

EPIGENÉTICA NO ENSINO DE BIOLOGIA: VALIDAÇÃO DE UM MATERIAL INSTRUCIONAL PARA DOCENTES DO ENSINO MÉDIO

EPIGENETICS IN BIOLOGY TEACHING: VALIDATION OF AN INSTRUCTIONAL MATERIAL FOR HIGH SCHOOL TEACHERS

Carolina Ramos Souza Farias¹

Grégory Alves Dionor²

Resumo: Epigenética é uma área da ciência relacionada a mecanismos bioquímicos que interferem na regulação da expressão gênica sem dependência de alterações no DNA. No ensino de Biologia, a temática já pode ser considerada importante. Este artigo objetiva compreender o processo de validação de um material instrucional com o tema epigenética como recurso didático para o Ensino Médio. Assim, produzimos um material instrucional para professores com propostas que pautam a epigenética em conteúdos da genética do Ensino Médio. Os resultados foram obtidos por meio de uma validação por pares, que determinou que o material é relevante para o Ensino de Biologia.

Palavras-chave: Ensino de Genética; Material Instrucional; Produto Educacional.

Abstract: Epigenetics is an area of science that is related to biochemical mechanisms that interfere in the regulation of gene expression without dependence on changes in DNA. In the teaching of Biology, the theme can already be considered important. This article aims to understand the validation process of an instructional material with the theme of epigenetics as a teaching resource for High School. Thus, we produced an instructional material for teachers with proposals that guide epigenetics in contents of high school genetics. The results were obtained through peer validation, which determined that the material is relevant to Biology Teaching.

Keywords: Teaching of Genetics; Instructional Material; Educational Product.

1 Introdução

O DNA é considerado uma molécula de extrema importância para a transmissão das informações de um indivíduo para outro (Alves; Souza, 2013). Portanto, ele é o responsável pela perpetuação de toda uma prole, não somente em um contexto

¹ Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil. bio.carolinaramos@gmail.com.

² Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil. gadionor.bio@gmail.com.

microscópico, mas também a olho nu, no que se refere as características físicas de um organismo. Sua estrutura, funções e outros aspectos são discutidos por meio da genética.

Todavia, além do material genético, também herdamos dos nossos pais uma espécie de manual de instruções de como os nossos genes devem ser lidos, podendo este ser alterado conforme a exposição ao ambiente (Cunha, 2019). Esta discussão refere-se ao que chamamos de epigenética.

O vocábulo “epigenética” foi introduzido no ano de 1942 pelo pesquisador embriologista Conrad Waddington (Silva; Santos; Silva, 2017) e, em suma, diz respeito às alterações persistentes do DNA que não envolvem mudanças na sequência nucleotídica (Francis, 2015). Ou seja, trata das modificações químicas que podem alterar o fenótipo de um organismo sem que o material genético sofra algum tipo de mutação, baseadas nas condições em que os genes são expressos.

Segundo Haig (2004), a epigenética possui duas origens principais: uma partindo da necessidade de criar um paradigma que integre o organismo e o ambiente a partir dos processos de desenvolvimento, como percebida por Waddington; e outra no sentido molecular, que discute as alterações na expressão gênica a partir de exposições ambientais sem mudanças ocorridas na composição genética do indivíduo.

Em um contexto emergente da genética, podemos dizer que a epigenética cobriu lacunas entre a síntese de proteínas e o processo coordenado de divisão e diferenciação celular (Botelho, 2007). No entanto, atualmente é impossível fazer essa relação sem considerar a complexa interação com alguns fatores ambientais (Althoff, 2020), uma vez que a temática não cabe somente ao âmbito molecular da genética.

A concepção que envolve a temática integra um novo paradigma, que não se limita ao estudo da expressão gênica, mas que “também desafia aspectos mais básicos da evolução, desenvolvimento e herança há muito estabelecidos” (Araújo, 2017, p. 10). Diante disso, é possível representar uma nova área de discussão nas Ciências Humanas, uma vez que há propensão à interdisciplinaridade considerando o seu avanço para a dimensão cultural e social, sobretudo educacional (Araújo, 2017).

Outros fatores que podemos destacar são as implicações frente ao determinismo biológico e as condições socioeconômicas. Na primeira ressalva, destacamos as controvérsias com relação ao centro-genética, embasadas na interação existente com fatores ambientais (Nascimento, 2018). No que tange a abordagem social e econômica, frisamos o potencial em desenvolver estratégias para prevenção e tratamento de doenças

(Silveira; Costa Junior; Fonseca, 2021), considerando o surgimento de políticas públicas inclusivas.

Nesta perspectiva, é coerente que a epigenética seja abordada no contexto da educação científica. Por exemplo, na discussão no ensino de genética, sobretudo no conteúdo de genes e sua expressão, de modo que esclareça a sua ativação e desativação. Isso possibilita um entendimento maior acerca dos genes ao mesmo tempo que explica a atuação da epigenética, bem como promove um alcance de maior complexidade no funcionamento do campo genético (Althoff, 2020), considerando que abre discussões para aspectos socioambientais.

Ao discutir a epigenética na educação, consideramos a sua inclusão, sobretudo, no Ensino de Biologia, que, de acordo com os PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio), deve ser reformulado para que novas visões, a destacar os conteúdos relacionados a genética, sejam abordadas na sala de aula, frisando a necessidade de uma elencagem atualizada (Temp, 2011). Assim, é possível reafirmar que a temática seria bastante relevante em meio as discussões sobre o conteúdo de genética, inclusive na abordagem de genes, expressão gênica, evolução biológica, e até mesmo na relação do organismo com o meio em que está inserido.

Neste contexto, “a Biologia, através da epigenética, amplia seu alcance sobre grande parte do que se considera reservado para o perímetro da cultura, o espaço onde as questões sociais e culturais são soberanas” (Araújo, 2017, p. 11). Em razão disso, no terreno da educação, a epigenética pode ser um novo âmbito de conflitos, uma vez que distorce, questiona e tensiona informações antes vistas como verdades (Freitas-Silva; Ortega, 2014). Com isso, não é possível medir os seus efeitos frente a uma disseminação, sendo necessário à sua divulgação para um público não restrito, pois, por se tratar de uma temática que também envolve hábitos de vidas e como eles podem impactar e influenciar na “ação” epigenética, o seu entendimento ou, ao menos, a sua divulgação deve ser amplificada.

Ainda, no que tange a propagação da epigenética frente a educação, consideramos uma série de limitações quanto a isso: inicialmente, destacamos a pouca abordagem do conteúdo na própria formação de professores, inclusive de Biologia. Segundo Althoff (2020), é importante incluir argumentos do campo da epigenética na formação de professores, pois, além de relacionar os aspectos biológicos e ambientais alcançando concepções que ultrapassam o determinismo genético e a herança, é possível superar um

ensino cientificista e acrítico, em que a ciência é dada como superior a todas as outras formas de entendimento e irrefutável.

Na mesma ideia, ainda é válido salientar a barreira do “abordar epigenética” na Educação Básica, a ressaltar no livro didático (LD), considerado a ferramenta mais utilizada nos processos de ensino e aprendizagem no Brasil (Mota, 2011). Segundo um levantamento realizado por Caires Junior e Andrade (2015), o conteúdo de epigenética raramente é apresentado na educação a nível médio, inclusive, nada semelhante foi encontrado nos livros de Biologia para o Ensino Médio em que os autores investigaram.

Referente a isto, os pesquisadores consideram que:

Pela análise, vimos que esses conteúdos não estão muitos presentes nos livros didáticos, pelo menos de maneira direta. Um fator a ser considerado é o fato de serem temas recentes na área, e por isso, ainda não terem sido incorporados na elaboração dos livros didáticos. Contudo, a importância desses conhecimentos torna interessante buscá-los nos LD, principal material utilizado na educação básica (Caires Junior; Andrade, 2015, p. 81).

A partir disso, há a necessidade de se pensar em formas de inserirmos, no ensino de genética, a temática de epigenética. Assim sendo, temos como problema de pesquisa: como tratar a epigenética em conteúdos de genética no Ensino de Biologia por meio de um material instrucional?

Com intuito de encontrar uma possível solução para o problema em questão, estabelecemos o seguinte objetivo central: compreender o processo de validação de um material instrucional com o tema epigenética como recurso didático para o Ensino Médio.

Para alcançarmos o objetivo central, definimos, então, outros objetivos, porém mais específicos, sendo eles: reconhecer a importância da epigenética no ensino de Biologia; propor um material instrucional sobre a epigenética no ensino de genética; e avaliar as potencialidades do material de apoio ao docente por meio de uma validação por pares.

2 Epigenética: uma breve introdução

Nas últimas décadas, o estudo sobre a epigenética tem se desenvolvido em várias partes do mundo, pois, atualmente, acredita-se que a temática possui um papel muito importante em processos primários biológicos (Cunha, 2019). Isso acontece porque a epigenética trata de modificações no fenótipo não encontradas na sequência de DNA, podendo ser facilmente associada a influência de fatores ambientais.

Com a descoberta da epigenética, hoje sabemos que não existe apenas o genoma, mas também o epigenoma. Em linhas gerais, o genoma é o conjunto de todos os genes de um organismo, ou seja, o seu material genético, enquanto o epigenoma é a junção de marcas epigenéticas. Ambos os grupos são herdáveis, no entanto, o genoma é igual em todas as células do ser vivo, ao contrário do epigenoma que se difere em cada unidade (Dias Correia; Dias Correia, 2007). A distinção das marcas epigenéticas em cada célula é importante na promoção de especialização.

As alterações epigenéticas ocorrem bioquimicamente por meio de alguns mecanismos, sendo os principais: metilação do DNA, modificação de histonas e por RNAs não codificantes (Leite; Costa, 2017). Cada ação tem sua origem em locais diferentes, conforme a indicação em seus próprios nomes. Contudo, cada uma delas se relaciona a apenas dois resultados: o silenciamento ou a expressão gênica.

A metilação é a única alteração que ocorre diretamente na fita do DNA, especificamente nas ilhas citosina fosfato guanina (CpG), locais que possuem um grande número de resíduos de citosina e guanina adjacentes localizados na região promotora de vários genes. Em resumo, a metilação se dá quando as enzimas DNA metiltransferases (DNMTs) “transferem o grupo metil da molécula doadora S-adenosilmetionina (SAM) para a posição 5’ do anel piramidal da citosina, formando 5-metil desoxicitidina e S-adenosil homocisteína (SAH)” (Siqueira; Elsner, 2016, p. 18). Neste sentido, há uma diminuição da transcrição devido ao bloqueio dos fatores transcricionais nos seus sítios de ligação (Siqueira; Elsner, 2016). Por esta razão, é possível afirmar que este mecanismo silencia a expressão de um ou mais genes.

Com relação a modificação de histonas, estas agem de maneira composta ao DNA, a nível de nucleossomo. Muitas são as alterações que podem ser realizadas na cauda N-terminal das histonas, incluindo acetilação, fosforilação, metilação e ubiquitinação, todavia, as que mais se destacam são a acetilação e a metilação – ou desacetilação. Efetivamente, as alterações das histonas regulam as funções da cromatina alterando a acessibilidade do DNA quanto aos fatores iniciais da síntese proteica (Muller; Prado, 2008).

A acetilação utiliza as histonas acetiltransferases (HAT), que em um momento favorável catalisam a “adição do grupo acetil da molécula doadora acetil-coenzima A (acetil-CoA) e as lisinas (K) na cauda N-terminal das histonas” (Siqueira; Elsner, 2016, p. 20). Tal processo tem o poder de relaxar a estrutura da cromatina, facilitando a ação de fatores transcricionais. Porém, a desacetilação que faz uso das histonas desacetilases

(HDAC) causa o efeito contrário. Essas enzimas ligam-se firmemente ao DNA, tornando a estrutura da cromatina mais densa, contribuindo para o silenciamento gênico (Cunha, 2019).

No que se refere ao mecanismo por meio de RNAs não codificadores de proteínas (ncRNAs), vale ressaltar que a ação mais estudada tem como protagonista o microRNA (miRNA). Após a transcrição feita pelo RNA polimerase na fita do DNA, o então RNA mensageiro precisa chegar a um ribossomo e assim prosseguir com a síntese proteica. No entanto, caso exista um miRNA com uma sequência nucleotídica complementar ao do RNA mensageiro, ele pode ligar-se à região não traduzida alterando a sua tradução e, muitas vezes, levando à degradação desse RNA mensageiro, impedindo que a proteína seja gerada. Logo, não haverá expressão gênica neste caso (Leite; Costa, 2017).

3 Percurso Metodológico

No presente trabalho, a fim de alcançar o objetivo estabelecido, produzimos um material instrucional, direcionado a docentes do Ensino Médio, com propostas de intervenção sobre epigenética, com intuito de que a temática seja incluída ou considerada para o ensino de Biologia em alguns conteúdos de genética. Neste contexto, intitulamos o material de “Epigenética: abordagem nos conteúdos de genética do Ensino Médio”, conforme Figura 1.

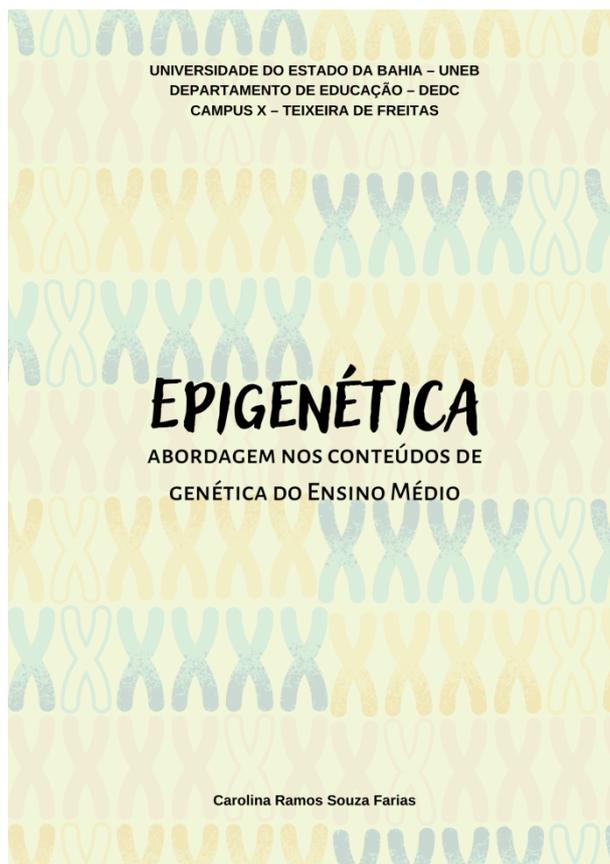


Figura 1: Capa do material instrucional
Fonte: Autores (2023).

Em resumo, o material traz uma introdução ao assunto de epigenética, ressaltando que o tema é raramente abordado no ensino de genética na Educação Básica. Para baseá-lo, utilizamos referências voltadas ao estudo específico da epigenética, bem como da educação em genética e do Ensino de Biologia.

Assim, o material é dividido em quatro segmentos: o primeiro diz respeito a introdução do trabalho, contendo a explicação do tema, sua relevância no contexto educacional, seus objetivos, além de um subsegmento que se refere a um resumo geral da epigenética relacionada a cada conteúdo em que será abordada; o segundo é a sequência com as propostas de intervenção; o terceiro são os materiais de apoio ao docente e; o quarto são as referências. Tudo explícito no sumário de acordo com a Figura 2.

SUMÁRIO	
1 INTRODUÇÃO.....	4
1.2 Contextualizando a epigenética.....	6
2 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO.....	7
2.1 Intervenção 1 - Abordagem da epigenética no conteúdo de genótipo e fenótipo.....	7
2.2 Intervenção 2 - Abordagem da epigenética no conteúdo de genes.....	9
2.3 Intervenção 3 - Abordagem da epigenética no conteúdo de hereditariedade.....	11
2.4 Intervenção 4 - Abordagem da epigenética no conteúdo de mutação.....	14
2.5 Intervenção 5 - Abordagem da epigenética no conteúdo de biotecnologia.....	17
MATERIAIS DE APOIO.....	19
REFERÊNCIAS.....	20

Figura 2: Sumário do material instrucional
Fonte: Autores (2023).

Para a seleção das temáticas escolhidas para o material, consultamos os sumários dos livros didáticos indicados segundo as orientações do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2022. Todavia, neste momento, foi preciso considerar a transição do Ensino Médio “comum” para o “novo” Ensino Médio. Viés que deve ser discutido em um trabalho futuro.

Sendo assim, para viabilizar o cumprimento desta etapa, mediante a consultas sobre os livros ainda utilizados em escolas em Teixeira de Freitas/BA, escolhemos como base o mais citado pelos docentes: Biologia Moderna, de José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho (2016). Desse modo, os temas encontrados que, ao nosso ver, dão mais abertura para a abordagem da epigenética dentre os conteúdos sobre a genética e que selecionamos para o referido material são: Genótipo e Fenótipo, Genes, Hereditariedade, Mutação e Biotecnologia.

Cada proposta possui uma intervenção pedagógica construída como diretriz, que tem como objetivo orientar o docente em toda sua execução. Na prática, cada ação possui: 1) Conteúdo; 2) Objetivo principal; 3) Em que momento abordar; 4) Como abordar; e 5)

Materiais de apoio.

Na 4ª seção, o professor conta com três divisões, a contextualização, mais um texto de relação dos assuntos abordados na contextualização com a epigenética e a avaliação. Para explicar esses pontos, é importante lembrar que este trabalho parte do pressuposto de que os docentes, em sua maioria, assim como os alunos, não possuem muita familiaridade com o tema epigenética.

Por conseguinte, a contextualização mencionada traz de forma prática e esclarecedora como o professor deve abordar a epigenética no determinado conteúdo, priorizando a concepção Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), que proporciona um ensino interativo com a realidade dos discentes, tratando de aspectos positivos ou negativos (Fernandes; Pires; Delgado Inglesias, 2018), com foco em uma educação em ciências que procura abarcar conteúdos científicos e tecnológicos enlaçando-os às discussões socioambientais (Dionor, 2018; 2024). Ainda, para colaborar com o tópico de contextualização, há um texto que traz de forma mais específica a epigenética nos assuntos trazidos em cada ação. Dessa maneira, o docente, que pode não conhecer muito sobre epigenética, consegue desenvolver uma aula objetiva e reflexiva, inclusive, sentindo-se mais seguro acerca do tema.

A avaliação, por sua vez, vem como um desfecho dessa contextualização. Ressaltamos que cuidadosamente elaboramos cada proposta de intervenção numa combinação de ferramentas digitais e manuais.

O material produzido foi avaliado de acordo com critérios que ressaltam desde sua configuração concernente a orientação ao docente, a sua aplicabilidade e também potencialidade no Ensino de Biologia. Lembrando, é claro, da contemplação dos objetivos destacados em cada proposta de intervenção.

Nesta feita, utilizamos a validação por pares, metodologia na qual colegas da mesma área de atuação são os protagonistas do processo avaliativo, uma vez que assumem o papel de avaliadores *ad hoc* do trabalho, tornando-se responsáveis por criar ou julgar critérios pré-estabelecidos – como neste trabalho – para desenvolver esse processo (Lima; Vasconcelos, 2021). Cabe salientar que foram utilizados dois critérios para a escolha desses colaboradores: a formação em Ciências Biológicas (licenciatura) e a experiência de regência na disciplina de Biologia para o Ensino Médio.

Como forma de utilizar esse recurso, criamos uma ferramenta analítica, segundo o Quadro 1, a partir de uma adaptação dos requisitos desenvolvidos por Dionor (2015) e Martins (2017), enviada aos participantes junto a uma carta de apresentação e ao material

instrucional.

Avalie entre 1 (= sim), 0,5 (=talvez) e 0 (=não), conforme suas análises		Pontuação
Sobre a orientação no material...	Proporciona um entendimento claro em suas etapas (introdução, resumo e propostas)?	
	Permite uma compreensão prévia sobre a epigenética nos conteúdos abordados?	
Sobre as propostas de intervenção...	Estabelecem relações com o cotidiano/realidade dos alunos?	
	Trazem ligação conclusiva entre a contextualização e avaliação (onde aplicar e como aplicar)?	
	Contemplam os objetivos destacados em cada ação?	
Sobre a aplicabilidade das propostas de intervenção...	Possibilita a abordagem de aspectos...	Biológicos/Científicos?
		Tecnológicos?
		Sociais?
		Ambientais?
	Estimula um pensamento crítico e reflexivo acerca da epigenética e dos hábitos humanos?	
	Promove discussões na sala de aula sobre a importância de se conhecer a epigenética?	
	Incentiva os alunos a uma autoanálise de seus hábitos e costumes?	
Ressalva pedagógica	Considera este material relevante para o Ensino de Biologia?	
	As ações são coerentes aos conteúdos propostos?	
	Em sua regência, realizaria a aplicação destas propostas de intervenção?	
Escore total:		

Quadro 1: Ficha de avaliação usada pelos docentes para julgar o material instrucional

Fonte: Autores (2023).

A somatória de cada avaliação, conforme os critérios estabelecidos possibilitou gerar um escore de nível “Frágil” (escore total de 1 a 5), que classifica o material instrucional em inutilizável ou inaplicável na sala de aula; “Regular” (escore total de 6 a 10), que considera a ferramenta, em partes, relevante para o ensino; e “Elevado” (escore total de 6 a 10), evidenciando que o material de apoio ao docente, de acordo com os colaboradores, proporciona a abordagem da epigenética em conteúdos na genética pautada no Ensino Médio.

Através destes dados, realizamos uma análise de média aritmética simples (M_e), usando como variável “x” o escore total de cada avaliador (a) e como “n” amostral a quantidade dos participantes (10 docentes).

Ademais, também verificamos a mediana (M_d) dos dados considerando uma amostra ordenada dos escores de cada colaborador, além da tiragem do desvio-padrão (SD) segundo os resultados. Para tais, utilizamos o *software* R versão 2.8.0 (R

Development Core Team, 2007), para verificar se o material produzido pode ser considerado ou não, de acordo com esta avaliação por pares, na abordagem da epigenética no ensino de Biologia.

4 Resultados e discussão

Observando os dados obtidos com a avaliação dos docentes colaboradores, temos como a somatória dos escores = 130,5, resultando em uma média (M_e) de = 13,5 (Gráfico 1). Ainda de acordo com a validação, a mediana (M_d) encontrada foi de = 13,25. Neste sentido, o desvio-padrão desta análise foi de = 1.817355. Assim, conforme a escala de qualificação do material instrucional é possível afirmar que ele tem um nível Elevado, uma vez que a média ficou entre 11 e 15. Em outras palavras, segundo as considerações, o instrumento produzido tem potencial para abordagem da epigenética no ensino de Biologia.

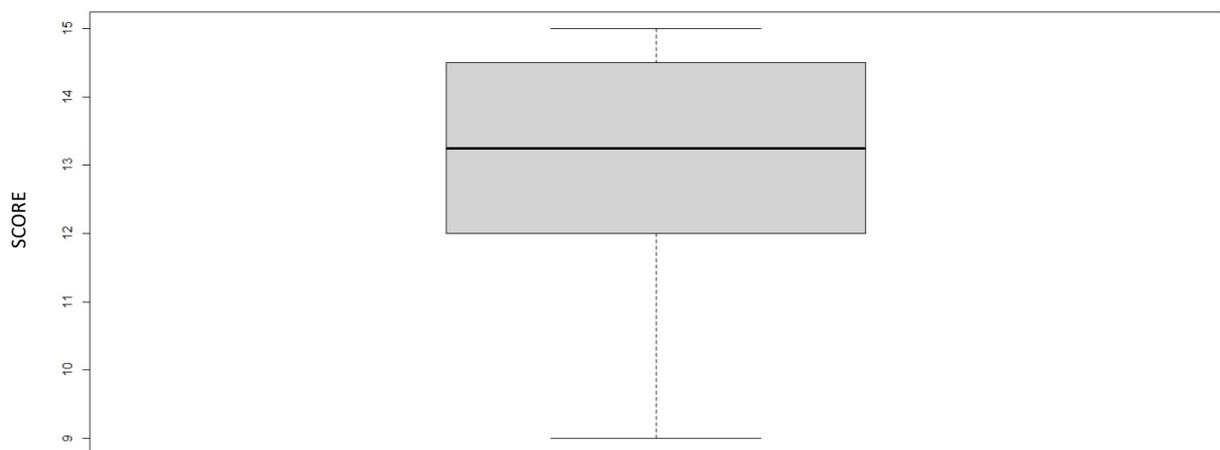


Gráfico 1: Boxplot para verificação da homogeneidade dos resultados. Escore global médio do material instrucional, conforme a avaliação dos professores (as). A linha preta em destaque está posicionada no patamar de 13,5, considerando a média encontrada. As barras sobre a coluna horizontal representam valores de desvio-padrão.

Fonte: Autores (2023).

Com base na pontuação por critério da ficha de avaliação, 90% dos professores concordaram que a orientação escrita no material instrucional permite uma compreensão prévia sobre a epigenética nos conteúdos abordados, sendo estes: Genótipo e Fenótipo, Genes, Hereditariedade, Mutação e Biotecnologia. Este resultado nos remete a

importância de o docente conhecer bem o assunto que deseja abordar na sala de aula. De acordo com Santos e Perin (2013, p. 5) “é necessário o professor ter conhecimento daquilo que vai ensinar, como vai ensinar, para quem vai ensinar e buscar ações para que as metas sejam desenvolvidas”. Por isso, o direcionamento e explicação prévia da temática contidos no material colaboram para que o docente consiga mediar um ensino e aprendizagem significativos.

No que se refere às propostas de intervenções, 8 dos 10 colaboradores afirmaram que elas estabelecem relações com a realidade dos alunos, visto que foram criadas em uma perspectiva CTSA, para que se aproximassem o máximo possível do cotidiano dos estudantes. Com isso, a fim de atingir uma prática educativa eficiente, é importante que o professor considere a realidade dos alunos, sendo sensível para ouvi-los e respeitar seus conhecimentos (Garcia; Bona Junior, 2016).

A saber, ao considerar uma abordagem CTSA, é possível alcançar a compreensão dos valores e interesses envolvidos nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (Althoff *et al.*, 2019), pois as esferas se complementam como um incentivo à construção de conhecimentos, habilidades e valores de acordo com o conceito ou problemática pautada (Santos; Mortimer, 2002). Assim, acerca da epigenética, esses pilares podem ser mobilizados e entrelaçados. Em seu conceito básico a temática já se relaciona à ciência, uma vez que é uma área do campo da genética. Na tecnologia, ela é alvo de estudos estando agregada constantemente a biotecnologia. Já na sociedade, é capaz de promover discussões sobre diversos assuntos, como sobre a saúde. Por fim, em relação ao ambiente, é válido salientar que o epigenoma de um organismo pode ser influenciado de acordo com estímulos externos ou ambientais (clima, por exemplo), podendo ser alterado sazonalmente ou permanentemente. Nesta feita, a perspectiva CTSA se encaixa ao objetivo de abordagem das ações.

Embora a maioria dos avaliadores tenha consentido a respeito da valorização empírica das ações, 20% deles enfatizaram que a aplicabilidade das propostas não possibilita a abordagem de aspectos ambientais. Este critério foi o único que recebeu respostas “0”, que na interpretação qualitativa dos resultados significa “não”. Neste sentido, precisamos dar um pouco mais de atenção no quesito com o objetivo de melhorá-lo futuramente.

Um requisito que dividiu a opinião dos avaliadores (50% e 50%) entre as notas “1” e “0,5” (“sim” e “talvez”, respectivamente), diz respeito à capacidade de as intervenções estimularem um pensamento crítico e reflexivo, por parte dos alunos, acerca

da epigenética e dos hábitos humanos como um todo. Em hipótese, o empate ocorreu em razão de o critério trazer uma análise generalizada ao citar “hábitos humanos”, de modo que pôde ter conduzido uma espécie de “confusão”, por parte dos docentes, ao entenderem que individualmente o pensamento crítico reflexivo sobre o estilo vida é possível, mas que em um viés global as ações introduzidas no material podem ser limitadas.

Outra teoria que pode explicar a divisão entre as avaliações relaciona-se às concepções e posturas de pensamento crítico reflexivo. Muitas são os fatores envolvidos nesse processo, no entanto, acreditamos que há certa influência cultural. A depender do lugar em que se está inserido é possível ter facilidade ou dificuldade em alcançar um senso crítico. Pessoas mais flexíveis com novidades e ideias diferentes, tendem a ser mais razoáveis e colaborativas. “Entretanto, algumas pessoas não possuem essas características, logo, para ser um pensador crítico, é imprescindível que mude algumas atitudes” (Fisher, 2020, p. 73). Seja como for, tal requisito deixa curiosidade para verificação na prática, com a aplicação da ferramenta em sala de aula.

Por outro lado, 7 dos 10 professores validadores consideraram que o material promove discussões na sala de aula sobre a importância de se conhecer a epigenética. Este resultado colabora com a possibilidade de uma reflexão dos estudantes a respeito da compreensão da temática. Viés que alcança o reconhecimento de 80% dos colaboradores com relação ao incentivo que as ações podem proporcionar aos alunos quanto a uma autoanálise referente aos seus costumes ou estilo de vida. Na prática, a reflexão é um dos pilares para que o discente tenha uma aprendizagem significativa, haja vista que ele é o sujeito do conhecimento e não mero receptor de informações (Paula; Bida, 2008).

Concernente à ressalva pedagógica, todos os 10 docentes que colaboraram na avaliação apontaram o material instrumental relevante para o Ensino de Biologia. Entretanto, apenas 7 deles afirmaram que poderiam realizar a aplicação das propostas em sala de aula. Os outros 3 disseram que talvez. Nesta feita, é importante ressaltarmos que apenas um professor deu sugestões acerca da ferramenta. Confira um de seus comentários:

[...] a escolha da temática para a elaboração desse material instrucional docente é talvez o maior ponto positivo, haja vistas as frequentes queixas acerca do ensino-aprendizagem da genética no ensino médio dado a grande carga de conceitos abstratos e abordados desconectados da realidade a qual os alunos estão expostos (Docente A).

Na generalidade, os resultados das avaliações dos docentes evidenciaram que os critérios de análise estabelecidos, em sua maioria, foram atendidos. Além disso, a validade das propostas de intervenção quanto a sua aplicabilidade no contexto escolar é considerada através dos julgamentos positivos e análises críticas dos envolvidos na pesquisa. Com isso, é possível percebermos que o material instrucional é relevante para o Ensino de Biologia.

5 Considerações finais

Por meio do que foi discutido acima, podemos ressaltar que este estudo atendeu ao seu objetivo central de compreender, através da proposição de um material instrucional, como a abordagem da epigenética pode ser inserida no cenário educacional. No que tange à especificidade do público-alvo da ferramenta, as avaliações demonstraram a sua relevância aos alunos do Ensino Médio.

Vale reforçar que a avaliação do material ocorreu através da participação de docentes formados na área de Biologia que já estiveram ou ainda estão lecionando no Ensino Médio. Estes fatores são importantes, pois, por meio de suas sugestões e comentários é possível que, futuramente, haja um melhoramento das aplicações, em especial quanto a abordagem na perspectiva CTSA e ampliação do grupo-alvo, permitindo a abordagem da temática nos níveis fundamentais do ensino.

Ademais, para melhor conferir os resultados das propostas de intervenção, que até o momento foram analisadas teoricamente, é de significância que as ações sejam aplicadas na sala de aula para que ocorra uma análise prática. Desse modo, há uma grande possibilidade de observarmos o que pode ser aperfeiçoado e adaptado para a realidade escolar. No entanto, esta é uma possibilidade para um trabalho futuro.

Em conclusão, as propostas de intervenção contidas no material instrucional podem contribuir para uma reflexão crítica dos discentes, no ensino de Biologia, sobre a epigenética e os possíveis impactos de conhecê-la, em especial, pelas intervenções serem baseadas na realidade das(os) estudantes.

Referências

ALTHOFF, B. B. **Herança epigenética da obesidade: promovendo um letramento científico crítico através de uma questão sociocientífica.** 2020. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

ALTHOFF, B. B.; OLIVEIRA, S. V.; EL-HANI, C. N.; SEPÚLVEDA, C. Validação de uma sequência didática sobre herança epigenética da obesidade para a promoção do letramento científico crítico. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12., 2019, Rio Grande do Norte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência, 2019. Disponível em: <https://abrapec.com/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R1692-1.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.

ALVES, E. A.; SOUZA, D. S. *Biologia Molecular*. *In: MOLINARO, E.; CAPUJO, L.; AMENDOEIRA, R. (org.). Conceitos e métodos para formação de profissionais em laboratórios de saúde.* Rio de Janeiro: EPSJU, 2013. v. 3, cap. 2, p. 133-185. Disponível em: <https://www.epsjv.fiocruz.br/sites/default/files/1227.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2022.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia Moderna**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2016. v. 3.

ARAÚJO, L. A. L. A relação natureza e criação na era pós-genômica: abrindo possibilidades entre a educação e o conhecimento biológico. *In: Seminário Brasileiro de Estudos Culturais e Educação*, 7., 2017, Canoas. **Anais [...]**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017. Disponível em: <http://www.2017.sbece.com.br/site/anaiscomplementares2?AREA=6>. Acesso em: 15 nov. 2021.

BOTELHO, J. F. **Epigênese radical: a perspectiva dos sistemas desenvolvimentais.** 2007. 163 p. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Universidade Federal de Santa, Florianópolis. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280628459_Epigeneze_radical_A_perspectiva_dos_sistemas_developimentais. Acesso em: 09 nov. 2021.

CAIRES JUNIOR, F. P.; ANDRADE, M. A. B. S. A relação entre os conhecimentos presentes na literatura científica e nos livros didáticos de biologia sobre evolução biológica. **R. Bras. de Ensino de C&T**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 60-83, mai./ago. 2015. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/2449/2180>. Acesso em: 24 nov. 2021.

CUNHA, M. L. **Hereditariedade e epigenética transgeracional.** 2019. Dissertação (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Lisboa. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/43384>. Acesso em: 09 nov. 2021.

DIAS CORREIA, J. H. R.; DIAS CORREIA, A. A. Alguns aspectos funcionais do epigenoma, genoma e transcriptoma nos animais. **REDVET**, Mágala, v.8, n. 10, p. 1-22, out/2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612713005.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2023.

DIONOR, G. A. **“Ciência: o que é? Como se faz? Para quê serve?”: Pega o livro que lá vem história.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Teixeira de Freitas.

DIONOR, G. A. **Propostas de ensino baseado em questões sociocientíficas: uma análise sistemática da literatura acerca do ensino de ciências na educação básica.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador.

DIONOR, G.A. **Educação CTS/CTSA: uma análise a partir das contribuições de Imre Lakatos e Hugh Lacey.** 2024. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

FERNANDES, I. M. B.; PIRES, D. M.; DELGADO-INGLESIAS, J. Perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade. **Ciências e Educação**, Bauru, v. 24, n. 4, p. 875-890, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/XcbxVqHYGfXFy58t66Kkgtd/?lang=pt>. Acesso em: 12 fev. 2023.

FISHER, R. L. O desenvolvimento do pensamento crítico por meio da razão na Educação de Jovens e Adultos. **Caderno Intersaberes**, Curitiba, v. 9, n. 23, p. 71-80, 2020. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/intersaberes/issue/view/115>. Acesso em: 08 ago. 2023.

FRANCIS, R. C. **Epigenética: como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade.** 1. ed. s/l: Editora Zahar, 2015.

FREITAS-SILVA, L. R.; ORTEGA, F. J. G. A epigenética como nova hipótese etiológica no campo psiquiátrico contemporâneo. **Revista de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 765-786, set. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-73312014000300006>. Acesso em: 12 fev. 2022.

GARCIA, A. C. M.; BONA JUNIOR, A. Conteúdos escolares e sua relação com o cotidiano e o interesse dos alunos: contribuições pedagógicas à docência nos anos finais do ensino fundamental. In: Paraná (org.). **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, 2016. Curitiba: SEED – Pr., 2018, s/c. s/p. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospede/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_ped_unicentro_alanacarlamarrettogarcia.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

HAIG, D. The (dual) origin of epigenetics. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, v. 69, p. 67-70, 2004. Disponível em: <https://symposium.cshlp.org/content/69/67.full.pdf+html>. Acesso em: 12 fev. 2022.

LEITE, M. L.; COSTA, F. F. Epigenômica, epigenética e cancer. **Rev. Pan-Amazônica de Saúde**, Ananindeua, v. 8, n. 4, p. 1-3, 2017. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/pdf/rpas/v8n4/pt_2176-6223-rpas-8-04-00023.pdf. Acesso em: 08 ago. 2023.

LIMA, A. C.; VASCONCELOS, A. J. Avaliação por pares: uma experiência inovadora na pós-graduação. In: Congresso Nacional de Educação, 7., 2021, s/l. **Anais [..]**. Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/ebooks/conedu/2021/ebook1/TRABALHO_EV150_MD7_SA100_ID1041_23092021011329.pdf. Acesso em: 18 mar. 2023.

MARTINS, L. **Abordagens da saúde em livros didáticos de biologia: análise crítica e proposta de mudança.** 2017. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/22536>. Acesso em: 20 maio 2022.

MOTA, M. T. **Discussão da conceituação de genética no ensino médio.** 2011. Monografia (Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) - Universidade Federal do Paraná, Votorantim - SP, 2011. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/38840>. Acesso em: 23 fev. 2022.

MULLER, H. R.; PRADO, K. B. Epigenética: um novo campo da genética. **RUBS**, Curitiba, v.1, n. 3, p. 61-69, set./dez. 2008. Disponível em: http://www.colegiogregormendel.com.br/gm_colegio/pdf/2012/textos/3ano/biologia/8.pdf. Acesso em: 08 ago. 2023.

NASCIMENTO, S. M. C. Sustentabilidade e memória epigenética: o controle da qualidade ambiental para preservação das características genéticas das gerações futuras. *In: Encontro Nacional do CONPEDI*, 27., 2018, Salvador. **Anais [...]**. Florianópolis: CONPEDI, 2018. Disponível em: <http://site.conpedi.org.br/publicacoes/0ds65m46/38nlxj46>. Acesso em: 15 nov. 2021.

PAULA, G. M. C.; BIDA, G. L. A importância da aprendizagem significativa. *In: Paraná (org.). O professor PDE e os desafios da escola pública paraense*, 2008. Curitiba: SEED – Pr., 2011. s/c. s/p. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1779-8.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2023.

SANTOS, W. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 110-132, jul./dez. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/QtH9SrxpZwXMwbpfp5jqRL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 jun. 2023.

SANTOS, M. L.; PERIN, C. S. B. A importância do planejamento de ensino para o bom desempenho do professor em sala de aula. *In: Paraná (org.). Os desafios da escola pública paraense na perspectiva do professor PDE*, 2013. Curitiba: SEED – Pr., 2016, s/c. s/p. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_fafipa_ped_artigo_maria_lucia_dos_santos.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

SILVA, G. C. de L; SANTOS, A. dos; SILVA, S. B. da. Bases epigenéticas do câncer: um novo olhar sobre a progressão tumoral. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE*, 2., 2017, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/29150>. Acesso em: 15 nov. 2021.

SILVEIRA, B. F.; COSTA JUNIOR, C. V.; FONSECA, P. E. R. Epigenética e sua relação com algumas doenças. **Ânima Educação**, s/l, p. 1-16, abr. 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/17246>. Acesso em: 15 nov. 2021.

SIQUEIRA, I. R.; ELSNER, V. R. Introdução à Epigenética: conceitos básicos. *In: ELSNER, V. R.; SIQUEIRA, I. R. (org.). Epigenética aplicada à saúde e a doença: princípios fundamentais baseados em evidências atuais*. Porto Alegre: Editora Universitária Metodista IPA, 2016. cap. 1, p. 17-28. Disponível em: <http://editora.metodista.br/livros-gratis/EPIGENETICA%20APLICADA%20A%20SAUDE%20E%20A%20DOENCA.pdf/view>. Acesso em: 08 ago. 2023.

TEMP, D. S. **Facilitando a aprendizagem de genética**: uso de um modelo didático e análise dos recursos presentes em livros de biologia. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/6656>. Acesso em: 12 fev. 2022.

Considerações éticas

A pesquisa envolveu uma metodologia de validação aos pares com grupo de pessoas com expertise no tema/metodologia pesquisado. Dessa forma, a estudante autora e o pesquisador-orientador organizam-se em torno do princípio epistemológico de que esse tipo de pesquisa, por envolver apenas outros integrantes da comunidade científica na condição de validadores *ad hoc* (ou seja, grupo elaborado puramente com a finalidade de avaliação e validação da pesquisa) e não enquanto participantes ou sujeitos da pesquisa, não acarreta na necessidade de submissão da pesquisa para avaliação do Comitê, exigindo apenas o cuidado de manter o anonimato dos validadores *ad hoc* em todo o processo de participação dos mesmos em suas contribuições, bem como garantindo os devidos trâmites éticos nos contatos e tratamentos dos dados.

Recebido em: 11 de junho de 2024

Aceito em: 05 de setembro de 2024