



UnB



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Ensino de Biologia

LINHA DE PESQUISA: Comunicação, Ensino e Aprendizagem em Biologia

INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS DA EPIGENÉTICA NO ENSINO MÉDIO E SUPERIOR.

ODIRLEI SANTOS MOREIRA

Brasília
2025



UnB



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO

**INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS DA EPIGENÉTICA NO ENSINO MÉDIO E
SUPERIOR**

ODIRLEI SANTOS MOREIRA

Brasília

2025



UnB



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia

ODIRLEI SANTOS MOREIRA

INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS DA EPIGENÉTICA NO ENSINO MÉDIO E SUPERIOR

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional- PROFBIO, na Universidade Federal de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador (a): Maria de Nazaré Klautau Guimarães

Brasília

2025



UnB



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia

Si

Santos Moreira, Odirlei

INVESTIGAÇÃO DAS ABORDAGENS DA EPIGENÉTICA NO ENSINO

MÉDIO E SUPERIOR. / Odirlei Santos Moreira; orientador
Maria de Nazaré Klautau Guimarães. Brasília, 2025.

48 p.

1. Abordagem da Epigenética no ensino médio e superior.
2. livro didático e epigenética. 3. Alfabetização
Epigenética. 4. Metodologias no ensino da epigenética. I.
Klautau Guimarães, Maria de Nazaré, orient. II. Título.



UnB



Relato do Mestrado – Turma 2023

Instituição: Universidade de Brasília (UnB)

Mestrando: Odirlei Santos Moreira

Título do TCM: Investigação das abordagens da Epigenética no Ensino Médio e Superior

Data da defesa: 08/09/2025

Me chamo Odirlei Santos Moreira, natural do Estado do Pará, nascido em Santarém, onde iniciei toda uma vida escolar, em 2005 concluindo minha Licenciatura Plena em Ciências Biológicas nas Faculdades Integradas do Tapajós – FIT (Unama atualmente). Neste mesmo período, migrei para o Estado do Amapá, em busca do tão sonhado emprego como professor de Biologia, e assim, Deus permitiu meu ingresso no mundo da educação. Em 2009 conclui minha especialização em Docência do ensino superior, em 2013 recebi o convite para ministrar aula nesse segmento durante 4 anos.

Em 2017, conheci por intermédio de minha esposa o PROFBIO, animado realizei a inscrição, realizei a prova e não fui aprovado, tentei por três anos consecutivos e em 2022 consegui aprovação para cursar o tão sonhado Mestrado. Passei em décimo segundo lugar. Agora viria o grande desafio, o deslocamento de Macapá a Brasília todo final de semana, o investimento econômico pesou, abdicação do convívio familiar, adiar sonhos foi necessário, porém como sou filho do dono do ouro e de toda prata, firmei minha fé e com proposito iniciei as aulas. Ver-me de novo na Universidade foi algo fabuloso, que não consigo descrever. Às sextas-feiras tornaram-se o melhor dia da semana para mim, e a UnB, o melhor lugar.

O PROFBIO foi desafiador, mas, como estava obstinado a realizar esse sonho, e com muita ajuda da minha família consegui êxito na minha jornada, sendo aprovado nas disciplinas e nos exames de qualificação e na construção do pré-projeto. Na reta final do mestrado, em alguns momentos fadigado dos deslocamentos, organizando tempo entre as disciplinas que ainda precisa cursar, o projeto que precisava desenvolver, o trabalho fora da universidade (uma jornada de 40h) parecia impossível dar conta dessa responsabilidade, mas segui. Hoje, observo que o PROFBIO ampliou e atualizou meus conhecimentos. Ele me moldou, me desafiou a ir além do que eu acreditava ser capaz. Vejo com gratidão a oportunidade que me foi dada, sabendo que cada obstáculo foi um degrau que me levou a um novo patamar de entendimento e de entrega à educação. O caminho foi difícil, mas a transformação que vivi ao longo dele tornou-se o meu maior presente, reafirmando, todos os dias, a decisão de seguir ensinando com responsabilidade e excelência.

Dedico este trabalho a minha família, a qual dedicou compreensão no propósito, esforço para entender minha ausência nos finais de semana, nas datas comemorativas, ao estresse durante o desenvolvimento dos trabalhos. Hoje com toda gratidão a eles, sei que valeu a pena toda dedicação e na certeza de que todos são vitoriosos nesta conquista.

“Eu é que sei os planos para vós – oráculo do Senhor – planos de prosperidade e não de calamidade, para vos dar um futuro e uma esperança”. Jeremias 20:11.

AGRADECIMENTOS

Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos. Provérbios 16:3.

Início os meus agradecimentos com este provérbio, pois no momento mais decisivo em que me encontrava, Deus me fez perceber, que era preciso fortalecer minha fé para que eu pudesse realizar esse sonho. Assim eu fiz, e ele, o Senhor em sua infinita, agradável e bondade me honrou. A minha esposa Silvia que incansavelmente buscava organizar minha vida para que não faltasse nos encontros, nas palavras de carinho, palavras de incentivo e muitas vezes puxões de orelhas quando necessário – Amo você, as minhas filhas, Luiza e Eliza que entenderam minha ausência, o meu profundo agradecimento, pois vocês sempre me apoiaram e me motivaram para que eu conseguisse conquistar esse merecido título, que no fundo é para vocês. Meus familiares Mae, Pai, irmãos, vocês também merecem meu respeito e agradecimento, em especial minha irmã, Lucélia Marise, a qual sempre me recepcionava as 07h da manhã no aeroporto de Brasília, com carinho, alegria, preocupação, para que eu tivesse conforto em sua casa em todas as sextas feiras. Aos amigos, em especial o Dr Otávio, que sempre se prontificava para me ajudar nos momentos de correria, seja com a família, deslocamento para o aeroporto, em muitas vezes no financeiro, aqui expresso minha gratidão.

Sou profundamente grato à minha orientadora, Professora Doutora Maria de Nazaré Klautau, que sempre manteve uma relação de respeito e proximidade, estando sempre disposta a compartilhar seu conhecimento e a me orientar nos momentos em que eu nem sabia por onde começar. Minha gratidão é imensa; sua orientação foi essencial para a construção deste trabalho.

Aos colegas de sala que sempre apoiavam, compartilhavam os saberes de maneira agradável, respeitosa, as conversas sobre a vida, o momento que cada um vivia, os conselhos nos momentos difíceis que cada um apresentava. A resenha no Shopping antes de cada um retornar as suas casas para mais uma semana puxada de trabalho nunca será esquecida. Não é mesmo, Flavia, Claudia, Marcos, Anderson, Thalita, Rejaneide, Mouzer, Ely, Polliana, Wandra, todos de longe, mais aguerridos no processo de construção do mestrado.

A todos os professores do PROFBIO, que foram fundamentais em cada etapa da minha formação, compartilhando conhecimento, apoio e inspiração. À Universidade de Brasília pelos dois anos em que pude fazer parte de sua história e, ao mesmo tempo, construir a minha.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001, pelo apoio financeiro.

“O Código da vida é o DNA, mas a epigenética é quem decide qual capítulo será lido e qual será esquecido, moldado por nossas experiências e pelo ambiente que nos cerca”

RESUMO

O presente estudo investiga as abordagens didáticas publicadas para o ensino de Epigenética nos níveis médio e superior, reconhecendo a crescente importância desse tema no contexto da educação escolar e científica. A pesquisa, de caráter qualitativo e documental, realizou uma análise de artigos publicados entre 2015 e 2024, selecionados a partir de bases como o Google Acadêmico e o portal da CAPES, com foco na aplicação da Epigenética em práticas pedagógicas. Dos 29 artigos inicialmente levantados, apenas 12 atenderam aos critérios de inclusão, sendo analisado categorias como tipo de atividade proposta, nível de ensino, competências desenvolvidas, temas abordados e inserção de aspectos sociais e éticos. Os resultados da pesquisa demonstram que a maioria dos documentos abordaram preocupações sobre a forma de inserir a Epigenética no ensino. A complexidade conceitual, a falta de abordagens interdisciplinares, a escassa relação com políticas públicas e justiça social, bem como a limitação de materiais, práticas laboratoriais e formação docente, dificultam uma abordagem ampla e significativa do conhecimento da epigenética. Ainda que existam experiências bem-sucedidas – como o uso de recursos laboratoriais, multimídia e práticas investigativas – essas permanecem isoladas e não constituem uma prática sistematizada no cotidiano escolar, principalmente no ensino médio. Portanto, há urgência de investimento em políticas de formação docente que capacitem professores a lidar com os desafios conceituais e metodológicos do ensino de Epigenética, e assim, garantir domínio técnico do conteúdo, criação de estratégias didáticas inovadoras e contextualizadas, produção e validação de materiais instrucionais acessíveis, que dialoguem com a realidade dos estudantes, também se configuram como ações fundamentais para promover o engajamento e a compreensão crítica do tema.

Palavras-chave: Epigenética, Ensino de Epigenética, Ensino de Genética, Epigenética no Ensino Médio.

ABSTRACT

This study investigates published teaching approaches to epigenetics at secondary and higher education levels, recognizing the growing importance of this topic in the context of school and science education. The qualitative and documentary research analyzed articles published between 2015 and 2024, selected from databases such as Google Scholar and the CAPES portal, focusing on the application of epigenetics in pedagogical practices. Of the 29 articles initially selected, only 12 met the inclusion criteria, with categories such as proposed activity, teaching level, skills developed, topics covered, and the inclusion of social and ethical aspects being analyzed. The research results demonstrate that most of the documents addressed concerns about how to incorporate epigenetics into teaching. Conceptual complexity, the lack of interdisciplinary approaches, the limited connection with public policy and social justice, as well as limited materials, laboratory practices, and teacher training, hinder a broad and meaningful approach to epigenetics knowledge. Although successful experiences exist—such as the use of laboratory resources, multimedia, and investigative practices—these remain isolated and do not constitute a systematic practice in daily school life, especially in high school. Therefore, there is an urgent need to invest in teacher training policies that empower teachers to address the conceptual and methodological challenges of teaching epigenetics. This will ensure technical mastery of the content, create innovative and contextualized teaching strategies, and produce and validate accessible instructional materials that connect with students' realities. These actions are also essential for promoting engagement and critical understanding of the topic.

Keywords: Epigenetics, Epigenetics Teaching, Genetics Teaching, Epigenetics in High School.



SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	05
2.OBJETIVOS DO TRABALHO	07
2.1 Objetivo geral	07
2.2 Objetivos específicos	07
3. REVISÃO DE LITERATURA	08
3.1 Ensino de Biologia.....	08
3.2 Ensino de Genética.....	08
3.3 Ensino de Epigenética.....	10
4. METODOLOGIA.....	15
5. RESULTADOS	16
5.1 TRATAMENTO DOS RESULTADOS.....	27
5.1.1 Nível de ensino.....	27
5.1.2 Tipo de atividade.....	27
5.1.3 Organização ou modo de execução.....	27
5.1.4 Pré requisito ou conhecimento prévio.....	28
5.1.5 Caso inicial de estudo.....	28
5.1.6 Competências e Habilidades.....	29
5.1.7 Tema da alfabetização Epigenética.....	29
6. DISCUSSÃO	29
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	35
APÊNDICE A – – LISTA LINKS DE VÍDEOS SOBRE EPIGENÉTICA.....	41
ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA	42
ANEXO A - RECURSO EDUCACIONAL - ARTIGO CIENTÍFICO.....	43

1 - INTRODUÇÃO

No processo de ensino e aprendizagem é essencial a interação entre os estudantes, o professor e a escola. O papel do professor nesse processo tem se revelado muito significativo, principalmente no ensino de ciências, onde observamos uma dinâmica do conhecimento científico. Entretanto, a transformação deste conhecimento científico com linguagem acessível para os alunos do ensino básico e sua divulgação não constitui uma simples “adaptação” ou mera “simplificação” de conhecimento. Desta forma, torna-se essencial que o docente compreenda o objetivo desse conhecimento científico, modele-o na perspectiva de produzir novos saberes nesse processo educacional (Freitas, 2009; Marandino, 2009).

O ensino de Biologia é muito interessante para os estudantes, mas também, desafiador devido às concepções prévias e aos novos conceitos a serem compreendidos. Esses pontos obrigam o professor a gerar habilidades e competências para correlacionar os conceitos e reflexões dos novos conhecimentos científicos por meio de metodologias de ensino diferenciadas. Entretanto, segundo Goldbach e El-Hani (2008), o conhecimento biológico tem sido abordado de maneira fragmentada em cursos de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, trazendo pontos negativos, tais como: dificuldade em aplicar o conhecimento em situações cotidianas, perda de interesse dos alunos, significado e dificuldade em desenvolver o pensamento crítico. Deste modo, as disciplinas, que não estabelecem relações entre os diferentes conceitos biológicos, dificulta a interpretação sistêmica destes, tornando este conhecimento limitado.

Esta fragmentação e limitação no ensino também está presente nos níveis fundamental e médio, sendo que as dificuldades se ampliam quando voltamos nosso olhar para os conceitos relativos à Genética. “A genética é reconhecida como um dos conteúdos mais importantes e um dos mais problemáticos da “Biologia escolar” (Goldbach e Macedo, 2008). Isto decorre, dentre outros motivos, da relação que esta estabelece com outros conceitos apresentados em outras áreas da Biologia, uma vez que os conhecimentos científicos trabalhados no ensino de genética requerem, em alguns momentos, explicações de ordem social, econômica e ética. (Rodríguez, 1995; Lewis & Wood-Robinson, 2000; Banet e Ayuso, 2000 apud El-Hani & Goldbach, 2008).

Lopes (2023) reconhecendo a importância da Genética dentro do ensino de Biologia, corrobora com Araújo e Gusmão (2017) que nos apresentam algumas das dificuldades específicas ao ensino-aprendizagem de Genética, principalmente no que se refere ao Ensino Médio, tais como: a formação inadequada de professores, as informações desatualizadas ou de contextualização simplória nos livros do ensino médio e metodologias tradicionalistas. Quanto

à formação de professores, foi relatado que há pouco domínio da base molecular sobre a herança, visto que é essencial compreender o funcionamento vital de um ser vivo, focando no DNA, RNA, proteínas e suas complexas redes de regulação. Em relação aos estudantes, eles têm uma base pouco estruturada em referência a capacidade crítica e interpretativa e não conseguem perceber como os conceitos de genética se aplicam na sua realidade.

Na pesquisa de Araújo, Freitas, Lima & Lima (2018), foi demonstrado em um trabalho com professores de biologia e estudantes de uma escola de nível médio as suas principais dificuldades como: à falta de participação dos alunos, dificuldade em saber biomatemática, ou seja, o uso e interpretação de cálculos estatísticos na genética mendeliana, genética de populações, evolução, e escolas que, de maneira geral, tinham apenas um retroprojeto e um quadro como recurso didático. Enquanto aos estudantes, apontavam as aulas tediosas, por serem trabalhadas utilizando apenas o quadro e livros e que os termos utilizados são complexos, dificultando fazer a relação entre biologia e matemática.

As pesquisas que promovem essa discussão auxiliam na construção de dados sobre as dificuldades de ensino-aprendizagem, permitindo a elaboração de planos para mitigar essas dificuldades. Peruch Junior, Borges & Araújo (2021), recomendam a aplicação de uma intervenção pedagógica bastante lúdica chamada de Sequência de Ensino Investigativa (SEI), que corresponde ao uso de um “gatilho” motivador para melhorar a compreensão do tema. Costa, M. *et.al.* (2022 apud Garofalo 2018), expõem os benefícios que as metodologias ativas podem proporcionar na sala de aula como: permitindo ao aluno pensar de maneira diferente, solução de problemas, conectar ideias a conteúdos atrativos e interativos, promovendo o envolvimento dos estudantes na aprendizagem.

Divulgados no ano 2000, os Parâmetros Nacionais Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM) trazem uma proposta de trabalho para tornar o ensino efetivo, como parte essencial para a formação cidadã e não apenas propedêutica. A interdisciplinaridade aparece nesse documento como uma prerrogativa para a promoção de um aprendizado integrador, com caráter prático e crítico, cujo objetivo é desenvolver competências que possibilitem uma visão de mundo atualizada, capacidade de compreensão das problemáticas abordadas pelos meios de comunicação e a ação e relação do ser humano com seu meio social e suas tecnologias (Brasil, 2000).

Os conhecimentos científicos na era pós genômica trouxeram muitas atualizações importantes sobre a estrutura (menor porção de genes codificadores de proteínas, DNA repetitivo, genoma não codificante) e a função do genoma (DNA não codificante, epigenética,

genoma funcional) com enfoque na plasticidade fenotípica, trazendo a importância de fatores não genéticos, os fatores epigenéticos. A epigenética, palavra de origem grega (“epi” - acima, perto, a seguir), surgiu em meados de 1940 através de estudos realizados pelo biólogo britânico Conrad Waddington, para descrever a interação entre genes e ambiente que permite o surgimento de fenótipos (Silva & Ortega, 2014). O estudo dessa área dentro da biologia molecular e genética, abre um leque de oportunidades para descrever fenômenos na regulação da expressão gênica, a resultante deste conjunto de alterações pode ativar ou reprimir a transcrição de genes o que, por sua vez, poderá refletir em novos fenótipos. Desse modo, é possível alterar a estrutura do genoma e assim ativar ou inibir a transcrição de genes, independentemente de modificações nas sequências das bases nitrogenadas desses genes (Arruda *et al.*, 2013).

Os conceitos científicos envolvidos na Genética e na Epigenética são complementares e abrange um cenário mais amplo para explicar a variação fenotípica, que leva ao distanciamento do determinismo genético (Francis, 2015). Desta forma, a investigação sobre como a epigenética é trabalhada no ensino médio e superior permitirá uma visão mais profunda sobre conceitos genéticos e epigenéticos, e como eles são desenvolvidos no ensino de biologia. Essas informações fornecerão ao docente do ensino superior novas ideias para a formação inicial do professor, e ao professor do ensino médio, a oportunidade de atualização na área e o conhecimento de diversas abordagens específicas para o ensino da epigenética.

2 – OBJETIVOS DO TRABALHO

2.1 Objetivo Geral

Conhecer as abordagens e materiais didáticos utilizados para o ensino de Epigenética no ensino médio e ensino superior para auxiliar o professor no trabalho da transposição didática.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão de artigos publicados na literatura da área de ensino de ciências sobre as abordagens didáticas utilizadas para o ensino da Epigenética, no ensino médio e superior, no período de 2015 a 2024.
- Analisar as metodologias utilizadas, os temas abordados para fazer uma sistematização e organização de um panorama geral do ensino de epigenética.

3- REVISÃO DE LITERATURA

3.1 – Ensino em Biologia

A metodologia do ensino em biologia deve garantir integração entre teoria e prática, essa relação deve estar alicerçada por meio de metodologias inovadoras objetivando qualidade no trabalho docente e no aprender significativo do aluno, objetivo principal do ensino. Portanto, identifica-se dificuldades em desenvolver estratégia metodológica de ensino, isso ocorre por fatores diversos, por exemplo, a atitude dos docentes em buscar formação continuada nessa área, o excesso na carga horária, e até desinteresse em melhorar a didática no ensino. Nunes *et.al.*, (2023), evidenciam a necessidade de implementar metodologias ativas no ensino de Biologia, porém, enfrentamos diversos desafios, sendo os principais a falta de infraestrutura nas escolas e a preparação insuficiente dos professores para conduzir as técnicas de ensino necessárias. Segundo Junior, Moraes (2022, p. 9) correlaciona a metodologia ativa a um conceito que pode ser organizado mediante a critérios como (autonomia e protagonismo do aluno; inovação nas práticas pedagógicas; professor mediador; interação e colaboração no grupo; e, reflexão crítica da realidade) que definem um conceito, que ao serem aplicados como estratégia metodológica, diferenciam-se do ensino tradicional, tornando o professor um mediador em um ensino ativo. O aprendizado baseado em jogos pode ajudar consideravelmente a ciência, a tecnologia e a educação da Biologia na escola. A maioria dos alunos, por exemplo, sente que a Biologia é um assunto difícil, e muitos alunos perdem a motivação com a aprendizagem tradicional da Biologia na sala de aula. Os autores estabelecem que a aprendizagem baseada em jogos, torna-se mais interessante para os alunos e para os professores (Chen *et al.*, 2014).

Assim, a utilização de metodologias ativas para o ensino de biologia garantirá que o discente enfrente situações do cotidiano, realize trabalhos em grupo, redescubra a ciência, resolva problemas individuais e coletivos a partir de exercícios de competências de vida em comunidade etc., pois a construção do conhecimento é iniciada a partir da interação entre os alunos (Segura; Kalhil, 2015).

3.2- Ensino de Genética

De acordo com Oliveira *et al.* (2010), em suas pesquisas do Ensino da Genética, analisaram de maneira significativa os problemas e/ou obstáculos no ensino deste tema como, as dificuldades de aplicabilidade e abstração dos conceitos abordados, e conclui que essas lacunas estão conectadas ao nível de formação de docentes configurando inaptidão para uso de

metodologias que permitam a compreensão de temas da área. Segundo Goldbach e El – Hani (2008), o conhecimento biológico tem sido abordado de maneira fragmentada em cursos de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas. Essa fragmentação dos conteúdos de Genética também é percebida nos níveis fundamental e médio do ensino, observando ainda muitas dificuldades em conceitos relativos à Genética, área essa de importância dentro da biologia de acordo com Macedo (2008). Os autores Camargo e Infante-Malachia (2007), abordam que o ensino de Genética Humana, requer uma atenção especial, pois identificou-se a apresentação de conceitos equivocados como: dominância, recessividade, conceitos em mitose e meiose, modos de heranças e desenvolvimento sexual.

Na prática docente, principalmente de Genética, percebe-se que os professores de Biologia não dominam temas essenciais, em especial, a base molecular da herança (DNA, RNA, proteínas), devido à falta de conhecimento específicos desses profissionais dificultando a compreensão por parte dos discentes. Os alunos percebem a falta de conhecimento dos docentes associada a vários temas, gerando grande desinteresse, fator que agrava este cenário. Em alguns casos, eles não associam os conteúdos com a realidade por falta de conhecimento, gerando um obstáculo sobre o conhecimento genético disposto nos livros didáticos, gerando assim a rotulagem de que a genética é abstrata (Scheid, 2001; Vilela, 2007; oca 2010 e Silva *et al.*, 2019). Desta maneira, Capecchi (2004), afirma que as experimentações bem como as discussões em sala de aula, permitem um ensaio da linguagem científica, adequado ao contexto escolar, mantendo algumas características específicas dessa alfabetização nos campos da Genética.

No Brasil, a revista “Genética na Escola”, dedica-se ao professor de Genética, e Biologia geral, buscando difundir experiências educativas e metodologias ativas na área. O objetivo é contribuir com a transposição do conhecimento científico para o contexto de sala de aula, os artigos são redigidos por pesquisadores especialistas, em linguagem simples e com profundidade adequada. Uma outra abordagem importante é a atenção que os jovens dão aos jogos para atividades educacionais, que não é uma tarefa simples, porém motivadora. Assim, observa-se um aumento no número de pesquisas que buscam formas integradoras de ensino e o interesse com o desenvolvimento de jogos educacionais. Nesse sentido, para Legey *et al.*, 2012; Savi e Ulbricht, 2008, o jogo educativo é percebido como um objeto que organiza e inter-relaciona conhecimento específico, exercitando a criatividade e senso crítico, proporcionando práticas educacionais atraentes e novas, garantindo ao aluno a possibilidade de aprender de

forma mais ativa, dinâmica e motivadora, tornando os jogos educacionais auxiliares importantes do processo de ensino e aprendizagem.

3.3 – O Ensino da Epigenética

Os estudos sobre mudanças fenotípicas proposto pelo biólogo britânico Conrad Waddington, em meados de 1942, evidenciou que uma característica adquirida de um estímulo ambiental poderia ser herdada, mecanismo conhecido como herança intergeracional. Em teoria, os processos epigenéticos podem resultar em uma rápida adaptação ao ambiente, podendo revelar uma variabilidade genética até então oculta (Castro e Pereira, 2016. p.38).

Rivas, Teixeira, Krepischi, (2019) identificam os principais aspectos da pesquisa a respeito do tema e demonstram que é possível compreender ou explicar que os fatores epigenéticos agem em diversas etapas no desenvolvimento dos seres vivos, sem alterar a sequência de nucleotídeos do DNA. Os mecanismos epigenéticos mais estudados nessa área são a metilação do DNA e as modificações pós-traducionais de proteínas histônicas, que modulam a expressão dos genes, influenciando diretamente a formação e função de todas as células, que são pontos explorados em áreas como a embriologia, a histologia, a biologia molecular, citologia e sua influência na regulação da expressão dos genes em mamíferos e suas relações com doenças humanas. Pesquisadores perceberam que essas marcas epigenéticas podem ser adquiridas em decorrência da interação com fatores ambientais, o que resulta em questionamentos como, por exemplo, se as marcas poderiam ser transmitidas através dos gametas. Segundo os autores, a informação de que em todas as pesquisas e observações já documentadas acerca dessa transmissão através dos gametas, ainda é pouco compreendida, o que necessita, de mais pesquisa dentro deste contexto.

Vieira (2018), demonstra que informações contidas em nosso genoma não estão isoladas do ambiente que nos cerca, o que permite uma intensa troca de informações numa mão de via dupla. Novas possibilidades surgiram no final do século XX e início do século XXI. Pois, a cada dia, novos estudos são acrescentados, e isso torna a Epigenética um campo fascinante. No entanto, para os acadêmicos e estudantes do ensino médio tem sido desafiador, pois muitos não dominam a base molecular, essencial para compreender como o material genético, proteínas, RNAs não codificantes (ncRNAs), moléculas que regulam, controlam a dinâmica estrutural da cromatina e expressão de genes junto as nossas interações, o déficit deste conhecimento gera dificuldades de entendimento da Epigenética. Sobre o ensino das bases moleculares e seus mecanismos epigenéticos, conforme Berlingeri (2010), tem como finalidade despertar interesse

e discussões sobre relação ambiental e fenótipo com destaque ao comportamento humano, (hábito alimentar, atividade física, nível de estresse), abordagem que permite a construção de um ensino sócio científico e cultural. O autor propôs uma estratégia de ensino ativo no ensino médio, buscando abordar a Epigenética por meio de discussões em grupo sobre os gêmeos monozigóticos observando suas diferenças fenotípicas.

Richard Francis (2011), ilustra o modo pelo qual uma variação epigenética opera, ao analisar os efeitos de um episódio ocorrido no fim da Segunda Grande Guerra, o da fome que vitimou grande parte da população rural da Holanda ocidental, sob a ocupação alemã. Tais resultados apresentados pelo autor estão pautados nos dados obtidos de registros hospitalares da Holanda de mulheres que estavam grávidas e, que coincide com os três trimestres iniciais da gestação. Isso permitiu aos pesquisadores mensurarem as variações de massa corporal de recém nascidos do sexo feminino, desenvolvimento no tamanho, bem como pré-disposição a quadros depressivo, transtorno de personalidade antissocial no sexo masculino, esquizofrenia, deficiência cardíaca, pressão alta e diabetes tipo 2 entre mulheres e homens que foram gerados nesse período de escassez induzida pela guerra. A confirmação da situação de estresse a qual viveram, permitiu uma modulação ou regulação epigenética dos genes num período de curta e longa duração

Para Marriott *et al.*, (2016), a epigenética serve como um "gancho" para fazer seus alunos pensarem sobre o quadro geral, não apenas sobre ciência, mas especificamente sobre eles mesmos e porque suas escolhas de estilo de vida são importantes, visualizando como as ações de uma pessoa pode afetar famílias, comunidades ou sociedades ao redor do mundo. A autora propôs cinco principais razões pelas quais é importante ensinar Epigenética aos seus alunos: 1. As escolhas sobre o estilo de vida deles influenciam; 2. O avanço da Ciência; 3. Impacto na sociedade; 4. Ajuda a ensinar como ser consumidores críticos de informação; 5. É o nosso passado, presente e futuro. Stark (2010), foca em uma lista de recursos multimídia entre eles links de filmes de curta e média duração, que podem ser usados pelos docentes e discentes no ensino de Epigenética em nível de graduação e secundário e assim, garantir compreensão adequada sobre o tema (Anexo A).

Drits-esser, D. *et.al.*, (2014), utilizou duas abordagens de ensino da Epigenética, ambas com mesmo tema, porém uma com modelo didático mais interativo e outro dentro dos moldes tradicionais de ensino. O tutor ao utilizar metodologia com materiais interativos (GSLC) percebeu êxito na compreensão de tópicos relativos a Epigenética, influência ambiental sobre os genes, a memória celular, herança Epigenética que analisa a transmissão de características

herdáveis entre gerações que não são resultado de alterações na sequência do DNA, mas sim de modificações químicas e estruturais no material genético que afetam a expressão dos genes, nutrição e conexões entre epigenoma e comportamento, enquanto os materiais não interativos (NOVA) identificaram déficit na compreensão de tópicos relativos ao mesmo tema pelos alunos.

Gericke e Mc Ewen (2023), apontam a importância na alfabetização da Epigenética, oportunizando uma organização curricular na Biologia, tanto na formação de cidadãos, como para o estudante que visa o estudo da Biologia universitária. Atualmente, as abordagens dessa área na Educação Científica são raras, porém necessária, pois explica como os genes são regulados, envolvendo a compreensão de como o meio ambiente interage com os genes e assim, como o meio ambiente pode afetar algumas das características dos indivíduos, na sociedade contemporânea. As abordagens científicas atuais envolvem o letramento científico nas áreas da Genética e Biologia Molecular, afastando-se da Genética Mendeliana. O letramento na área da Epigenética está intimamente ligado aos anteriores, que envolve as bases para explicar como a variação em uma característica pode ser influenciada por uma combinação de efeitos ambientais, efeitos poligênicos e da interação da ação dos genes e dos ambientes.

Os mesmos autores apresentam estudos que também apontam a necessidade da abordagem dos principais temas da Epigenética como: os processos epigenéticos dinâmicos, o modelo de interação gene e ambiente, memória celular e hereditária. Desse modo, realizaram um estudo com um painel de especialistas em Epigenética, para a discussão dos principais temas que podem ser utilizados como base no desenvolvimento dos currículos de Biologia, do ensino médio, utilizando conhecimentos conceituais, epistêmicos e socioculturais. Para o letramento em Epigenética, os subtemas apresentados pelo painel de especialistas estão sintetizados no Quadro 1.

Quadro1: Proposta sobre letramento Epigenético no currículo de Biologia.

Perspectiva Científica	Perspectiva Social e Ética
Compreensão por metáfora que apresente os fatores que modulam a expressão gênica.	Influência das escolhas pessoais ou de grupos no estilo de vida e responsabilidade pela saúde.
Promover o entendimento que os processos epigenéticos são dinâmicos e seus mecanismos regulam a atividade da expressão de genes.	Ação dos processos da epigenética no desenvolvimento dos organismos e na evolução das doenças.(fenótipos adaptáveis).
Genoma e epigenoma e sua transmissão: entre células de um organismo e transgeracional	Consequências éticas das pesquisas sobre epigenética e a responsabilidade social.

Interação entre genoma e ambiente	Implicações sociais dos impactos ambientais na avaliação da saúde individual e pública.
Perspectiva na natureza da ciência, como os novos conhecimentos complementam os já existentes e trazem novas frentes de aplicações.	Discussões sobre a utilização na ciência forense.

Fonte: Gericke and Mc Ewen (2023).

Gericke & Mc Ewen (2023), após entrevistar educadores e cientistas, sugerem a organização da Epigenética no currículo de Biologia Molecular que deve estar dentro do curso de Genética, de maneira integrada com outros temas, como genética humana, ecologia, biologia das plantas, evolução e outros. O foco principal deve ser o entendimento do controle da expressão gênica, em um cenário dinâmico, ou seja, ao longo da vida dos organismos e suas interações com as mudanças das condições ambientais. Logo, essa organização curricular garante acesso e embasamento atualizado aos conceitos e mecanismos epigenéticos, superando barreiras do aprendizado, como a falta de entendimento básico da Genética, a crença no determinismo genético e a compreensão do processo de adaptação.

No Brasil, de acordo com Quaresma *et.al.*, (2022), é fundamental a necessidade da abordagem do tema de Epigenética no ensino médio. Para corroborar com tal percepção, foi realizado uma análise em 6 livros didáticos disponibilizados pelo Ministério da Educação (MEC), no ano de 2018, material esse escolhido mediante consulta ao PNLD disponível pelo MEC. As análises demonstraram que dos 6 exemplares fornecidos pelo MEC e consultado no guia do PNLD, apenas 3 livros abordaram o tema Epigenética de maneira simples, resumida e em poucas páginas. A partir dessa pesquisa, perceberam uma abordagem superficial sobre Epigenética, sugerindo uma análise mais criteriosa pelo PNLD sobre o tema e seus subitens, mesmo porque, a Epigenética pode conscientizar a sociedade estudantil e civil sobre as boas práticas de vida a partir de uma boa alimentação, atividade física, compreendendo que isso pode evitar o surgimento de enfermidades. Além disso, a análise indica a necessidade de formação continuada dos professores no ensino aprendizagem da biologia, em específico no campo da Genética.

Ressaltando a importância da educação como algo que tem que ser atualizado como parte de sua natureza, mas também considerando que a educação no Brasil precisa de muitas melhorias e os alunos já demandam atenção nas aulas de Genética, Rocha (2022) argumenta que para a implementação da Epigenética na escola é necessário atingir temas relacionados à realidade, curiosidades e interesses dos alunos, utilizando uma pedagogia humanizadora para concluir o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula de forma eficaz e traçar temas que

exercitem o autoaperfeiçoamento em hábitos, pensamento crítico e desenvolvimento social. Muitos temas e formas de abordá-lo que foram sugeridos neste estudo são solicitados em instituições e documentos educacionais cruciais no Brasil, como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Ministério da Educação e Cultura (MEC). Além disso, o tema da Epigenética faz parte do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e de outras universidades, mostrando que esse conhecimento já é socialmente exigido. Assim, a necessidade da abordagem da Epigenética em um currículo atualizado e nos livros didáticos não pode mais ser adiada.

Desta forma, Gericke e Mc Ewan (2023) e Quaresma *et.al.*, (2022), Rocha (2022) propõem um currículo para alfabetização em Epigenética, garantindo integração do conteúdo com a necessidade dos discentes em compreender a atuação como mecanismo influenciador, regulador ou inibidor do processo de expressão gênica. O Quadro 2 apresenta uma síntese sobre os aspectos concordantes abordados por esses autores.

Quadro 2 – Aspectos para o Currículo de Epigenética.

Aspecto	Quaresma et al. (2022)	Gericke & McEwen (2023)	Rocha (2022)	Concordância Identificada
Objeto do Estudo	Análise de livros didáticos de Biologia do PNLD/2018	Proposta de alfabetização epigenética no ensino de genética	Análise da implementação da epigenética no currículo de biologia.	Todos abordam a inserção crítica da epigenética na educação básica
Diagnóstico	Poucos livros abordam epigenética de forma clara e contextualizada	Curriculos escolares apresentam genética de forma estática e reducionista	Aborda sobre atualização do livro didático.	Diagnóstico comum da limitação conceitual e contextual no ensino de Genética e Epigenética
Proposta Educacional	Incluir a epigenética como conteúdo relevante e atual nos materiais didáticos	Integrar epigenética ao ensino de genética com enfoque científico, epistêmico e social	Implementação de tópicos sobre epigenética no ensino brasileiro.	Defendem a inserção de temas de epigenética associados ao contexto social
Visão de Letramento Científico	Crítica, com atenção aos aspectos históricos, políticos e éticos	Multidimensional, incluindo dimensões epistêmicas e socioculturais	Visão crítica sobre o ensino de genética.	Todos valorizam um letramento científico contextualizado e crítico
Formação Docente	Aponta desconhecimento dos professores sobre genética e epigenética	Defende formação docente contínua e crítica	Aponta sobre a atualização dos conhecimentos dos professores.	Reforçam o papel central da formação de professores na genética e na epigenética

Relação Ciência-Sociedade	Destaca potencial da epigenética para dialogar com temas como saúde, ambiente e ética	Propõe uso da epigenética para discutir implicações sociais da regulação gênica	Apresenta discussões sobre os fatores ambientais e estilo de vida.	Ciência escolar deve se articular com questões sociais e culturais
----------------------------------	---	---	--	--

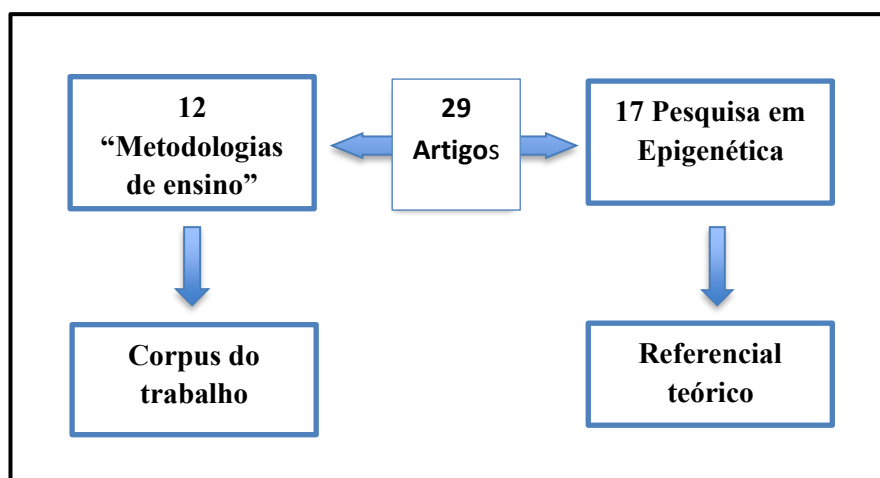
Fonte: Próprio autor

4 – METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico, de caráter observacional e investigativo, em documentos já publicados permitindo adquirir conhecimento sobre as abordagens da Epigenética, no ensino médio e superior. Desse modo, construiu-se uma pesquisa qualitativa de caráter documental realizada por meio de artigos publicados no período de 2015 a 2024.

A pesquisa pelo material bibliográfico foi obtida por meio da base de dados eletrônicos do Google acadêmico e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). A seleção de busca nessas bases de dados foi realizada com as palavras chaves “Epigenética”, “Epigenética no ensino médio e Superior”, “Ensino de Epigenética”, nas línguas Portuguesa, Espanhola e Inglesa, dentro de revistas e periódicos na área do ensino de ciências. Aplicando os critérios de inclusão, análise de título, resumo e intervalos de datas, obteve-se muitos artigos relevantes e pré-selecionados. No segundo momento, houve uma busca mais criteriosa por meio da análise dos títulos, leitura de seus objetivos e resumos, permitindo a exclusão de documentos que não se adequavam a temática da pesquisa. A imagem 1, apresentará o fluxograma com a organização dos artigos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

Imagem 1 – Fluxograma dos artigos selecionados e excluídos.



Fonte: próprio autor

As análises de conteúdo foram realizadas de acordo com Bardin (2016). A análise de dados qualitativos em educação tem a finalidade de estabelecer a compreensão sobre o universo investigado a partir das percepções individuais, ou seja, os resultados provenientes do processo analítico e de interpretação se constituem a partir da multiplicidade, diversidade expressa de forma individual. Na sequência, serão apresentadas as fases investigativas definidas e utilizadas como base da pesquisa, são elas:

- Pré-análise: organização do material para sistematizar as ideias preliminares, momento de análise e leitura para selecionar o material que trará maiores contribuições e garantir a formulação de hipóteses e objetivos a serem atingidos através do tema, resumos e conclusões;
- A exploração do material: processo de transformação dos dados brutos, como textos, imagens ou áudios, em unidades de análise significativas para a pesquisa;
- Tratamento dos resultados: foi realizado através da análise das práticas descritas e a interpretação dos dados obtidos por meio dos quadros com suas categorias e subcategorias.

A avaliação sobre como cada especificação, dentro de uma categoria, estavam ou não contidos nos artigos selecionados, foi a regra de contagem designada como “presença ou ausência”. Para algumas das categorias foi necessário fazer uma síntese da descrição relatada nos artigos.

5 – RESULTADOS

A realização do levantamento bibliográfico nas bases de dados Google acadêmico e Periódicos da Capes com as palavras chaves de interesse específico deste trabalho apresentou muitos artigos, mas a maioria era de artigos de pesquisa em Epigenética que envolviam estudos de vários processos epigenéticos, em diferentes organismos modelos, principalmente na área de saúde em seres humanos. Para fazer a seleção de artigos na área do “Ensino da Epigenética”, no período de 2015 a 2024, foi utilizado como critérios prévios a leitura dos títulos e dos resumos, como também, a verificação se o periódico da publicação fazia parte da área do ensino de ciências.

A busca na base de dados da Capes, utilizando a palavra-chave “Ensino de Epigenética” apresentou 30 artigos, onde somente 04 artigos se encontravam dentro dos critérios prévios de seleção. Numa segunda busca utilizando os descritores “Epigenetics in secondary education”, a base de dados não apresentou informações no idioma selecionado. Ao utilizar a palavra chave

“Teaching epigenetics” a base de dados reportou 13 artigos, onde todos foram utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

Na base de dados do Google acadêmico, utilizando a pesquisa avançada e a palavra-chave “Teaching epigenetics” foi obtido um número muito elevado, cerca de 17 mil artigos. Dessa forma, a busca foi realizada nas 15 primeiras seções (ou páginas), e apenas 06 artigos foram selecionados, dentro dos critérios de ensino da Epigenética. Na busca com a palavra-chave “Epigenetics in secondary education”, “Epigenética en la enseñanza media” e “Epigenética no ensino médio” nas 15 primeiras seções (ou páginas), houve 06 artigos selecionados.

A partir da pré-seleção foram obtidos 29 artigos resultantes da pesquisa bibliográfica. Foi realizada uma segunda seleção mais criteriosa por meio da análise dos títulos, leitura de seus objetivos e resumos. Essa segunda seleção levou à exclusão de 17 artigos, e assim, permanecendo para o estudo apenas 12 artigos relacionados com o objetivo do trabalho. Esses artigos estão apresentados e codificados no Quadro 3, com o ano de publicação, os autores e seus respectivos títulos originais.

Quadro 3: Artigos selecionados para fazer parte das análises neste trabalho.

Código	Ano de publicação	Título
A01	2015	An Out-of-School Pratical Exercise: The examination of different DNA methylation conditions using a restriction assay. Birgit Heyduck & Ute. Journal of Biological Education, 49:2, 179-189, (2015) DOI: 10.1080/00219266.2014.914557.
A02	2016	LAURA Castellasagués, ALBA Tárrega. Tutora: Mertxe Pamplona. 2n Batxillerat A. Institut Manolo Hugué. EPIGENÈTICA: Més enllà dels gens. Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya. https://premisrecerca.uvic.cat/sites/default/files/webform/epigenetica_mes_enlla_dels_gens.pdf
A03	2020	Herança epigenética da obesidade: promovendo um letramento científico crítico através de uma questão sócio científica. Althoff, B. B. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e Histórias das Ciências da UFBA e UEFS. https://repositorio.ufba.br/handle/ri/33129

A04	2020	Using biochemistry to educate students about the causal link between social epigenetics and health disparities. Edgar S. Diaz-Cruz, PhD; Michael D. Harland, PharmD; Caleb Darensbourg INNOVATIONS in Pharmacy, Education, 2020, Vol. 11, No. 3, Art. 13. DOI: 10.24926/iip.v11i3.2418.
A05	2021	Playing with genetic and epigenetic concepts at the school: Epigenetic Orchestra project. Alonso and Palomares <i>Evo Edu Outreach</i> (2021). DOI: 10.1186/s12052-021-00146-y.
A06	2021	“O uso do filme Gattaca no ensino de genética.”, Ariane Andressa Lazzarin, Alexandre Scheifele e João Fernando Christofolletti: Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo, vol 13, N° 4 abril 2021, pp. 127-145. ISSN 1989-4155; DOI: 10.51896/atlante.
A07	2022	Modelo didático de baixo custo da compactação do DNA e mecanismos epigenéticos da cromatina eucariótica. Gonçalves Tiago M., Karasawa Marines M. G. Research, Society and Development, v. 11, n. 12, e378111234574, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i12.34574.
A08	2023	Relato de experiência: epigenética e sua potencialidade para a educação científica. Freitas, Maria Fernanda Lopes De e Pereira, Patrícia B. Anais do IX ENALIC... Campina Grande: Realize Editora, 2023. DOI. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22122337/
A09	2023	Epigenética em la enseñanza secundaria Elaboración y puesta em práctica de uma propuesta de enseñanza-aprendizaje sobre epigenética com estudiantes de 4º de ESO. Ana Maria Rubio Abellán y G. Enrique Ayuso Fernández. <i>Revista Electrónica de las Ciencias Vol. 22, N° 3, 430-449</i> (2023). ISSN – e 1579-1513.
A10	2023	A Case Study on Genomic Imprinting Facilitates Student Learning. Lara K. Goudsouzian and Stanley M. Lo <i>Adv Physiol Educ.</i> 2023 Mar 1;47(1):139-143. DOI: 10.1152/advan.00197.2022.
A11	2024	Santos, J. N. de J., & Sepúlveda, C. de A. S. (2024). Herança epigenética e iniquidades raciais na saúde: uma questão sociocientífica para promoção da educação das relações étnico-raciais no ensino de Genética. <i>Revista De Ensino De Biologia Da SBEnBio</i> , 17(2), 1043–1064. https://doi.org/10.46667/renbio.v17i2.1292

A12	2024	Explorando a variação na percepção gustativa: da genética à experiência sensorial. Estudo de Caso Investigativo. Estudo da característica “sensibilidade gustativa à feniltiocarbamida (PTC)” no ensino de genética. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ensino de Biologia (ProfBio) da Universidade de Brasília (UnB). https://repositorio.unb.br/handle/10482/51033
------------	-------------	--

Fonte: próprio autor

Dos 12 artigos selecionados, a maioria foram publicados em periódicos nacionais e internacionais de ensino de ciências (09), um (1) tese publicada em repositório de universidade brasileira, um (1) em site de universidade estrangeira e um (1) em anais de congresso brasileiro da área.

Desta forma, é possível identificar uma unidade de registro, podendo ser um tema ou palavra correspondente ao conteúdo, nossa unidade base de registro, a fim de criar as categorias. Portanto, os documentos foram analisados de acordo com o foco de investigação desta pesquisa, Investigação das abordagens da Epigenética no ensino médio e superior. As categorias foram criadas de acordo com pontos em comum entre os artigos e algumas características de relevância para o ensino de Epigenética como: I) para qual nível de ensino foi pensada a atividade didática; II) quais as especificações e tipos de atividades propostas; III) como é a forma de aplicação na sala de aula; IV) se há necessidade de conhecimentos prévios antes da aplicação da atividade; V) qual foi o caso inicial (ou problema) utilizado para começar a atividade; VI) quais as competências e/ou habilidades que podem ser adquiridas com a realização da atividade e VII) qual(is) o (s) tema (s) abordados na atividade, de acordo com os sugeridos por Gericke e MC Ewen (2023). Desse modo, foram criadas 7 categorias e subcategorias que estão descritas no Quadro 4.

Quadro 4 - Categorização e subcategorização

Categoria	Especificações ou Subcategorias
1 – Nível de Ensino	a) Ensino Médio; b) Ensino Superior; c) ambos.
2 – Tipos de Atividade	a) Prática de laboratório; b) leitura e discussão de texto; c) realização de pesquisa bibliográfica; d) vídeo; e) estudo de casos; f) análise/discussão filme comercial; g) elaboração de modelos didáticos concretos
3 – Organização ou modo de trabalho	a) Individual; b) em grupo

4 – Pré requisito e/ou conhecimentos prévios necessários	a) teórico genética/epigenética em sala de aula; b) estudo individual; c) treinamento de práticas básicas de laboratório; d) treinamento de práticas de laboratório específica;
5 - Caso inicial para o estudo	Síntese da descrição no artigo;
6 - Competências e Habilidades adquiridas	Síntese da descrição no artigo.
7- Tema da Alfabetização Epigenética (segundo Gericke and MC Ewen, 2023)	a) Epigenética como uma metáfora (qual?); b) Epigenética conectando a Relação Genética e ambiente; c) Epigenética como um processo dinâmico; d) Mecanismos epigenéticos; e) Epigenética e herança; f) Epigenética e natureza da Ciência; g) Epigenética e estilo de vida; h) Epigenética e doenças; i) Epigenética e Ética; j) Epigenética e políticas públicas; k) Epigenética e Ciência Forense;

Fonte: próprio autor.

A avaliação sobre como cada especificação, dentro de uma categoria, estavam ou não contidos nos 12 artigos selecionados, foi a regra de contagem designada como “presença ou ausência”. Para algumas das categorias foi necessário fazer uma síntese da descrição relatada nos artigos. Os resultados dessas análises estão apresentados nos Quadros 05 e 06.

Quadro 5 - Análise de aspectos pedagógicos e práticos do ensino da Epigenética

Artigo	Nível de Ensino		Tipo de Atividade							Organização ou modo de execução		Pré – Requisito ou Conhecimentos prévios			Caso inicial para Estudo	Competências e Habilidades adquiridas
	Ensino Médio	Ensino Superior	Prática laboratório	Leitura e Discussão	Pesquisa. Bibliográfica	Vídeo	Estudo de Caso	Análise/discussão	Modelo didático	Individual	Em grupo	Teoria Genética/Epigenética	Estudo Individual	Prática Laboratório		
A01	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Diabetes mellitus tipo 2. Padrão de metilação entre gêmeos monozigóticos	Experiência e manuseio de Laboratório e Técnicas de Biologia Molecular
A02	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Análise do desenvolvimento de Daphnia em diferentes condições de meio aquático e alimentos e em presença de predadores	Experiência e manuseio de Laboratório e Aplicações na Ecologia
A03	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Análise crítica da questão sócio científica de um casal envolvendo a obesidade e a gravidez.	Promoção de uma compreensão crítica sobre a herança e desenvolvimento de características nos organismos, superação de uma visão genocêntrica e letramento científico crítico.
A04	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Determinantes sociais de saúde e doenças cardiovasculares nas minorias étnicas, câncer de mama em mulheres negras,	A natureza preventiva das desigualdades em saúde cria uma oportunidade de integrar saúde pública na educação

															câncer de cabeça e pescoço em negros e latinos, obesidade e envelhecimento precoce.	farmacêutica, integrando a epigenética e os determinantes sociais de saúde dão aos estudantes a oportunidade de compreensão da relação entre desigualdades sociais e processos bioquímicos.
A05	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Analogia com uma orquestra, construção de blocos do código genético, variação genética e regulação epigenética.	Contribui para melhor entendimento do conhecimento científico e familiaridade com conceitos moleculares do processo evolutivo.
A06	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sociedade distópica onde o ser humano é caracterizado apenas pelo seu conteúdo genético, colocando o biopoder e aspectos de eugenia.	Compreensão de que a maioria das doenças não depende exclusivamente de um gene específico, mas sim de outros fatores que contribuem fortemente para que ela se manifeste ou não. Introdução da Epigenética.
A07	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	A utilização do modelo tridimensional facilita a aprendizagem por meio da visualização das fases de compactação do material genético,

																remodelamento da cromatina e atende às demandas de estudantes especiais.
A08	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	A pesquisa sobre levantamento bibliográficos sobre epigenética e educação para estudantes da pedagogia, desperta reflexões sobre os conceitos prévios sobre genética e hereditariedade, a oposição entre conceitos antigos e novos, quanto à profissão e a educação e sobre questões sociais e ambientais que nos cercam e nos constituem.
A09	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Por que entre duas irmãs gêmeas uma teve câncer e a outra não.	Melhor compreensão sobre o controle da expressão gênica y como o meio ambiente pode influenciar na mesma, aspecto necessário para superar o determinismo genético
A10	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Gestação materna e filho muito grande; impressão genômica altera a conformação da proteína codificada pelo	Pequenas notícias populares sobre a impressão genômica utilizadas na estratégia de Estudo de Casos desperta

															gene; coiotes são monogâmicos, se espera encontrar impressão genômica? impressão genômica em leões é menos provável se a fêmea tem uma só cria por vez.	atenção e envolve o estudante na resolução em atividades o que facilita a aprendizagem do tema.
A11	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Epigenética como modelo explicativo para as iniquidades raciais na saúde.	Promove uma compreensão pluralista do conceito de herança biológica e que a persistência das iniquidades raciais na saúde pode ser elucidada pelo reconhecimento da combinação da exposição aos efeitos socioambientais do racismo com alta plasticidade fenotípica dos primeiros ambientes de vida, e não exclusivamente por supostos determinantes genéticos para diferentes padrões de saúde entre as raças.
A12	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Uma nova merenda escolar com alguns vegetais amargos despertou a curiosidade de todos: por que motivo o sabor era diferente para alguns,	Permitirá facilitar a compreensão da Variação na percepção e sensibilidade gustativa (herança multifatorial), que além

																se todos estavam ingerindo o mesmo alimento, preparado da mesma forma?	das variações genéticas, existem outros fatores ambientais (não genéticos) que podem modular a expressão fenotípica dessa característica em humanos.
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fonte: próprio autor.

Quadro6 – Análise de aspectos sobre Alfabetização Epigenética

Tema da Alfabetização Epigenética											
Artigos	Epigenética como metáfora	Epigenética e Genética. /Ambiente	Epigenética e dinâmica	Mecanismo Epigenético	Epigenética/Herança	Epigenética/Natureza e Ciência	Epigenética/Estilo de vida	Epigenética/Doenças	Epigenética/Ética	Epigenética/Políticas Públicas.	Epigenética/Ciência For ense.
A01	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não
A02	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
A03	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
A04	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
A05	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
A06	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Não	Não
A07	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
A08	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não
A09	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não
A10	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
A11	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
A12	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não

Fonte: próprio autor.

5.1 – TRATAMENTO DOS RESULTADOS

Nesta etapa, apresento os resultados obtidos em cada documento através de suas categorias analisadas, buscou-se a compreensão das atividades didáticas propostas, a interpretação dos dados qualitativos e a identificação de padrões ou tendências no ensino.

5.1.1 – Nível de ensino

Durante as análises dos documentos foi observado que cinco (5) artigos propõem a abordagem do ensino de Epigenética no ensino médio. Para o ensino superior foram encontrados 7 artigos e apenas o documento A12 trata sobre as abordagens de Epigenética para os níveis de ensino médio e superior.

5.1.2 – Tipos de atividades

A análise dos documentos A01, A02 e A12 trazem a necessidade de prática de laboratório como recurso na abordagem do ensino de Epigenética e seus mecanismos, porém, os documentos A03 ao A11 não realizaram a prática em laboratório como metodologia para o ensino de Epigenética. Os documentos A03, A04, A05, A06, A08, A09, A10, A11 e A12 abordam a prática de leitura e discussão como recurso no desenvolvimento da temática em sala de aula com os estudantes. No que diz respeito a pesquisa bibliográfica sobre a temática apenas 3 documentos, A03, A04 e A08 utilizaram a prática para interação com os alunos. Quanto ao uso de recurso multimídia (vídeo), apenas documentos A03, A04, A05, A06 e A12 utilizaram como método para trabalhar a temática ensino de Epigenética nos níveis de ensino.

Já os documentos A04, A05, A06, A07, A08 não trabalharam a apresentação de estudo de caso para com os estudantes do ensino superior. Observando a análise e discussão, todos os documentos analisados se utilizaram dessa prática para compreender o ensino da Epigenética nos seguimentos de ensino.

No último quesito, modelo didático, foi identificado que esse recurso foi utilizado como recurso para desenvolver a abordagem do ensino de Epigenética apenas nos documentos A05, A07 e A09.

5.1.3 – Organização ou modo de execução

Analisando os documentos A05 e A12 foi identificado que houve execução da abordagem do tema de forma individual com os alunos no ensino médio. Porém na análise dos documentos A10 e A12 identificou-se a execução ou organização do estudo de forma individualizada no ensino médio e superior. Entretanto, foi identificado pela análise dos

documentos A01, A05, A06, A09, A12 e os documentos A02, A03, A04, A07, A08, A10, A11 e A12 que a interação ocorreu de forma coletiva no ensino médio e superior, respectivamente.

5.1.4 – Pré-requisitos ou conhecimentos prévios

Na análise realizada nos documentos, somente o A08 não demonstrou clareza sobre o uso de conceitos básicos em Genética, enquanto os demais documentos apresentavam essa correlação aos conceitos Epigenéticos e seus mecanismos de ação de maneira clara e objetiva, aliada à perspectiva de uma abordagem mais ampla nos níveis de ensino médio e superior para que os estudantes percebam sua importância para outras áreas do conhecimento.

Os documentos entregam ainda que os conhecimentos adquiridos em Genética e Epigenética perpassa por uma busca individual (A01) por parte dos estudantes do ensino médio e superior (A02, A03, A04, A07 e A08), mas, necessitando de um mediador deste conhecimento para a construção de uma base sólida sobre o tema e, desta maneira, aprofundá-lo em grupo e/ou individualmente, assim permitindo relacioná-los a um contexto social.

Nos pontos prática em laboratório, apenas os documentos A01, A02 evidenciaram a necessidade de conhecimento prévios e práticos em laboratório e assim realizar as etapas sugeridas no método de execução e exploração do ensino de Epigenética para construção de resultados frente a temática em desenvolvimento.

5.1.5 – Caso inicial para estudo.

Foi identificado em 10 dos documentos selecionados casos iniciais de estudo associando Epigenética a problemas e/ou doenças que afetam o processo fisiológico e equilíbrio na espécie humana, entre elas consta-se a diabetes mellitus tipo 2, Determinantes sociais de saúde (DSS) e doenças cardiovasculares em minorias étnicas, obesidade na gravidez, diversos tipos de câncer, câncer em gêmeos e envelhecimento precoce. Percebe-se uma diversificação de outros temas, associados a questões de políticas públicas e sociais voltadas a saúde, uso metafórico de uma orquestra de música para construção de conhecimento das bases do código genético, variação genética e regulação Epigenética para estudantes do ensino médio, caracterização humana pelo código genético e conhecimento sobre eugenia, Epigenética relacionada as iniquidades raciais e saúde assim como sensibilidade gustativa à feniltiocarbamida (PTC) na merenda escolar no ensino médio.

5.1.6 – Competências e habilidades adquiridas relatadas

Competências e habilidades são requisitos essenciais que acadêmicos e estudantes devem desenvolver, e a maneira correta de construí-los é por meio do letramento científico ocorrendo de maneira individual e/ou coletivamente baseados na análise de documentos, pesquisas, artigos, teses entre outros. Os documentos apontam o desenvolvimento de habilidades e competências pelos estudantes a partir de conhecimentos sobre bases moleculares, uso de experimentos e aplicações técnicas e manuseios de laboratórios, do conhecimento da herança e desenvolvimento dos caracteres dos organismos, que doenças não dependem exclusivamente de um gene específico, que há influência do ambiente permitindo ou não a manifestação de um caráter, e assim ajustar o entendimento sobre a visão genocêntrica, garantir prevenção e promoção de ações que melhorem a integração da saúde pública na atenção de enfermagem, atenção farmacêutica, na associação da Epigenética aos Determinantes sociais de saúde (DSS), na compreensão das iniquidades raciais na saúde que podem ser fruto da exposição aos efeitos socioambientais.

5.1.7 – Tema da Alfabetização Epigenética

O tópico acima foi analisado a partir de suas subcategorias, Epigenética como metáfora; Epigenética e Genética; Ambiente; Epigenética e dinâmica; Mecanismo Epigenético; Epigenética/Herança; Epigenética/Natureza e Ciência; Epigenética/Estilo de vida; Epigenética/Doenças; Epigenética/Ética; Epigenética/Políticas Públicas e Epigenética/Ciência Forense. O ensino de Epigenética contribui para a alfabetização científica e para a compreensão de pesquisas biológicas e genéticas, destacando impactos em políticas públicas de educação, saúde, meio ambiente e desenvolvimento social.

Nas perspectivas de Gericke & Mc Ewen (2023), almejam superar algumas das barreiras para o aprendizado, como a falta de conhecimento básico da Genética, a crença no determinismo genético e a compreensão do processo de adaptação por meio de um currículo próprio voltado para o ensino da Epigenética.

6 – DISCUSSÃO

A análise dos documentos sobre o ensino de Epigenética revela tanto avanços quanto desafios, refletindo um campo educacional ainda em consolidação, especialmente no ensino médio. Há, sem dúvida, um movimento crescente de inserir o conteúdo epigenético às práticas pedagógicas, o que está em sintonia com tendências internacionais que apontam a Epigenética

como tema-chave para promover a alfabetização científica (Gericke & Mc Ewen, 2023; Roberts, 2007).

Constatou-se uma distribuição quase equilibrada de documentos entre o ensino médio e o ensino superior. Entretanto, o ensino médio aparece menos contemplado, apesar de haver consenso na literatura de que introduzir conceitos contemporâneos, como Epigenética, desde as etapas iniciais pode contribuir para formar cidadãos críticos e capazes de interpretar informações biomédicas. Essa lacuna pode estar relacionada à complexidade dos conteúdos, ou seja, a necessidade de um detalhamento do tema em livros clássicos do ensino superior, aliado a fragmentação do assunto, mas também à carência de formação específica dos professores, como sugerem Quinn *et al.*, (2019), que destacam a importância da formação continuada para o ensino de tópicos emergentes em biologia. Desta forma, Farias, C. R. S. e Dionor. G. A. (2024), apresentam a validação de um material instrucional com o tema Epigenética como recurso didático para o Ensino Médio para professores, validadas por pares, afirmando que o material é relevante para o Ensino de Biologia, podendo contribuir para uma reflexão crítica dos discentes sobre a Epigenética e os possíveis impactos de conhecê-la, em especial, pelas intervenções serem baseadas na realidade das(os) estudantes.

Os dados demonstram a predominância de metodologias tradicionais, como leitura e discussão, é o recurso que os docentes se apropriam principalmente no ensino médio para o desenvolvimento de um letramento científico por parte dos estudantes e, assim, correlacionar com questões biomédicas, educacionais e sociais. Conforme Leal dos Santos, A., & Mendes Garcia, R. (2024 apud Batista 2022), um dos grandes desafios dos professores da educação básica é ensinar a leitura para os alunos, uma vez que ensinar não só a decifrar códigos, e sim a ter o hábito de ler. Seja por prazer, seja para estudar ou para se informar, a prática da leitura aprimora o vocabulário e dinamiza o raciocínio e a interpretação, cria um sujeito mais capaz e crítico. E devido a essa prática percebe-se o baixo uso de práticas laboratoriais, mesmo sendo estas reconhecidas por favorecerem a aprendizagem significativa. Apenas A01 e A02 incorporam experiências práticas, o que indica potencial subaproveitamento de recursos didáticos que poderiam tornar a Epigenética mais tangível para os estudantes. A literatura reforça que práticas investigativas, como estudos de caso e experimentos, promovem melhor compreensão de conceitos abstratos (Guerra-Ramos *et al.*, 2019).

Em um documento anterior ao período analisado, Sibani (2013), demonstrou uma prática realizada em laboratório a partir do estudo de RNA de interferência (RNAi) como mecanismo de controle gene-gene e gene-ambiente a partir da manipulação de ovos de *C. elegans*. e assim gerar análise de duas mutações gênicas: 1º defeito na postura dos ovos e 2º pós-produção de

ovos parados no desenvolvimento embrionário. Ele evidencia que o docente ao debater os princípios genéticos como supressão, ou seja, a inibição da função de um gene através do RNAi e resgate da função Genética, em outros termos, possibilidade de reverter de um defeito genético ao se manipular a expressão gênica garante a construção de habilidades nos estudantes gerando interesse, atenção e capacidade analítica de um mecanismo pós-transcricional complexo.

A utilização de recursos multimídia ainda é tímida, embora estudos mostrem que ferramentas digitais ampliam o interesse e o engajamento discente (Liu *et al.*, 2020). Esse baixo uso pode estar vinculado a barreiras tecnológicas. Stark (2010), disponibiliza uma lista de recursos multimídia entre eles links de filmes de curta e média duração sobre Epigenética usados por docentes e discentes da graduação e secundário garantindo compreensão adequada sobre o tema (Anexo B). Ainda dentro desse contexto, Calado *et.al.*, (2024), traz a plataforma do youtube como fonte de ensino de Epigenética, atrelada ao ensino tornou-se uma ferramenta didática poderosa, os dados demonstram que mais de 80% das videoaulas foram excelentes, com um conteúdo que incorpora de 75% a 100% do assunto apresentado, o que facilita a aprendizagem por aqueles que a utilizaram. São poucos os autores ressaltando que o tema em questão não está sendo muito abordado por criadores de conteúdo por ser complexo e controverso a algumas questões científicas, entretanto, a maioria que desenvolvem o tema em suas vídeos-aulas, conseguem explicar o conteúdo de forma didática e de fácil compreensão.

A maior parte dos trabalhos analisados explora tanto atividades individuais quanto em grupo, o que é positivo, pois se reconhece que a aprendizagem colaborativa favorece a construção do conhecimento e o desenvolvimento de competências sócio-emocionais. De acordo com Paulo Freire, p.07 (1996) num grupo coordenado por um educador, aprendemos a pensar junto com o outro, aprendemos a refletir e escrever organizando nossas hipóteses na interação com a hipótese do outro, garantindo ação, interação e a troca movem o processo de aprendizagem. No entanto, há documentos que se limitam a abordagens individuais, o que pode restringir o potencial dialógico e reflexivo do ensino de Epigenética, sobretudo em tópicos com implicações éticas e sociais.

A limitação do espaço físico para práticas laboratoriais ficou evidente, já que apenas A01 reporta a realização de atividades em laboratório externo. Isso é preocupante, pois a ausência de infraestrutura pode comprometer a aplicação de metodologias ativas, porém, o bom senso e a boa vontade do docente se tornam fundamentais para a compreensão de temas como mecanismos moleculares Epigenéticos. O ensino restrito ao ambiente da sala de aula, sem acesso a equipamentos ou materiais específicos, pode reduzir o potencial de aprendizagem prática e investigativa. Destaca-se, de modo positivo, a preocupação em estabelecer relações

entre Epigenética e conceitos fundamentais de Genética. Essa estratégia está alinhada às recomendações pedagógicas de ancoragem de novos conceitos em conhecimentos prévios. Contudo, o nível de aprofundamento exigido, principalmente no ensino médio, exige a atuação mediadora do professor para evitar simplificações excessivas ou confusões conceituais de acordo com Roberts, (2007).

A exigência de conhecimentos prévios para atividades práticas também limita sua implementação, pois nem sempre os estudantes possuem essa base sólida sobre os conhecimentos genéticos e epigenéticos, especialmente no ensino médio. O desafio de adaptar a linguagem científica para a realidade escolar permanece um ponto crítico a ser resolvido (Gericke *et al.*, 2021). É notável que quase todos os documentos não utilizam metáforas para explicar Epigenética, estratégia didática defendida por diversos autores para tornar conteúdos complexos mais compreensíveis. Além disso, a maioria dos trabalhos destaca a inter-relação entre Epigenética, ambiente e saúde, aspecto essencial para uma abordagem CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), fundamental para a formação cidadã (Gericke & Mc Ewen, 2021).

Contudo, aspectos como a Epigenética ligada ao estilo de vida é apresentada na maioria dos documentos enquanto as políticas públicas aparecem de forma fragmentada ou ausente na maioria dos documentos. A abordagem dessas temáticas é essencial para promover uma compreensão crítica e interdisciplinar, pois a Epigenética oferece pontes entre biologia, saúde, ética, justiça social e políticas públicas. Quando essas dimensões são omitidas, perde-se a oportunidade de contextualizar a ciência em problemas reais, comprometendo o potencial formativo da disciplina.

As experiências relatadas nos documentos apontam ganhos importantes quanto ao conhecimento básico em Epigenética, como o desenvolvimento de habilidades práticas em laboratório (A01, A02), a compreensão crítica de temas sociocientíficos (A03, A11), e o uso de estratégias inovadoras, como música e recursos audiovisuais (A04, A06). Essas iniciativas estão em consonância com as orientações contemporâneas que enfatizam metodologias ativas, a aprendizagem significativa e a integração entre ciência e sociedade. Por outro lado, nota-se uma carência de uniformidade na implementação dessas metodologias, tanto no ensino médio quanto no superior, o que reforça a necessidade de formação docente continuada e de maior produção de materiais didáticos específicos para o ensino de Epigenética (Quinn *et al.*, 2019).

A estratégia de iniciar o ensino com casos reais ou ficcionais, como doenças humanas ou cenas de filmes (A06), mostra-se extremamente eficaz para despertar o interesse dos estudantes e estabelecer conexões entre ciência e vida cotidiana. A Epigenética, enquanto disciplina que

explica interações entre genes, ambiente e estilo de vida, é particularmente adequada para discussões sociocientíficas e questões éticas, como saúde, desigualdades sociais ou medicina personalizada.

Contudo, nota-se que nem todos os documentos exploraram essa abordagem, ou o fizeram de forma superficial. Há grande espaço para ampliar o uso de estudos de caso e problemas contextualizados, que são reconhecidos como estratégias promissoras para promover alfabetização científica (Guerra-Ramos *et al.*, 2019).

7- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos documentos selecionados permitiu compreender que o ensino de Epigenética, embora ainda em fase de consolidação nos contextos escolares e universitários, apresenta avanços relevantes e iniciativas promissoras. A crescente inserção do tema nas propostas pedagógicas reflete uma preocupação legítima com a atualização curricular frente aos avanços da Biologia contemporânea, sobretudo no que diz respeito à formação científica crítica dos estudantes. A Epigenética, ao tratar da interação dinâmica entre genes, ambiente e estilo de vida, oferece um campo fértil para o desenvolvimento de competências relacionadas à alfabetização científica e ao pensamento sociocientífico.

No entanto, o levantamento revelou obstáculos persistentes, especialmente no ensino médio, onde o tema ainda é pouco explorado. A complexidade conceitual da Epigenética, somada à falta de materiais didáticos específicos e à insuficiência de formação docente continuada, dificulta sua abordagem de forma mais ampla e significativa. Ainda que existam experiências bem-sucedidas – como o uso de recursos laboratoriais, multimídia e práticas investigativas – essas permanecem isoladas e não constituem uma prática sistematizada no cotidiano escolar. Além disso, a escassez de abordagens interdisciplinares e a tímida articulação com temas como políticas públicas e justiça social revelam limitações na contextualização do conhecimento epigenético.

Os dados indicam, portanto, a necessidade urgente de investimento em políticas de formação docente que capacitem professores a lidar com os desafios conceituais e metodológicos do ensino de Epigenética. Tais políticas devem incluir não apenas o domínio técnico do conteúdo, mas também o desenvolvimento de estratégias didáticas inovadoras e contextualizadas. A produção e a validação de materiais instrucionais acessíveis, que dialoguem com a realidade dos estudantes, também se configuram como ações fundamentais para promover o engajamento e a compreensão crítica do tema.

Por fim, reafirma-se a importância de integrar a Epigenética às práticas educativas de forma estruturada, colaborativa e crítica, contribuindo para uma educação científica que ultrapasse os limites da sala de aula e dialogue com os desafios sociais contemporâneos. Ao reconhecer a Epigenética como campo propício para o debate sobre saúde, ética, ambiente e sociedade, cria-se a oportunidade de formar sujeitos mais conscientes, reflexivos e preparados para atuar em um mundo em constante transformação. O fortalecimento dessa abordagem exige compromisso institucional, formação qualificada e a valorização da ciência como ferramenta de emancipação intelectual e cidadã.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELLÁN, Ana María Rubio; FERNÁNDEZ, G. Enrique Ayuso. Epigenética en la enseñanza secundaria: Elaboración y puesta en práctica de una propuesta de enseñanza-aprendizaje sobre epigenética con estudiantes de 4º de ESO. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 22, n. 3, p. 430-449, 2023.

ALONSO, M.; PALOMARES, J. Playing with genetic and epigenetic concepts at the school: an Epigenetic Orchestra project. *Evo Edu Outreach*, 2021.

ALTHOFF, Bruno Barros. Herança epigenética da obesidade: promovendo um letramento científico crítico através de uma questão sociocientífica. 2020. Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2020.

BANET, E.; AYUSO, E. Introdução à genética no ensino fundamental e médio: 1 conteúdo de ensino e conhecimento do aluno. *Ensino de Ciências, Barcelona*, v. 13, n. 2, p. 137-153, 1995.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016, 229 p.

BATISTA, Rafael. "Importância da leitura"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/ferias/a-importancia-leitura.htm>. Acesso em 26 de setembro de 2025.

BERLINGERI, M. C. Using an Active-Learning Approach to Teach Epigenetics. *The American Biology Teacher*, Vol. 72, No. 4. pages 221-222, 2010.

BILLINGSLEY, J. Kimberly and A. Carlson. Epigenetic Effects of Diet on Fruit Fly Lifespan: An Investigation to Teach Epigenetics to Biology Students. *The American Biology Teacher* (2010) 72 (4): 231–234.

BIRGIT, Heyduck & Ute Harms. An Out-of-School Practical Exercise: Na examination of different DNA methylation conditions using a restriction assay, *Journal of Biological Education*, 2015. 49:2, 179-189. DOI: 10.1080/00219266.2014.914557

BIRGITTA, Mc Ewen. Construction of a Review About Epigenetics for Biology Teachers and Other Non-experts. *Science & Education* (2022) 31:997–1026/

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio), Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação e Cultura. 2000

CALADO, L. P.; et.al. O youtube como fonte de ensino de epigenética. *Journal of Education, Science and Health* 4(4), 01-10, out./dez., 2024. DOI: <https://www.doi.org/10.52832/jesh.v4i4.475>

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. *Genética na Escola, Ribeirão Preto*, v. 2, n. 1, p. 14-16, 2007.

CAPECCHI, M. C. Aspectos da cultura científica em atividade de experimentação nas aulas de física. 2004. 264 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

CASTRO, C. M; PEREIRA, A da S. Epigenética: a variabilidade escondida. Revista batata show, n: 45, p. 38 – 39, 2016.

CHEN, H. R.; JIAN, C. H.; LIN, W. S.; et al. “Design of digital game-based learning in elementary school International Journal of Innovation, Management and Technology, Vol. 7, No. 4, August 2016 135 math-ematics,” in Proc. 2014 7th International Conference on UbiMedia Computing and Workshops, pp. 322–325, 2014.

COSTA, M. A. R, Ady Correa da Costa Oliveira, Marina Santana dos Santos. Biologia e Ciências: Metodologias de Ensino e Aprendizagem – Formiga (MG): Editora Multi Atual, 2022. 134 p.: il. DOI: 10.5281/zenodo.7199895

DA SILVA, E., y Da Costa, R. Ensino de genética no Brasil: um panorama das concepções e estratégias didáticas. Práxis Pedagógica, 2020 (26), 95-116.

DENNIS, K. K and Dean P. Jones The Expossome: a new frontier for education. The American Biology Teacher, Vol. 78, No. 7, pp. 542-548, 2016.

DIAZ-CRUZ, E. S. PhD; Michael D. Harland. Using Biochemistry to Educate Students on the Causal Link between Social Epigenetics and Health Disparities. PharmD; Caleb Darensbourg INNOVATIONS in pharmacy, Education, 2020, Vol. 11, No. 3, Article 13.

DRITS-ESSER, D. et.al. Beyond the Central Dogma: Bringing Epigenetics into the Classroom. The American Biology Teacher, Vol. 76, No. 6, pages 365–369. 2014 DOI: 10.1525/abt.2014.76.6.3

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC. 2002.

FONTELLES, Mauro José et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. Revista paraense de medicina, v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009.

FRANCIS, Richard C. Epigenética: como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade/Richard C. Francis; tradução Ivan Weisz Kuck. - 1ª.ed. - Rio de Janeiro: Zahar, 2015.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996, p. 7.

FREITAS, L. C. Avaliação educacional: caminhando pela contramão. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

FREITAS, Maria Fernanda Lopes De e Pereira, Patrícia B. Relato de experiência: epigenética e sua potencialidade para a educação científica. Anais do IX ENALIC... Campina Grande: Realize Editora, 2023.

GALLI, G. L. Analogías y enseñanza de la genética y la biología evolucionista. (2023). *Enseñanza de las Ciencias*, 41(1), 63-78.

GAROFALO, D. Como as metodologias ativas favorecem o aprendizado. *Nova Escola*, São Paulo, v. 25, 2018.

GERICKE, Niklas, and Birgitta Mc Ewen. "Defining epigenetic literacy: How to integrate epigenetics into the biology curriculum." *Journal of Research in Science Teaching* (2023).

GOLDBACH, T.; EL-HANI, C. N. Entre receitas, programas e códigos: metáforas e ideias sobre genes na divulgação científica e no contexto escolar. *Alexandria, Florianópolis*, v. 1, n. 1, p. 153-189, 2008.

GOLDBACH, T.; Macedo A. G. Produção científica e saberes escolares na área de ensino de genética: olhares e tendências. VII ESOCITE, Jornada latino-americana de Estudos Sociais das Ciências e da Tecnologias – Rio de Janeiro, 2008.

GONÇALVES, T. M., Karasawa Marines M. G. Modelo didático de baixo custo da compactação do DNA e mecanismos epigenéticos da cromatina eucariótica. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 12, e378111234574, 2022.

GOUDSOUZIAN, L. K. and Stanley M. Lo *Adv Physiol Educ*. A Case Study on Genomic Imprinting Facilitates Student Learning. 2023 Mar 1;47(1):139-143.

GUERRA-RAMOS, M. T. et al. (2019). Designing science teaching with socio-scientific issues. *Research in Science Education*, 49(2), 317–340.

HODSON, D. (2014). *Learning Science, Learning About Science: Language, Theories, Methods, History, Traditions and Values*. Sense Publishers.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in science education: An overview. In; ERDURAN, S. JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). *Argumentation in Science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer. p. 3-28, 2008.

JUNIOR, J. F. S.; MORAES, C. C. P. Parâmetros conceituais à estratégia pedagógica no contexto de metodologia ativa. *Cadernos Cajuína*, v. 7, n. 1,2. 2022.

LAZZARIN, A. A., Scheifele, A e Christofletti, J. F.: “O uso do filme Gattaca no ensino de genética.”, *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*, vol 13, Nº 4 abril 2021, pp. 127-145.

LEAL DOS SANTOS, Andréia; MENDES GARCIA, Rebeca. LEITURA E MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA: o papel do professor como mediador da leitura. **Frontería - Revista do Programa de Pós-Graduação em Literatura Comparada**, [S. l.], v. 4, n. 2, 2024. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/litcomparada/article/view/4614>. Acesso em: 13 ago. 2025.

LEGEY, A. P. JURBERG, C.; COUTINHO, C. M. L. M. Educação científica na mídia impressa brasileira: avaliação da divulgação de biologia celular em jornais e revistas selecionados. *Alexandria, Florianopolis*, v. 2, n. 3, p. 35-52, 2012.

LEWIS, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship, *International Journal of Science Education*, 22 (2), 177-195.

LIU, O. L. et al. (2020). Multimedia learning: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 90(4), 659–701.

LOKE, Y. J. and Jeffrey M. Craig. Educational Resources for Epigenetics. Cap. 26, p 436 – 445; 2011.

LOPES, C. C. S. et al. Abordagens didáticas sobre genética e epigenética no ensino médio: desafios e possibilidades. *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 15, n. 2, p. 45-65, 2021.

LOPES, S. M. C. Genetics Education in High School: challenges and new perspectives for quality of learning. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 12, n. 1, p. e7912139422, 2023.

MARANDINO, M; SELLES, S. E; FERREIRA, M. S. Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos. São Paulo: Cortez, 2009.

MARRIOTT, et al. Epigenetics A new science for middle school – and why you should teach it. *Sci Scope* (Wash D C). 2016 February;39 (6): 6–11.

NEIL, R. Ingram. Introducing the epigenetic landscape into middle-years biology teaching. *School Science Review*, v1010 n377 p32-36 2020.

NUNES, L. G. et al. Uso de metodologias ativas no ensino de Biologia. *Braz. J. Surg. Clin. Res.* V.42, n.1, pp.14-17, 2023.

OLIVEIRA, Thais Benetti; SILVA, Caio Samuel Franciscati da; ZANETTI, Josiane de Cássia. Pesquisas em Ensino de Genética (2004-2010). VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Campinas, 2011.

QUARESMA, S., Torres, P. F., Costa, F. de J., & Rossi, I. C. Análise do Conteúdo de Epigenética Abordado nos Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, e 36988, 1–19. 2022.

QUINN, F. et al. Teaching contemporary genetics in school biology: Perspectives from teachers in three countries. *International Journal of Science Education*, 41(14), 1975–1995 (2019).

ROBERTS, R. (2007). *Scientific Literacy/Science Literacy*. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

ROCHA, A. O. A quick look at Implementing Epigenetics in Brazilian High School Biology Curriculum. UNIGOU Remote, Czech-Brazilian Academic Program.

RODRIGUES, C. C.; MELLO, M. L. A prática no ensino de genética e biologia molecular: desenvolvimento de recursos didáticos para o Ensino Médio, 2005. Disponível em: Acesso em: 20 abr. 2008.

SASSERON, L. H.; CARVAHO, A. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência e Educação Bauru*, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

SAVI, Rafael; ULBRICHT, Vânia Ribas. Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *Renote*, v. 6, n. 1, 2008.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. *Genética na Escola, Ribeirão Preto*, v. 1, n. 1, p. 17-18, 2006.

SCHÖNBORN, A. T. K and GERICKE, N. Phases of Progression: Students' meaning-making of Epigenetic Visual Representations within and between Levels of Organization. *Research in Science Education*. 2024.

SCHWORM, S., & Renkl, A. (2007). Aprendizagem de habilidades de argumentação por meio do uso de prompts para autoavaliação. Explicando exemplos. *Revista de Psicologia educacional*, 99, 285–296. doi:10.1037/0022-0663.99.2.285. (PDF) Compreendendo o vídeo como ferramenta para a formação de professores: investigando estratégias instrucionais que integram o vídeo para promover a reflexão. Available from: [accessed April 09 2025].

SENGUPTA, S. Bringing RNA Interference (RNAi) into the High School Classroom. *The American Biology Teacher*, Vol. 75, No. 9, pages 698–703. 2013 DOI: 10.1525/abt.2013.75.9.12

SMITH, M. U. It's Not Your Grandmother's Genetics Anymore. *The American biology teacher*, vol. 76, no. 4, pages 224–229. april 2014.

STARK, L. A. Epigenetics Online: Multimedia Teaching Resources. *CBE—Life Sciences Education* Vol. 9, 6–9, Spring 2010.

STEIN, R. A. e Devra Lee davis. Epigenetics: A Fascinating Field with Profound Research, Clinical, & Public Health Implications. *The American Biology Teacher*, Vol. 74, No. 4, pages 213–216, 219–223, 2012.

SUTTON, C. Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 1, p. 21-25, 2003.

VENKATESH, I; Khadijah makky. Teaching Epigenetic Regulation of Gene Expression Is Critical in 21st-Century Science Education: Key Concepts & Teaching Strategies. *The American Biology Teacher*, Vol. 82, No. 6, pp. 372–380. 2020.

VIEIRA, G. C., Admirável Mundo Novo: Epigenética. Evolução Biológica: da pesquisa ao ensino (pp.35), Edição: 1., Capítulo: 7, janeiro 2018.

WU, C.T., MORRIS, J. R. Genes, genetics, and epigenetics: A correspondence Science v.293, n.5532, p1103-1105, 2001.

ZUDAIRE, I. & María Napal Fraile. Construction of a Review About Epigenetics for Biology Teachers and Other Non-experts. Research in Science Education (2021) 51:957–974.

APÊNDICE A – LISTA LINKS DE VÍDEOS SOBRE EPIGENÉTICA

<https://www.bing.com/videos/search?q=epigenetics+-+learn+genetics&FORM=HDRSC4>

1) Introdução a Epigenética

<https://www.youtube.com/watch?v=dzSgER9CO98&t=3s>

2) Epigenética explicada: libere o potencial do seu DNA!

<https://youtu.be/XUmJ7usJCU4>

3) Epigenética: Desvendando os segredos dos seus genes

<https://youtu.be/jBEjMo4mXIs>

4) Metilação do DNA - Epigenética: Desbloqueando o Potencial Genético:

<https://www.youtube.com/watch?v=Zuekbvd7JV0&t=1s>

5) O que é Epigenética? | A Ciência da Expressão Gênica Além do DNA

https://youtu.be/Eat39-0sF_Y <http://teach.genetics.utah.edu/content/epigenetics>

6) O que são mudanças epigenéticas? - Ciência através do tempo

<https://youtu.be/3jyq0bPGnGM>

7) Epigenética e Doenças: Metilação do DNA, Impressão Genômica e Câncer Explicados

<https://youtu.be/lyUYX7JICVE>

8) Epigenética Explicada | Penn Medicine

<https://www.youtube.com/watch?v=u3a2KiM3tD0>

9) Como as escolhas que você faz podem afetar seus genes

https://www.youtube.com/watch?v=_aAhcNjmvhc

10) Modificações de histonas

<https://youtu.be/ImcomFPgJO4>

ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Brasília, 30 de setembro de 2025.

Para: Comissão de Pós-Graduação PROFBIO-UnB

Assunto: Justificativa de não submissão de projeto para o Comitê de Ética em Pesquisa

Prezados membros da Comissão do PROFBIO-UnB

A dissertação intitulada “Investigação das Abordagens da Epigenética no Ensino Médio e Superior”, do mestrando Odirlei Santos Moreira, matrícula 231100778, não foi submetida ao CEPFS. Isso se justifica por esta pesquisa utilizar abordagem qualitativa de caráter documental, que tem como objetivo conhecer como as abordagens da Epigenética são trabalhadas na prática do Ensino de Genética. Para atingir este objetivo serão realizadas as seguintes ações: 1 - Pesquisas sobre as abordagens e materiais de ensino/aprendizagem que utilizam a epigenética, no Ensino de Genética. 2 – Análise dos materiais de ensino/aprendizagem proveniente da pesquisa e 3 – Elaboração de um de um artigo para publicação em revista específica da área. É importante ressaltar, que esta pesquisa não envolve informações oriundas de entrevistas ou aplicação de questionários com os estudantes e/ou professores e se concentra na análise de documentos/ artigos e nas ideias e reflexões das experiências vivenciadas pelo professor-pesquisador. Este tipo de pesquisa ação está fundamentada na Resolução 510/2016 do CONEP, que em seu Artigo 1º, Parágrafo único, Incisos VI e VII, que afirmam que “não serão registradas nem avaliadas pelo sistema CEP/CONEP pesquisa que: for realizada exclusivamente com textos científicos para revisão da literatura científica e que objetiva o aprofundamento teórico de situações que emergem espontânea e contingencialmente na prática profissional, desde que não revelem dados que possam identificar o sujeito”.