresentadas no conteúdo teórico (Vasconcelos & Souto, 2003). Como Macedo e Junior (2015) mencionam em seu trabalho, autores como Coutinho e Soares (2010); Cardoso-Silva e Oliveira (2013); Dalapicola, et al., (2015), e diversos outros estudiosos têm levantado dados que demonstram que os livros didáticos aprovados pelo PNLD possuem conceitos errôneos. Partindo do pressuposto de que os conceitos abordados nos livros didáticos façam com que o aluno e o conhecimento disponível tenham um contato que possibilite o entendimento das práticas reais que o cerca (Vasconcelos & Souto, 2003).

Tendo em vista essas falhas presentes no material didático e a sua importância, realizamos a análise do conteúdo de epigenética nos livros, pois segundo Vasconcelos & Souto (2003), “estas características aumentam a eficiência do processo de aprendizagem — especialmente quando o aluno utiliza o livro fora do horário de aula” (p. 96). Além disso, novos conceitos de genética não estão sendo abordados com a frequência que

deveriam. Xavier e colaboradores (2006) mostraram em sua pesquisa que dentre 12 títulos analisados, somente um dedicou 3,8% do espaço para falar sobre novos conceitos de Genética. Grande parte dos livros apresentaram em torno de 2% a 1%. Já a genética tradicional possui muito mais espaço dedicados a ela, atingindo cerca de 20% dos livros didáticos analisados.

É fato que os livros didáticos apresentam erros e falta de conteúdo, mas é importante ressaltar que as pesquisas que estão sendo realizadas, com foco na análise do conteúdo abordado, têm proporcionado uma melhora significativa no material. Resultado que reforça a importância de trabalhos como o apresentado aqui.

Conclusão

Após a presente pesquisa, que teve como objetivo avaliar o conteúdo sobre epigenética abordados nos livros de Ciências e Biologia do ensino médio, foi possível concluir que o tema ainda não tem recebido a devida atenção nos livros didáticos. Ainda que o assunto seja extremamente importante, pois alterações epigenéticas, provocadas por hábitos alimentares, pelos ambientes sociais e pelo modo de vida entre outras práticas cotidianas, podem ocasionar alterações nas características fenotípicas do indivíduo.

O estudo da epigenética em sala pode conscientizar os adolescentes a terem hábitos mais saudáveis, contribuindo para a redução de doenças como diabetes, obesidade, entre outras enfermidades causadas pela má alimentação, a falta de atividade física e o modo de vida. Além da importância do conhecimento sobre o tema no cotidiano do aluno, a epigenética já está sendo cobrada no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e vestibulares. Mesmo sendo um assunto relevante a epigenética ainda é precariamente abordada nos livros didáticos. Esse resultado evidencia a necessidade de uma análise mais rigorosa dos livros que vêm sendo aprovados pelo PNLD para que os mesmos não deixem de abordar temas tão atuais como a epigenética.

Adicionalmente, nosso trabalho evidencia a necessidade de novas pesquisas relacionadas à análise de livros didáticos, principalmente com relação a temas atuais na área de Genética. Reforçamos também a importância da realização de cursos de formação continuada para professores para aumentar o conhecimento deles e dos alunos sobre temas atuais na área de Genética. Também demonstra a necessidade de investir em pesquisas relacionadas aos processos de ensino e aprendizagem de genética no ambiente escolar.

Referências

Bandeira, A., Stange, C. E. B., & Santos, J. M. T. (26–28 de setembro, 2012). *Uma proposta de critérios para análise de livros didáticos de ciências naturais na educação básica*. III Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia (SINECT), Ponta Grossa, Paraná. http://www.waltenomartins.com.br/ecn_artigo_bandeira_stange_santos.pdf

- Borba, E. F., Latorre, L. C., Brenol, J. C. T., Kayser, C., Silva, N. A., Zimmermann, A. F., Pádua, P. M., Costallat, L. T. L., Bonfá, E., & Sato, E. I. (2008). Consenso de Lúpus Eritematoso Sistêmico. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 48(4), 196–207. <https://doi.org/10.1590/S0482-50042008000400002>
- Brooks, W. H. (2014). A commentary on ‘Types of DNA methylation status of the interspersed repetitive sequences for LINE-1, Alu, HERV-E and HERV-K in the neutrophils from systemic lupus erythematosus patients and healthy controls.’ *Journal of Human Genetics*, (59), 174–175. <https://doi.org/10.1038/jhg.2014.8>
- Cola, M. O., & Souza, A. E. M. (2020). Diferentes abordagens metodológicas no ensino de genética para a educação básica. *Revista Funec Científica*, 9(11), 1–20. <http://dx.doi.org/10.24980/rfcm.v9i11.4096>
- Coutinho, F. A., Soares, A. G., Braga, S. A. M., Chaves, A. C. L., & Costa, F. J. (2010). Análise do valor didático de imagens presentes em livros de Biologia para o ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 10(3), 1–18. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4085>
- Couto, F. D., Nascimento, A. K., Garcia, G. E., Colenghi, R. D., & Pogue, R. (2014). Imprinting: Genes de pai e mãe não são igualmente expressos – implicações para doenças genéticas e síndromes irmãs. *Revista de Medicina e Saúde de Brasília*, 3(2), 173–184. <https://portalrevistas.ucb.br/index.php/rmsbr/article/view/4924>
- Dalapicolla, J., Silva, V. D., & Garcia, J. F. (2015). Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. *Revista Ensaio*, 17(1), 150–172. <https://doi.org/10.1590/1983-211720175170107>
- Elsner, V. R., & Siqueira, I. R. (2016). *Epigenética aplicada à saúde e à doença: princípios fundamentais baseados em evidências atuais*. Editora metodista.
- Feitosa, V. L. (2009). Envoltório Nuclear, Cromatina e Cromossomo. In R. Scher, & V. L. Feitosa (Orgs), *Biologia Celular*. CESAD — Centro de Educação Superior a Distância da UFS.
- Ferreira, A., & Franco, M. (2012) Reprogramação Epigenética em Gametas e Embriões de Mamíferos. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 36(1), 3–9. <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/v36n1/pag3-9.pdf>
- Fraga, A. M. (2012). *Início e Manutenção da Inativação do Cromossomo X em Células Humanas* (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-17072012-090204/pt-br.php>
- Fridman, C., & Koiffmann, C. P. (2000). Genomic imprinting: genetic mechanisms and phenotypic consequences in Prader-Willi and Angelman syndromes. *Human and Medical Genetics*, 23(4), 715–124. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572000000400004>

- Frison, M. D., Vianna, J., Chaves, J. M., & Bernardi, F. N. (8 de novembro, 2009). *Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais*. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência, Florianópolis, Santa Catarina. <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/425.pdf>
- Instituto Nacional de Câncer (30 de novembro, 2020). *O que é câncer?*. <https://www.inca.gov.br/o-que-e-cancer>
- Jin, B., Li, Y., & Robertson, K. D. (2011). DNA methylation: superior or subordinate in the epigenetic hierarchy?. *Genes Cancer*, 2(6), 607–617. <https://doi.org/10.1177/1947601910393957>
- Lacerda, D. D., & Abílio, F. J. (2017). Experimentação: Análise de conteúdo dos livros didáticos de biologia do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(8), 163–183. https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID443/v12_n8_a2017.pdf
- Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (1996). Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm
- Leite, S. B. P. (2012). *Influência da idade gestacional no perfil epigenético placentário* (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/17/17135/tde-29102014-164207/pt-br.php>
- Lima, A. D., & Santana, O. A. (12–17 de setembro, 2018). *Análise de Erros Conceituais: Abordagem do Conteúdo de Zoologia em Livros Didáticos*. V Congresso Nacional de Educação (CONEDU), Recife, Pernambuco. <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/46306>
- Ling, C., & Rönn, T. (2019). Epigenetics in Human Obesity and Type 2 Diabetes. *Cell Metabolism*, 29(5), 1028–1044. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2019.03.009>
- Macedo, E. C., & Junior, N. M. (26–29 de outubro, 2015). *Análises de livros didáticos de biologia: estudo qualitativo de alguns artigos publicados em periódicos nacionais*. XII Congresso Nacional de Educação Paraná (EDUCERE), Curitiba, Paraná.
- Mascaro, B. (30 de julho, 2020). *Epigenética: relação entre estilo de vida, meio ambiente e desenvolvimento*. Blog da Varsomics. <https://blog.varsomics.com/epigenetica-relacao-entre-estilo-de-vida-meio-ambiente-e-desenvolvimento/>
- Mayer, R. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Mello, J. C. (2010). *Estudo do padrão de inativação do cromossomo X em tecido extra-embriônico humano* (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-12052010-163737/pt-br.php>
- Ministério da Educação (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais 5ª a 8ª Séries*. <http://portal.mec.gov.br/expansao-da-rede-federal/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12657-parametros-curriculares-nacionais-5o-a-8o-series>

- Ministério da Educação (2018). *Guia PNLD-Biologia*. <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-pnld/item/11148-guia-pnld-2018>
- Ministério da Educação (2018). *PCN+ Ensino Médio-Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>
- Ministério da Educação (2019). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base*. http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf
- Miranda, J. X. (2012). *Efeitos do tratamento com selênio no crescimento e marcas epigenéticas de células de adenocarcinoma mamário humano MCF-7* (Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo). Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9132/tde-11032013-090654/pt-br.php>
- Olanda, E. R., Silva, E. I., Silva, J. S., & Silva, J. C. (2014). *Análise de livros didáticos de geografia aprovados pelo plano nacional do livro didático (PNLD)*. XI Conhecimento, Inclusão Social e Desenvolvimento (CONPEEX), Goiânia, Goiás. https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/80/o/ROTEIRO_Livro__PNLD_Publica%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o-2015_-18-04-015.pdf
- Oliveira, H. T. A. S., Ferreira, K. E., Ribeiro, P. A. C., Rocha, M. L., Costa, F. J., & Martins, E. M. (2017). Metodologias alternativas para o ensino de genética em um curso de licenciatura: um estudo em uma universidade pública de Minas Gerais. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 15(1), 497–507. <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v15i1.2790>
- Oliveira, J. P. (14–16 de abril, 2014). *A Eficiência e/ou Ineficiência do Livro Didático no Processo de Ensino-Aprendizagem*. IV Congresso Ibero-Americano de Política e Administração da Educação. https://anpae.org.br/IBERO_AMERICANO_IV/GT4/GT4_Comunicacao/JoaoPauloTeixeiradeOliveira_GT4_integral.pdf
- Oliveira, N. F., Planello, A. C., Andia, D. C., & Pardo, A. P. (2010). Metilação de DNA e Câncer. *Revista Brasileira de Cancerologia*, 56(4), 493–499. <https://doi.org/10.32635/2176-9745.RBC.2010v56n4.698>
- Rivas, M. P., Teixeira, A. C., & Krepischi, A. C. (2019). Epigenética: Conceito, Mecanismos e Impacto em Doenças Humanas. *Genética na Escola*, 14(1), 14–25. <https://www.flipsnack.com/eveli/revista-gen-tica-na-escola-vol-14-n-1/full-view.html>
- Rönn, T., & Volkov, P. (2013). A six months exercise intervention influences the genome-wide DNA methylation pattern in human adipose tissue. *PLOS Genetics*, 9(6), e1003572. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003572>
- Sartori, J., & Frasson, A. L. (2015). Mecanismos epigenéticos na carcinogênese mamária - O papel das Sirtuínas. *Revista Perspectiva*, 39(145), 19–28. <https://doi.org/10.26843/interscientia.v7i2.976>

- Silva, L. R., & Ortega, F. J. (2014). A Epigenética como Nova Hipótese Etiológica no Campo Psiquiátrico Contemporâneo. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, 24(3). <https://doi.org/10.1590/S0103-73312014000300006>
- Silva, R. P., Penha, M. D. S., Silva, H. R. A., & Neves, R. F. (12–17 de setembro, 2018). *Análise das imagens referente ao conteúdo de reprodução humana em livros didáticos de biologia para o 1º ano do ensino médio*. V Congresso Nacional de Educação (CONEDU), Recife, Pernambuco. <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/46301>
- Sukapan, P., Promnarate, P., Avihingsanon, Y., Mutirangura, A., & Hirankarn, N. (2014). Types of DNA methylation status of the interspersed repetitive sequences for LINE-1, Alu, HERV-E and HERV-K in the neutrophils from systemic lupus erythematosus patients and healthy controls. *Journal of Human Genetics*, 59(4), 178–188. <https://doi.org/10.1038/jhg.2013.140>
- Vasconcelos, S. D., & Souto, E. (2003). O Livro Didático de Ciências no Ensino Fundamental – Proposta de Critérios para Análise do Conteúdo Zoológico. *Ciência & Educação*, 9(1), 93–104. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000100008>
- Vilela, M. R., & Martins, C. M. (2007). *A produção de atividades experimentais em Genética no Ensino Médio* (Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais). http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/monografia/genetica.pdf
- Williams, M. (2013). Introdução À Regulação Epigenética de Genes (Santos, A. P., Matos, J. A, Saibo, N., & Ricardo, C. P., Trad.). *The Plant Cell*, 1–10.
- Wu, Y., Sarkissyan, M., & Vadgama, J. V. (2015). Epigenetics in Breast and Prostate Cancer. In M. Verma (eds.), *Cancer Epigenetics. Methods in Molecular Biology vol. 1238*. Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1804-1_23
- Xavier, M. C., Freire, A. D., & Moraes, M. O. (2006). A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. *Ciência & Educação*, 12(3), 275–289. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132006000300003>

 **Sayonara Quaresma**

Universidade Federal de Ouro Preto
Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil
sayonaraquaresma@gmail.com

 **Priscilla Ferreira Torres**

Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
priftorres@gmail.com

 **Fernanda de Jesus Costa**

Universidade do Estado de Minas Gerais
Ibirité, Minas Gerais, Brasil
fernandinhajc@yahoo.com.br

 **Izinara Rosse**

Universidade Federal de Ouro Preto
Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil
izinara.rosse@gmail.com

Editora Responsável

Aline Andréia Nicolli

Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e de Isenção de Interesse

Os autores declaram ter cuidado de aspectos éticos ao longo do desenvolvimento da pesquisa e não ter qualquer interesse concorrente ou relações pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado no texto.
