

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
*CAMPUS* SOROCABA  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JENNIFER GABALDO GREGÓRIO

**ANÁLISE EPISTEMOLÓGICA DO CONCEITO "DNA LIXO" SOB UMA ÓTICA  
FLECKIANA E SUA DIFUSÃO EM MATERIAIS DIDÁTICOS**

**SOROCABA**

**2023**

JENNIFER GABALDO GREGÓRIO

**ANÁLISE EPISTEMOLÓGICA DO CONCEITO "DNA LIXO" SOB UMA ÓTICA  
FLECKIANA E SUA DIFUSÃO EM MATERIAIS DIDÁTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Humanas e Biológicas da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, para obtenção do título/ grau de licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Faria Franco

Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Fernando Gouvêa da Silva

**SOROCABA**

**2023**

Gregório, Jennifer Gabaldo

Análise epistemológica do conceito "DNA 'lixo'" sob uma  
ótica fleckiana e sua difusão em materiais didáticos /  
Jennifer Gabaldo Gregório -- 2023.

69f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos,  
campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): Fernando de Faria Franco

Banca Examinadora: Antonio Fernando Gouvêa da Silva,  
Paula Rodrigues de Oliveira Santos

Bibliografia

1. Educação. 2. Genética. I. Gregório, Jennifer Gabaldo.  
II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -  
CRB/8 6979

FOLHA DE APROVAÇÃO

JENNIFER GABALDO GREGÓRIO

Análise epistemológica do conceito "DNA 'lixo'" sob uma ótica  
fleckiana e sua difusão em materiais didáticos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para  
obtenção do grau de licenciado no curso de ciências Biológicas – Licenciatura  
Plena, da Universidade Federal de São Carlos Campus de Sorocaba.

Sorocaba, 03 de abril de 2023.



Orientador: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Fernando de Faria Franco



Examinador: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Antônio Fernando Gouvêa da Silva

Examinadora:  \_\_\_\_\_  
Me. Paula Rodrigues de Oliveira Santos

Dedico esta monografia aos meus familiares e amigos, que sempre acreditaram em mim, me apoiaram no enfrentamento de todos os desafios e me proporcionaram momentos e experiências incríveis sempre.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por essa caminhada repleta de pessoas maravilhosas e de amor. Meus pais, irmãos, avós e meus tios, que sempre me apoiaram e deram o melhor de si para facilitar ao máximo possível a minha vida. Faço um agradecimento especial para minha mãe, por ser a pessoa mais gentil e amorosa do mundo.

Aos meus amigos, que tornaram o caminho mais leve e me deram suporte de inúmeras formas. Obrigada por todos os aprendizados e pelo carinho que me proporcionaram. Sou extremamente grata por todo o suporte emocional e por todo o amor que recebi, levarei estas amizades no coração para sempre.

Por fim, agradeço aos professores que me incentivaram e inspiraram durante minha trajetória acadêmica. Desejo a eles muita luz para que possam iluminar os caminhos de muitas outras pessoas.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda”.

(Paulo Freire)

## RESUMO

GREGÓRIO, Jennifer Gabaldo. Análise epistemológica do conceito “DNA Lixo” sob uma ótica fleckiana e sua difusão em materiais didáticos (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas). Sorocaba: UFSCar, 2023.

Neste trabalho, encontra-se uma análise epistemológica do conceito de DNA “lixo”, a partir dos aspectos propostos pelo biólogo Ludwik Fleck, sendo eles: estilos de pensamento; harmonia das ilusões; circulação intracoletiva e intercoletiva de ideias. Além disso, visando compreender a efetividade e a dinâmica da difusão do conhecimento científico sobre as regiões não codificantes do DNA, nos livros didáticos utilizados no ensino básico, e a relevância da história e filosofia da ciência (HFC), alinhando-se com a perspectiva de ciência popular de Fleck, foram selecionados cinco livros didáticos propostos no Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). Os conteúdos analisados foram referentes às regiões não codificantes do DNA, a partir dos seguintes aspectos: a presença ou ausência do conceito "DNA lixo"; presença de contextualização histórica da temática e; presença de inconsistências históricas, levando em consideração a formação sociocultural do conhecimento. Para tanto, a metodologia de pesquisa adotada foi de modelo qualitativo. Para a análise do conceito, a técnica utilizada foi a análise documental de artigos e, para a análise dos conteúdos com foco na temática “DNA ‘lixo’”, foi realizada a análise de livros didáticos. O desenvolvimento deste trabalho envolveu a consideração de que as transformações no ensino de ciências são constantes em função das alterações do contexto histórico-social em que ele se constitui. A verossimilhança acerca dos conceitos científicos é estimada através de modelos explicativos construídos historicamente, ressaltando a importância da HFC como possibilidade didática na educação. Dentre os livros selecionados para compor esta análise, nenhum deles aborda, satisfatoriamente, o contexto histórico que permeia as sequências não codificantes de proteínas. O livro “Ciências da Natureza – Mundo Tecnológico e Ciências Aplicadas” (2020), de Lopes e Rosso, é um dos que mais discorrem sobre o tema. Em contraposição, o livro “Biologia Moderna” (2016), de Amabis e Martho, é o que menos desenvolve, apresentando ainda argumentações que podem levar a contradições com as descobertas científicas atuais. A análise dos livros evidencia descompasso entre a circulação intracoletiva e intercoletiva de ideias. Durante o processo educativo, os alunos devem ser estimulados a participar ativamente da construção de conhecimento, considerando os aspectos históricos, políticos, sociais e econômicos que o constituem, contribuindo para o desenvolvimento de visões críticas sobre os mais variados assuntos. A temática “regiões não codificantes” selecionada para compor essa discussão, é atual e está relacionada à emergência da área da epigenética. Portanto, há ainda a ponderação sobre a importância da discussão processos epigenéticos, influenciados pelos estímulos ambientais e hábitos de vida da população, e seu papel na hereditariedade.

**Palavras-chave:** História e filosofia da ciência; Livro didático; DNA “lixo”; Regiões não codificantes; Epigenética.

## ABSTRACT

In this work, there is an epistemological analysis of the concept of “junk” DNA, based on the aspects proposed by the biologist Ludwik Fleck, as following: styles of thinking; harmony of illusions; intra-collective and inter-collective circulation of ideas. Furthermore, five textbooks proposed in the Brazilian National Book and Didactic Material Program (PNLD) were selected to understand the effectiveness and dynamics of the dissemination of scientific knowledge about the non-coding regions of DNA, in textbooks used in basic education, and the relevance of the history and philosophy of science (HFC), in line with Fleck's perspective of popular science. The contents analyzed referred to the non-coding regions of DNA, based on the following aspects: the presence or absence of the concept "junk DNA"; the presence of historical contextualization of the theme; and the presence of historical inconsistencies, considering the sociocultural formation of knowledge. Therefore, the research methodology adopted was a qualitative model. For the analysis of the concept, the technique used was the document analysis of articles, and for the analysis of the contents, focusing on the theme “junk DNA”, the analysis of textbooks was carried out. The development of this work involved the consideration that changes in the teaching of science are constant due to changes in the historical-social context in which academic knowledge is constituted. The likelihood of scientific concepts is estimated through historically constructed explanatory models, emphasizing the importance of the history and philosophy of science (HFC) as a didactic possibility in education. Among the books selected to compose this analysis, none of them satisfactorily addresses the historical context that permeates the non-coding sequences of proteins. The book "Natural Sciences - Technological World and Applied Sciences" (2020), by Lopes and Rosso, is one of the most discussed on the subject. In contrast, the book “Biologia Moderna” (2016), by Amabis and Martho, is the least developed, still presenting arguments that may lead to contradictions with current scientific discoveries. The analysis of the books shows a mismatch between the intra-collective and inter-collective circulation of ideas. In the course of the educational process, students should be encouraged to actively participate in the construction of knowledge, considering the historical, political, social, and economic aspects that constitute it, contributing to the development of critical views on the most varied subjects. The theme “non-coding regions” selected to compose this discussion is current and is related to the emergence of the area of epigenetics. Therefore, there is still a reflection on the importance of discussing epigenetic processes, influenced by the population’s environmental stimuli and lifestyle habits as well as their role in heredity.

**Keywords:** History and philosophy of science; Textbook; Junk DNA; Non-coding regions; Epigenetics.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	11
<b>2. A IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO</b>	17
2.1. O ensino de ciências e suas tendências atuais	17
2.2. Livros didáticos e sua aplicação no ensino de ciências	19
2.3. O Uso de História e Filosofia da Ciência no Ensino	22
2.4. A Epistemologia de Ludwik Fleck	29
<b>3. EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS SOBRE AS REGIÕES NÃO CODIFICANTES DO DNA</b>	33
3.1. Contextualização histórica do conceito de gene	33
3.2. O conceito de DNA “lixo” e seus desdobramentos	39
3.3. Regiões não codificantes e a epigenética	42
<b>4. METODOLOGIA</b>	46
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	48
5.1. Resultados das análises dos livros didáticos	48
5.2. Análise epistemológica do conceito de “DNA ‘lixo’”	52
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	57
<b>REFERÊNCIAS</b>	59

## 1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa emergiu de uma inquietação pessoal acerca do desenvolvimento e atualizações sobre o conceito “DNA ‘lixo’” e a forma como o mesmo tem sido difundido em materiais didáticos indicados à rede básica de ensino. A partir da perspectiva fleckiana, que enfatiza a dimensão social e histórica da construção do conhecimento científico, há a intenção de realizar uma análise epistemológica do conceito, buscando entender o que motivou seu surgimento, a forma como foi desenvolvido ao longo dos anos, como ele é entendido e propagado atualmente e quais as implicações disso para a compreensão da biologia molecular pelo público geral. Desta forma, é esperado gerar uma contribuição significativa para o debate sobre o papel da ciência na sociedade e para o aprimoramento da educação científica.

Tendo em vista a forma como o sistema educacional é estruturado, os alunos são ensinados, desde o ingresso na escola, a serem receptores passivos de informações. Nos anos finais do ensino fundamental e no ensino médio, é comum que tenham sido condicionados a assumir essa postura, fato que ocasiona desinteresse e desestimula a curiosidade no processo de aprendizagem. Desta forma, não há questionamentos acerca das temáticas trabalhadas e, recorrentemente, a abordagem descontextualizada impossibilita o estabelecimento de conexões entre a teoria e a realidade do aluno. Este comportamento passivo é fruto da falta de estímulos à participação dos educandos nas aulas, geralmente com abordagens tecnicistas e utilitaristas, durante o processo de construção de conhecimento (GIACOPINI; SILVA, 2014).

Em relação a essa forma de educação, é relevante destacar que o educador Paulo Freire, em sua obra “Pedagogia do Oprimido”, dedica um capítulo inteiro à realização de críticas a esse modelo que denominou “educação bancária”. De acordo com sua obra, a descontextualização do ensino da realidade dos alunos perpetua as desigualdades sociais e transforma a educação em um instrumento de dominação de massas.

“Na visão “bancária” da educação, o “saber” é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber. Doação que se funda numa das manifestações instrumentais da ideologia da opressão a absolutização da ignorância, que constitui o que chamamos de alienação da ignorância, segundo a qual esta se encontra sempre no outro. O educador, que aliena a ignorância, se mantém em posições fixas, invariáveis. Será sempre o que sabe, enquanto os educandos serão sempre os que não sabem. A rigidez destas posições nega a educação e o conhecimento como processos de busca” (FREIRE, 1996, p.57-58).

Esta educação, descrita acima, seria a educação dos opressores, na qual outros tipos de saberes que os educandos possuem, a partir de suas experiências pessoais, são inferiorizados ou considerados insignificantes. Em contraposição, a educação do oprimido é aquela que objetiva a emancipação dos excluídos, para que sejam sujeitos de sua própria história. O conhecimento construído, de forma coletiva, resulta da reflexão crítica sobre a realidade vivenciada pelo aluno e pela comunidade. Este tipo de educação oferece ferramentas para os educandos compreenderem seu contexto, quais são os caminhos pelos quais podem gerar transformação e incentiva a luta pela melhoria de suas condições.

Ao comparar esses modelos de educação, Freire argumenta que a educação dos oprimidos é a libertadora, problematizadora, e torna incoerente o ato de “depositar”, “transferir” ou “transmitir” conhecimentos (FREIRE, 1996, p. 63). Este tipo de educação é a única capaz de possibilitar a superação da opressão e construção de uma sociedade mais justa e igualitária. Os educadores, por meio desta se colocam no lugar dos alunos, se dispondo a entender suas necessidades e interesses e promovendo um diálogo horizontal e crítico, que estrutura a construção de um conhecimento emancipatório.

Para facilitar esse processo de ensino, embasando a abordagem teórica e os diálogos, é relevante a utilização de recursos didáticos. O livro didático, a depender da situação, local e condição em que é utilizado, pode assumir diferentes funções. No entanto, por se tratar um dos principais recursos impressos em sala de aula, tem seu uso amplamente disseminado entre professores e alunos, no decorrer do processo de aprendizagem. Para o educador, o livro didático pode representar um auxílio na condução de uma determinada temática, ou mesmo para a orientação da pesquisa pelos alunos. Para os educandos, o livro didático se mostra como um forte aliado à compreensão dos conteúdos (FRISON, et al, 2009).

No entanto, o livro didático muitas vezes é utilizado de forma inadequada. Alguns professores fazem uso integral do recurso, ausente de materiais adicionais, e isso pode resultar em uma desconexão com a diversidade de realidades presente nas salas de aula. Esses fatores dificultam a realização de práticas emancipadoras. Nesse contexto, o uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) como postura didática, é uma ótima aliada a um ensino contextualizado, uma vez que aprender sobre o passado possibilita maior compreensão sobre a realidade atual e sobre as tendências que podem vir a se tornarem relevantes (MARKO, PATACA, 2019). De acordo com Freire,

“(...) uma escola centrada democraticamente no seu educando e na sua comunidade local, vivendo as suas circunstâncias, integrada com seus problemas, levará os seus educandos a uma nova postura diante dos problemas de contexto, à intimidade com eles. A da pesquisa em vez de mera, perigosa e enfadonha repetição de trechos e de afirmações desconectadas das suas condições mesmas de vida. A do trabalho. A da vitalidade, em vez daquela que insiste na transmissão de ‘ideias inertes’... Escola que plural, plural nas suas atividades, criará circunstâncias as quais provoquem novas disposições mentais no brasileiro, com que se ajustará em condições positivas ao processo de crescente democratização que vivemos. Escola que se faça uma verdadeira comunidade de trabalho e de estudo, plástica e dinâmica. E que, ao em vez de escravizar crianças e mestras a programas rígidos e nacionalizados (sic), faça que aquelas aprendam sobretudo a aprender. A enfrentar dificuldades. A resolver questões. A identificar-se com a sua realidade. A governar-se, pela ingerência nos seus destinos. A trabalhar em grupo” (FREIRE, 2003, p. 85).

A educação pautada meramente na transmissão de informações, cria um contexto com pouco espaço para o exercício da autonomia e das atividades de pesquisa. Os alunos são ensinados que basta abrir o livro didático para encontrar o conjunto de dados necessários para compreender um determinado assunto (GIACOPINI; SILVA, 2014). Embora, atualmente, novos recursos tenham surgido como ferramentas de apoio ao ensino, o livro didático ainda possui aplicação mais acessível à maioria das escolas (FRISON, et al, 2009).

Essas transformações, atualmente perceptíveis na disseminação do conhecimento científico não é a única modificação que vêm ocorrendo. A educação é dinâmica e, no cenário nacional, os recursos didáticos, bem como os métodos de ensino passam por constantes inovações (OLIVEIRA, 2022). É notável, no entanto, o fato de que nem todos os educadores são receptivos a estas mudanças. A prática docente requer o comprometimento com a atualização constante, mas nem sempre isso é realizado, por depender de numerosos fatores (BERNADELLI, 2008). Por esse motivo, os métodos tradicionais, em que o professor é tido como o centro de referência do processo de ensino, detentor do conhecimento e conhecedor dos métodos mais adequados, ainda é dominante.

No entanto, há uma vertente de ensino, que defende o protagonismo do aluno no processo de ensino e aprendizagem. De acordo com as ideias construtivistas, o espaço dialógico entre educadores e educandos favorece a interpretação do conhecimento e o aprendizado significativo (OLIVEIRA, 2022). O filósofo Ludwik Fleck, põe à luz em suas obras a abordagem construtivista-sociológica, que destoa um pouco da construtivista tradicional, uma vez que coloca o coletivo como o centro da educação. Para o filósofo, a epistemologia não pode

ser dissociada dos contextos social e histórico e, por esse motivo, é um autor amplamente mencionado no contexto da história e filosofia da ciência (HFC) (ILHA; ADAIME, 2019).

Para a execução bem-sucedida dos métodos sócio-construtivistas, a HFC se apresenta como uma abordagem didática de grande relevância. A história da ciência permite a compreensão, pelo educando, de como se estabelece o fazer científico e favorece o entendimento de que a ciência é uma construção humana, dinâmica, passível de erros e, apesar de oferecer explicações para a realidade, não pode ser tomada como verdade absoluta (MORAES, 2003). Há vários conhecimentos que são consensuais por muito tempo, até que as exceções começam a aparecer e ele necessita de reestruturação.

As regiões não codificantes, por exemplo, podem apresentar importante papel na regulação gênica e, portanto, compõem um relevante fator à compreensão da epigenética, que pode ser definida como alterações na atividade gênica não associadas a mudanças na sequência de DNA. Levando em consideração a relevância destas regiões, do ponto de vista hereditário, e as influências ambientais sofridas por elas constantemente, é possível afirmar que a designação “DNA lixo” é inadequada para a sua descrição e que o acesso a esse conhecimento pelos alunos é essencial para que repensem hábitos de vida prejudiciais (PANIZZUTTI, 2019). No entanto, essa designação pareceu contemplar as concepções de cientistas da área da genética até descobertas recentes o refutarem.

Nas últimas décadas, diversos estudos apresentaram evidências contrárias ao termo “DNA lixo”, incitando questionamentos sobre a terminologia. Por exemplo, no estudo de Matsumoto, Nakano e Ohzeki (2004), há a constatação de que apenas a presença de alfa-DNA<sup>1</sup> não é capaz de induzir diretamente a função dos centrômeros, indicando a regulação do processo pela cromatina CENP-A<sup>2</sup>, um marcador epigenético cuja replicação e manutenção são feitas por mecanismos de montagem da cromatina, ao invés de sequências de DNA ou mecanismos acoplados. Em 2012, Mattick et al. (2012) sugeriu que embora nem todo o DNA fosse traduzido em proteínas, eram transcritos em RNAs, que por sua vez eram dotados de muitas funções

---

<sup>1</sup> O alfa-DNA é uma das principais sequências repetitivas encontradas nos centrômeros humanos e é muito importante para a organização e estruturação dos mesmos. A manutenção desta organização é crítica para a estabilidade genômica e prevenção de doenças relacionadas ao número de cromossomos. Além disso, a proteína CENP-B se liga principalmente nas porções com grande concentração de citosina e guanina, e possibilita o recrutamento de outras proteínas para formar o complexo centromérico (MATSUMOTO, NAKANO; OHZEKI, 2004).

<sup>2</sup> A CENP- A é uma proteína, que auxilia a embalar o DNA estruturas compactas, os nucleossomos, e são importantes para a manutenção da estabilidade e integridade do centrômero durante a divisão celular, além de desempenharem relevante papel em sua estruturação e função (MATSUMOTO, NAKANO; OHZEKI, 2004).

relevantes ao organismo. No mesmo ano, com os achados do Projeto Encode, foi reconhecida a importância destas regiões não codificantes de proteínas para os processos do corpo humano (SILVA, 2021). Embora questionamentos anteriores tenham sido feitos, os trabalhos mencionados acima ilustram a busca de cientistas pela elucidação das nuances da biologia molecular e com as ferramentas disponíveis atualmente, há grandes possibilidades de descobertas significativas e mudança de conceitos vigentes.

As constantes inovações na genética promoveram a popularização de diversos conceitos abordados por esta ciência. No entanto, é recorrente a ocorrência de equívocos relativos à compreensão destes termos, pois mesmo diante dos progressos científicos na área, que fornecem cada vez mais informações sobre a temática, essas novidades não parecem ser amplamente abordadas na rede básica de ensino e, quando são, geralmente apresentam lacunas de informações (NASCIMENTO; CAMPOS, 2018). A utilização de recursos didáticos é indispensável, por se tratar de uma ferramenta essencial para enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais dinâmico e envolvente para o aluno. Partindo deste subsídio à compreensão da dinâmica presente na ciência e no mundo, é possível adotar métodos de estímulo ao despertar do senso crítico nos educandos.

Tendo em vista a necessidade de formação de cidadãos socialmente conscientes, capazes de desenvolver reflexões lógicas e críticas sobre as temáticas de impacto na sociedade, a perspectiva acerca da HFC apresenta-se indispensável a este estudo. De acordo com Martins (2007),

"A história e filosofia da ciência pode ser considerada tanto um conteúdo a ser estudado em disciplinas científicas, quanto uma estratégia metodológica para compreender os conhecimentos científicos" (MARTINS, 2007 apud MELO; ROCHA, 2017).

Portanto, o acesso a esta área do conhecimento representa uma ferramenta extremamente relevante à promoção da criticidade, tanto em educadores quanto em educandos. A criticidade no ensino é importante por promover a compreensão da influência de fatores socioculturais nas dinâmicas cotidianas. A escola deve ser capaz de proporcionar aos indivíduos, o entendimento de que não há supremacia da ciência sobre os demais saberes e o saber popular é, muitas vezes, o ponto de partida das produções científicas (MELO; ROCHA, 2017).

Por se tratar de uma pesquisa exploratória, esta monografia se define pela investigação acerca de um tema específico, para a melhor compreensão de como se configura e de que forma

foi percebido e descrito pelos estudiosos ao longo dos anos. A compreensão dos atuais processos adotados no ensino de ciências e biologia envolve a pesquisa acerca do histórico de construção das temáticas, bem como dos fatores socioculturais que a viabilizaram. É imprescindível, nestes casos, a execução de uma revisão bibliográfica, que possibilite a identificação de problemas, além do acesso às concepções dos diferentes autores envolvidos em sua estruturação (ECHER, 2001). Um panorama histórico devidamente esquematizado pode proporcionar a compreensão acerca da dinâmica científica de produção e disseminação de conhecimento (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009, p. 35).

O intuito deste trabalho é realizar uma análise epistemológica, com ênfase nas ideias propostas pelo epistemólogo polonês Ludwik Fleck (1896-1961), do termo “DNA ‘lixo’”, e discutir a importância da História e Filosofia da Ciência (HFC) para o ensino de ciências e biologia. Além disso, identificar qual é o grau de efetividade do uso dos livros didáticos para o ensino, na educação básica, sobre as unidades não codificantes do DNA e seu papel na hereditariedade.

Visando ampliar a discussão sobre a relevância da HFC, inicialmente, serão abordadas as transformações e tendências envolvendo o ensino de ciências, tendo em vista as diferentes concepções predominantes ao longo dos anos. Em seguida, o assunto “livros didáticos” e seu histórico de desenvolvimento no cenário nacional será tratado, devido ao importante papel do recurso didático no aprendizado dos alunos, como uma das ferramentas mais acessíveis ao ensino básico das amplas redes escolares. Por fim, antes de adentrar aspectos específicos da genética, será discutido o uso da HFC no ensino a partir das ideias de epistemologia da ciência identificadas nos trabalhos de Ludwik Fleck. No tópico adiante, serão mencionados os episódios desafiadores à conceituação do gene, o surgimento do conceito “DNA ‘lixo’” e seus desdobramentos a partir de novas descobertas e a importância das regiões não codificantes e da epigenética, do ponto de vista científico e educacional.

## **2. A IMPORTÂNCIA DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO**

### **2.1. O ensino de ciências e suas tendências atuais**

Após a Segunda Guerra Mundial, a pesquisa sobre o ensino de Ciências da Natureza passou a ser transformada globalmente. A partir deste reconhecimento da importância da Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento cultural e econômico, e da percepção de que a ciência não estava caminhando linearmente para a garantia do bem-estar social, tendo em vista as guerras e fabricações de armas, fica evidente que para isso ocorrer, jovens deveriam ser estimulados a seguir carreiras científicas (SOUZA; MIRANDA; SOUZA, 2018). No entanto, a influência dessas áreas sobre a sociedade ainda era analisada de maneira equivocada, devido à abordagem mecanicista e à desconsideração das divergências de hábitos e interesses entre os cidadãos. Embora o movimento CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que busca entender a integração entre esses elementos, tenha estudos datados desde antes deste período, somente nas décadas de 60 e 70 começou a se manifestar nos Estados Unidos. A articulação entre esses segmentos, no Brasil, só ocorreu a partir da década de 90, quando houve a necessidade inegável de uma análise conjunta da tecnologia, ciência e sociedade (CHRISPINO, et al, 2013).

Atualmente, há uma compreensão de que a tecnologia é uma materialização da ciência e ocorre a partir das demandas da sociedade e seus interesses. Tendo em vista a dimensão dos problemas socioambientais resultantes do progresso científico e tecnológico, há uma crescente necessidade de tornar a ciência um conhecimento mais acessível ao público para desmitificar sua concepção tradicional e questionar sua aplicação (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010).

Recorrentemente, o ideal de ciência, difundido entre os pesquisadores, era pautado em uma razão instrumental, na concepção de que a ciência somente poderia favorecer a sociedade se fosse orientada para as verdades científicas, alcançada a partir de “critérios internos de eficácia técnica” e dissociada das questões sociais (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010). Por volta da década de 60, o Instituto Brasileiro de Educação e Cultura desenvolveu o Projeto Iniciação à Ciência, no qual foram produzidos materiais que propunham a introdução de atividades práticas para a disciplina de ciências, com o objetivo de instigar os estudantes a observarem as etapas do método científico. No entanto, os conteúdos abordados eram, além de descontextualizados da realidade do aluno, tratados de maneira desconexa e sem uma sequência lógica. As atividades realizadas pelos estudantes eram mecanizadas, objetivando

o alcance de uma “autonomia intelectual” (SOUZA; MIRANDA; SOUZA, 2018). De acordo com Krasilchik (2008),

“Com a Lei nº 5.692/71, a disciplina Ciências passou a ser obrigatória nas oito séries do 1º Grau. Nessa época, as aulas eram classificadas de acordo com a quantidade de conteúdos ministrados; o principal recurso de estudo e avaliação eram questionários que os alunos respondiam segundo os conceitos predeterminados pelo professor ou por livros didáticos; além disso, tinham liberdade de manifestar suas opiniões. Mesmo os currículos enfatizando a aquisição de conhecimentos atualizados e a prática do método científico, o ensino de Ciências continuou a ser descritivo, fragmentado e teórico” (KRASILCHIK, 2008 apud SOUZA; MIRANDA; SOUZA, 2018, p. 5).

Considerando que esta lei foi sancionada durante o período da ditadura militar, em que os próprios professores tiveram condições de formação mais precárias, o objetivo era apenas preparar o aluno para o mercado de trabalho, e não formar cidadãos críticos e autônomos no fazer científico. Por esse motivo, efetivamente, as práticas de ensino nas disciplinas não acompanhavam a valorização da ciência pregada nos discursos e nas leis (SOUZA; MIRANDA; SOUZA, 2018). Em 1980, pesquisas substanciais foram realizadas no âmbito do ensino de ciências, e culminaram na introdução das temáticas de saúde e meio ambiente no currículo escolar, conferências e encontros internacionais apontavam para uma demanda de caráter social acerca da temática (PINHÃO; MARTINS, 2012).

Na década de 1990 a necessidade de articulação entre essas áreas da ciência, tecnologia e sociedade foram reconhecidas. Diante da indispensabilidade de uma ciência socialmente comprometida é possível ainda encontrar outro obstáculo contemporâneo: “a escola organizada na lógica dos saberes disciplinares” (ALMEIDA, 2000, p.3). Neste modelo, cada uma das disciplinas é organizada de maneira independente, dificultando a integração do conhecimento e o reconhecimento da utilidade do saber para as atividades cotidianas. Em um cenário em que cada professor se preocupa apenas em abordar os tópicos propostos na perspectiva limitada de uma só área, os alunos têm acesso a informações repletas de lacunas e dissociadas de qualquer reflexão histórica de forma mais crítica sobre a temática, que os auxiliaria na compreensão do mundo e de sua realidade.

A escola deveria promover reflexões sobre questões envolvendo a sociedade, porém, na prática, a ausência de integração entre as disciplinas era responsável pela falta de ferramentas para formação de cidadãos transformadores de sua realidade. De acordo com Fourez (1995 apud PINHÃO; MARTINS, 2012, p.5) a falta da prática política da interdisciplinaridade se dá

justamente devido a esta falta de interação das disciplinas. Portanto, a única forma de promover uma transformação efetiva na educação, seria repensar as práticas pedagógicas.

Em 1997/98 o Governo Federal criou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), com o objetivo estabelecer estratégias curriculares e promover uma padronização dos conteúdos a serem abordados na rede pública. As instituições particulares não são obrigadas por lei a seguir, embora muitas vezes também adotem como base para a definição das temáticas de ensino (GALIAN, 2014). Os PCNs, segundo Pinhão e Martins (2012), apontam a transversalidade como possibilidade para a integração das disciplinas e contemplação das questões sociais. No entanto, conforme aponta Macedo (1998), essa necessidade de abordar questões urgentes, que justificou a criação dos PCNs, acaba se revelando contraditória, pois reafirma que o currículo pautado em disciplinas estruturadas não possibilita que a escola exerça sua função social, uma vez que não atende às demandas emergentes na comunidade (SOUZA; MIRANDA; SOUZA, 2018).

Levando em consideração os aspectos abordados, é notável a necessidade de uma mudança na forma de ensinar a aprender, principalmente nas escolas de ensino básico, onde os alunos ainda estão em processo de desenvolvimento da autonomia. O ensino historicamente contextualizado, conduzido por equipes de professores de diferentes áreas do saber, construído com base em novas metodologias e proveniente de uma reestruturação dos conteúdos, proporciona ao aluno uma qualidade muito maior no processo de aprendizagem (ALMEIDA, 2000). Diante disso, cabe discutir sobre o papel de um dos recursos mais utilizados atualmente nas aulas de ciências das escolas de ensino básico: o livro didático.

## **2.2. Livros didáticos e sua aplicação no ensino de ciências**

O Decreto-Lei 1006 introduziu em 1938 no Brasil a Legislação do Livro Didático, regulamentando sua produção e uso nas escolas, diante da análise da Comissão Nacional do Livro Didático e da aprovação do Ministério da Educação (BRASIL, 1938). Este feito marcou o início de uma preocupação a nível oficial com a forma como são produzidos, importados e utilizados este tipo de livro no Brasil. Em seguida, através do Art. 208, Inciso VII da Constituição Federal do Brasil, este instrumento de ensino passou a ser considerado um direito do educando, bem como o Dicionário da Língua Portuguesa (FRISON et al, 2009).

De acordo com Frison e colaboradores (2009), na primeira metade do século XX, os conteúdos e metodologias de ensino dependiam exclusivamente do professor, cuja prática de ensino era baseada em literaturas que compuseram sua formação ou nas quais se fundamentaram para montar suas aulas. A partir da segunda metade do século, as tentativas de democratização de ensino resultaram em livros didáticos que veiculavam, além dos conteúdos a serem abordados nas disciplinas, princípios metodológicos que deveriam ser utilizados para desenvolvê-los. Os estudantes passaram a fazer uso, em classe, de livros de leitura, os quais podiam conter o conteúdo parcial ou integral a ser abordado no currículo escolar.

Os governantes tentaram implementar diversas formas de levar os livros didáticos até a escola, até o início da política de execução do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), pelo Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE). Esta preocupação constante do Ministério da Educação com a presença dos livros didáticos na escola data desde meados de 1929, quando foi criado o Instituto Nacional do Livro (INL), que legitimou sua presença e utilização no território nacional. Foi então que, após a criação da Comissão Nacional do Livro Didático, citada anteriormente, houve muitas discussões sobre quais livros seriam adequados para emprego no ensino básico, dentre outros aspectos. Em 1985, através do decreto nº 91542, o PNLD surgiu com o intuito de promover alterações significativas nos processos envolvendo o uso de livros didáticos como recurso educativo (BRANDÃO, 2013). De acordo com o decreto, os pontos alterados seriam:

“Garantia do critério de escolha do livro pelos professores; Reutilização do livro por outros alunos em anos posteriores, tendo como consequência a eliminação do livro descartável; Aperfeiçoamento das especificações técnicas para sua produção, visando maior durabilidade e possibilitando a implantação de bancos de livros didáticos; Extensão da oferta aos alunos de todas as séries do ensino fundamental das escolas públicas e comunitárias; Aquisição com recursos do governo federal, com o fim da participação financeira dos estados, com distribuição gratuita às escolas públicas” (BRASIL, 2008 apud BRANDÃO, 2013, p.43).

Os livros aprovados para compor o PNLD, através da avaliação realizada pela comissão do Ministério da Educação, são apresentados aos diretores e professores. Após a seleção dos mesmos, as editoras ficam responsáveis pela distribuição dos livros na escola, onde ficarão disponíveis para circulação (BRANDÃO, 2013). Cabe destacar ainda que o programa é executado de maneira alternada, para suprir a demanda da educação infantil dos anos iniciais do ensino fundamental, dos anos finais do ensino fundamental e do ensino médio (MEC, 2018). Em 2004 e 2007, respectivamente, o MEC criou dois outros programas envolvendo o livro

didático, o Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM) e o Programa Nacional do Livro Didático para a Alfabetização de Jovens e Adultos (PNLA) (BRANDÃO, 2013). Estes programas mais específicos também possuem uma periodicidade de execução de três anos.

Atualmente, diante da existência de diversas fontes de informação à disposição, alguns estudantes e professores frisam que além da importância do material didático como apoio à compreensão dos temas estudados em aula, a internet constitui uma ferramenta de busca ainda mais eficiente e rápida (FRISON et al, 2009). Em 2017, o Decreto nº 9.099, dispôs sobre a unificação das ações do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e do Programa Nacional Biblioteca na Escola (PNBE), criando o Programa Nacional do Livro e do Material Didático. Ainda denominado PNLD, o novo programa possibilitou a inclusão de novos materiais de apoio ao ensino, como: “obras pedagógicas, softwares e jogos educacionais, materiais de reforço e correção de fluxo, materiais de formação e materiais destinados à gestão escolar, entre outros” (MEC, 2018, p.1). Portanto, torna-se interessante a análise do papel do livro didático no cotidiano escolar.

Na sala de aula o livro didático consiste em um material impresso importante de apoio ao desenvolvimento de temáticas presentes no currículo escolar, apesar de apresentar os conteúdos com um grau de fragmentação (FRISON et al, 2009). Embora o objetivo seja tornar o conteúdo acessível, isso ocasiona em uma descontextualização do conhecimento, sendo necessário um diálogo em torno do tema para que ela possa ser associada e o conhecimento seja efetivamente construído, e o estudante possa aplicá-lo em sua realidade. Esta temática é considerada polêmica entre professores, alunos e estudiosos, tendo em vista diferenças ideológicas levando em consideração o controle estatal sobre os temas a serem abordados (BITTENCOURT, 1993).

Para Costa e Allevato (2010 apud BRANDÃO, 2013) o livro didático é uma fonte indispensável de mediação do conhecimento, sendo útil para alunos e professores, por auxiliar tanto na prática pedagógica quanto na compreensão do conhecimento por aqueles educandos que necessitam de aspectos visuais compondo o processo de aprendizagem. Os gestores de políticas públicas educacionais e autores, conforme aponta Neto e Fracalanza (2003), mesmo diante de diversas denúncias por parte de docentes acerca das deficiências dos livros didáticos e de apontamentos sobre possibilidades de melhoria, não adotaram medidas que possam ser consideradas efetivas. Sendo assim, a adoção do material nas salas de aula varia de acordo com

o professor. Enquanto alguns seguem fielmente os conteúdos propostos, outros realizam adequações de acordo com as suas convicções acerca da prática de ensino, ainda que seja necessário dispende mais tempo para fazê-lo (NETO; FRACALANZA, 2003). De modo geral, uma vez que somente uma aula expositiva não contempla as necessidades de aprendizado dos alunos, o material apresenta uma ferramenta muito importante de apoio do educador. Tendo em vista a quantidade de tarefas envolvidas na prática docente, ter acesso a um texto de apoio, questões desafiadoras que levam à reflexão da temática e recursos visuais para facilitar a aprendizagem é essencial (BRANDÃO, 2013, p.45).

No entanto, embora seja fundamental reconhecer essa relevância do livro didático, há educadores que julgam imprescindível o uso metódico e sistemático do mesmo, tornando a prática de ensino inflexível. De acordo com Oliveira (2014), a adoção do livro didático como única fonte de pesquisa caracteriza uma utilização limitada e antagônica à compreensão da realidade pelos alunos. Conforme afirmam Vasconcelos e Souto (2003), a memorização é priorizada em detrimento das necessidades de aprendizado dos educandos, o que apresenta um grande desafio na educação atualmente. A ciência, notadamente, em seu dinamismo, requer a complementação do livro didático e a elaboração de novos questionamentos e diálogos a respeito de uma temática. De modo a evitar equívocos e perpetuação de dogmas, é importante a revisão constante e o uso consciente do material.

### **2.3. O Uso de História e Filosofia da Ciência no Ensino**

A ciência sempre foi utilizada como uma forma de produzir conhecimentos sobre fenômenos naturais. No entanto, a partir do século XIX, as pesquisas científicas passaram a visar também a interferência humana na natureza, objetivando a melhora da qualidade de vida e a reinvenção de processos realizados ao longo da mesma (CHASSOT, 2004). Para compreender o impacto da ciência na sociedade ao longo do tempo, é necessário o entendimento acerca de como se define e quais são as concepções predominantes sobre a temática.

A ciência é uma forma de sistematização de conhecimentos, utilizada pelos seres humanos como um mecanismo para a compreensão do mundo e suas dinâmicas. No entanto, embora objetive se aproximar ao máximo da realidade, a ciência não consiste em uma verdade absoluta e necessita de validações constantes (CAMPOS, 2010). Além disso, teorias podem ser historicamente substituídas por outras que expliquem melhor evidências científicas. Contudo,

a concepção de ciência, embora já tenha sido considerada homogênea, não pode ser caracterizada da mesma forma há muito tempo (COSTA, 2012).

Levando em consideração a divergência entre os contextos socioculturais de períodos históricos distintos, houve diversas modificações nas concepções de ciência predominantes entre a comunidade científica. Há uma pluralidade de convicções acerca da definição de ciência atualmente, algo que não era comum na Antiguidade, mas passou a ocorrer desde a Idade Média (COSTA, 2012). De acordo com Marilena Chauí (2000), três "ideais de cientificidade" possuem maior destaque, sendo eles o racionalista, o empirista e o construtivista.

A concepção racionalista de ciência, predominante desde os gregos até o século XVII, a define como um conhecimento obtido a partir de um pensamento racional, dedutivo e demonstrativo. O objeto científico é caracterizado como “uma representação intelectual universal, necessária e verdadeira das coisas”. Portanto, o racionalismo seria um ideal hipotético-dedutivo a partir da definição das leis que regem o objeto científico, realizava suas previsões e deduções (CHAUÍ, 2000, p. 320). Desta forma, de acordo com o racionalismo, o conhecimento científico não é construído através de experimentações empíricas, estas se fazem apenas para a comprovação das definições e postulados elaborados (COSTA, 2012).

A segunda concepção de ciência que possui grande destaque é a empirista que perdura desde a filosofia de Aristóteles, sendo preponderante no século XIX (COSTA, 2012). Contrapondo a racionalista, propõe que as experiências e interpretações da natureza precedem a formulação de teorias, postulados e definições, sendo, portanto, hipotético-indutiva (CHAUÍ, 2000). A construção do conhecimento, de acordo com esse ideal, é obtida através da investigação e das descobertas resultantes das experiências, relativas ao sentido, com o objeto investigativo (COSTA; GIORDAN, 2005). Alguns autores, como Chalmers (1993), acreditam que este método apresenta uma visão simplista do conhecimento científico, pois sugere observações empíricas dissociadas de conceitos prévios como uma base de dados confiável para a construção de conhecimento.

Por fim, a concepção construtivista<sup>3</sup> iniciada no século XIX, é amplamente aceita atualmente. Contrapondo as duas concepções anteriores, trata do conhecimento científico como a elaboração de modelos explicativos da realidade e o define como aproximativo, estabelecendo

---

<sup>3</sup> A ideia central do termo “construtivismo” é de que todas as coisas estão em constante mudança e transformação, nada é inquestionável ou fixo. Na educação, a corrente pedagógica enfatiza a importância da participação ativa do educando no processo de construção do próprio conhecimento, através de interações com o ambiente e relações sociais (BECKER, 1994).

a verdade absoluta como uma ideia reguladora à qual pode ser estimada, mas nunca confirmada (CHAUÍ, 2000). Cabe ressaltar que o educador Paulo Freire também foi um dos pensadores do construtivismo, mas a denominação atribuída à sua corrente filosófica é construtivismo crítico. De acordo com Gadotti (1997), “O construtivismo freireano vai além da **pesquisa** e da **tematização**: a terceira etapa do seu método - a problematização - supõe a ação transformadora”.

O filósofo austríaco Karl Popper (1902-1994), apesar de sua corrente filosófica ser o racionalismo crítico, também afirma que a experiência não pode confirmar um ideal de verdade absoluta, uma vez que a observação não é neutra. Uma teoria, portanto, só pode ser considerada científica se puder ser refutada (CASTAÑON, 2005). É comum nas escolas, no entanto, que os experimentos científicos sejam realizados sem aprofundamento teórico, reforçando ideias indutivistas para os alunos, o que pode representar uma dificuldade para a construção efetiva de conhecimento.

Este obstáculo epistemológico ao progresso científico é um dos abordados na filosofia da ciência de Gaston Bachelard (1884-1962), caracterizado como "Experiência Primeira", e ilustra perfeitamente a situação de experimentação dissociada da teoria.

“Segundo o filósofo da ciência, na primeira experiência que estabelecemos com algum objeto construímos um tipo de conhecimento. É o primeiro conhecimento. Esse conhecimento construído a partir dessa experiência inicial mostra-se fortemente arraigado de subjetivismo e também condicionado às condições do sujeito envolvido. É ainda um conhecimento com característica de opinião, ou seja, é um ponto de vista resultante apenas de impressões oriundas dos sentidos de alguém” (COSTA, 2012, p.39).

Os conhecimentos obtidos através da experimentação podem ser equivocados, tendo em vista que a base de dados dificilmente é completa para possibilitar a realização de inferências fidedignas à realidade. Para evitar a generalização das experiências observáveis (indutivismo), cabe ao educador apresentar as modificações históricas que fundamentam a temática de estudo, levando os alunos à desconstrução das concepções primordiais e à construção de um novo conhecimento (TRINDADE; NAGASHIMA; ANDRADE, 2016). Um ensino que dá margem à ideias equivocados é bastante preocupante, tendo em vista a impossibilidade de os estudantes utilizarem esse conhecimento para compreender e atuar sobre sua realidade.

Por vezes, conforme menciona Marilena Chauí (2000), aqueles que não compreendem a investigação científica frequentemente a associam mentalmente à magia, tendo em vista sua misticidade e incompreensibilidade. Em suas palavras,

“Essa imagem da ciência como magia aparece, por exemplo, no cinema, quando os filmes mostram os laboratórios científicos repletos de objetos incompreensíveis, com luzes que acendem e apagam, tubos de onde saem fumaças coloridas, exatamente como são mostradas as cavernas ocultas dos magos” (CHAUÍ, 2000, p.316).

Tendo em vista essa concepção social, vale ressaltar as diferenças existentes entre o conhecimento científico e o senso comum. Enquanto o primeiro lida com problemas e obstáculos, o segundo lida com fatos e acontecimentos (CHAUÍ, 2000). Embora ambos compartilhem a característica de serem passíveis de erro, se diferem à medida em que o conhecimento científico é aproximativo e sistemático, enquanto o senso comum é valorativo e subjetivo. Aqueles que não são familiarizados com o processo de construção do conhecimento científico tendem a enxergá-lo de maneira equivocada. Enquanto alguns acreditam que ciência se trata de algo superior, outros a enxergam como uma opinião, situação que origina movimentos negacionistas, por exemplo. É indispensável, neste sentido, o aprofundamento teórico durante as experiências realizadas na escola, embasando inferências sobre acontecimentos reais e corriqueiros na comunidade e proporcionando o entendimento dos fatos.

Portanto, um empecilho ao desenvolvimento do pensamento crítico pode ser notado no entendimento da sociedade sobre o que caracteriza ciência. Segundo Silva (2014 apud OESTREICH et al, 2021), é recorrente que o uso de expressões como "cientificamente comprovado" seja entendido, por uma parcela significativa da população, como uma verdade absoluta e incontestável, que dispensa reflexões. Equivocadamente, é propagada a ideia de neutralidade da ciência e do pesquisador, enquanto a realidade é que há um viés não só na seleção do objeto de pesquisa, mas também na perspectiva do pesquisador acerca do mundo, isto é, seus valores sociais e culturais impactam significativamente na sua observação.

Nesse contexto, um aprendizado contextualizado é mais significativo para o aluno, pois oportuniza a consciência de que a ciência é mutável e dinâmica. Consequentemente, propicia a compreensão de que a produção do conhecimento científico depende do contexto social, histórico, político e cultural ao qual pertencem os cientistas, e está pautada também nos interesses políticos e econômicos (MATTHEWS, 1995 apud MARKO; PATACA, 2019).

A partir da percepção da discrepância entre essas concepções ideal (tradicional) e real acerca da ciência, que existe há tempos, o físico e epistemólogo estadunidense Thomas Kuhn (1922-1996), em 1962, publicou seus estudos sobre a temática na obra “A Estrutura das Revoluções Científicas”. Contrapondo a ideia de falseamento das teorias científicas, proposta por Popper, Kuhn defende que a comunidade científica é conservadora e tendem a não abandonar modelos científicos (paradigmas) com base no falseamento, uma vez que os modelos são criados para representarem a realidade. Portanto, alega que a ciência progride através de revoluções científicas. O resultado de seu trabalho influenciou grandemente o desenvolvimento da história e da filosofia da ciência ao longo dos anos (CHIBENI, 2010). De acordo com Marques (2015), o ciclo de desenvolvimento de um conceito científico, estruturado por Kuhn, se divide nas seguintes etapas:

- Fase pré-paradigmática: marcada por significativas divergências entre os pensamentos de diversos pesquisadores sobre o objeto de estudo. Nesse momento, a temática em discussão ainda não se constitui como uma disciplina científica, embora haja discussões sobre a forma e o enfoque sob os quais ela deve ser estudada.

- Ciência normal: a partir do momento em que uma determinada temática adquire paradigmas, ou seja, crenças, regras e teorias que direcionam seu desenvolvimento em um determinado período, ela passa a ser considerada científica.

- Crise: o paradigma, apesar de incorporar os ideais, valores e conceitos de uma comunidade, possui um limite em sua concepção, sendo este de caráter explicativo. No momento em que esse limite é atingido, em consequência da descoberta de novos fenômenos que não podem ser explicados através dele, isso caracteriza uma crise.

- Revolução científica: o acúmulo de *anomalias*, denominação dada por Kuhn a fenômenos conflitantes ao paradigma, resulta na necessidade de substituição do paradigma. Com isso, teorias menos populares entre os cientistas passam a ganhar notoriedade e um novo período de discussões se inicia. A substituição de um paradigma por outro recebe a denominação de revolução científica. A partir desse momento instala-se outro período de ciência normal.

A partir do pensamento de Kuhn o contexto em que a ciência se constitui passa a ser valorizado, levando em consideração aspectos históricos, sociais, políticos e econômicos envolvidos em sua fundamentação. Além disso, outros consensos sobre aspectos das Ciências

da natureza, os quais já foram citados neste trabalho, envolvem o dinamismo e mutabilidade, o objetivo de explicar fenômenos naturais, a inexistência de um método científico universal e a não-neutralidade do cientista em relação à produção de conhecimento (MOURA, 2014). De acordo com este relevante papel epistemológico exercido pelo contexto histórico em todos estes aspectos, a lógica indutivista da ciência teria um limite explicativo incapaz de embasar estas características. Surge então, uma nova concepção positivista em torno da ciência, a denominada: filosofia histórica da ciência (LEITE, 2017).

A história e filosofia da ciência além de ser um campo de estudo que vem consolidando suas bases teóricas, é uma área que exerce forte influência na didática de ciências, tem a possibilidade de emprego como ferramenta didática ou como um conteúdo propriamente dito (MARTINS, 2007). Portanto, esta área do conhecimento pode ser utilizada como uma ferramenta para a compreensão dos conhecimentos científicos, uma vez que propõe um ensino contextualizado, capaz de promover a formação de um saber verdadeiramente crítico. Para isso, esta metodologia requer a realização de análises históricas e sociais sobre determinada temática (MELO; ROCHA, 2017). Desta forma, a abordagem da HFC contrasta a transmissão unilateral de informações, podendo, inclusive, embasar a educação científica, como defendem muitos pesquisadores. De acordo com Felipe Damasio e Luiz Peduzzi, a educação científica

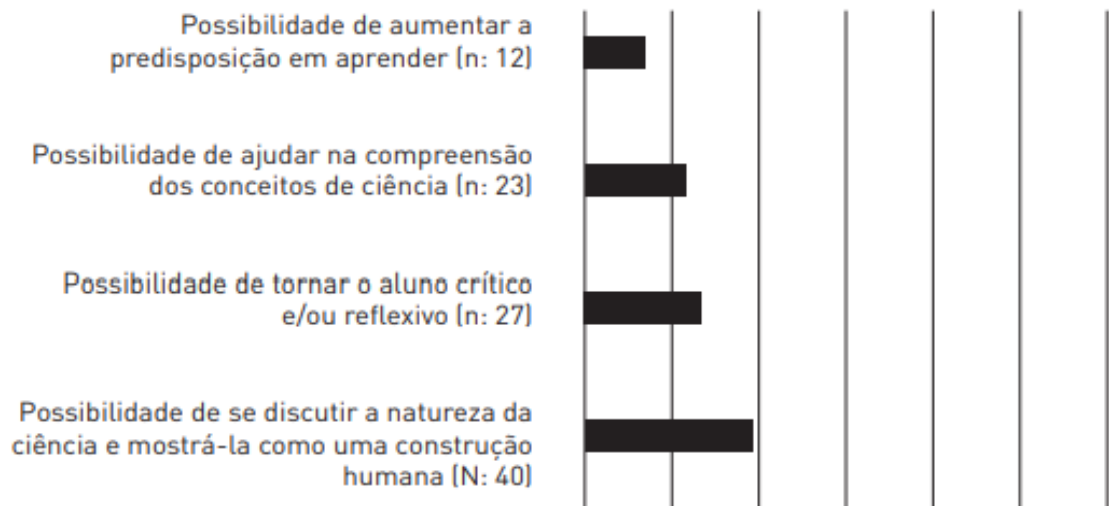
“[...] procura dar meios para que os estudantes possam interpretar o mundo de acordo com o olhar científico, manipulando os conceitos, leis e procedimentos da ciência quando enfrentam algum problema. Ela ainda possibilita que os alunos sejam capazes de identificar aspectos históricos, filosóficos, sociais e culturais das ciências, não requerendo que se ‘coloque o aluno no laboratório’, ou se ‘transformem estudantes em especialistas’, tampouco ‘eduquem o aluno como um pesquisador em potencial’” (DAMASIO; PEDUZZI, 2017, p.3).

Portanto, conforme os autores evidenciam, a história e filosofia da ciência pode possuir uma aplicação didática, e as finalidades de sua implementação podem ser diversas, como: motivar os estudantes em relação à ciência; estimular o desenvolvimento da metacognição, ou mesmo; envolver os estudantes em debates históricos, aprimorando suas habilidades de argumentação para a defesa de seus pontos de vista.

Para Matthews (1994 apud VANNUCCHI; CARVALHO, 1996), as principais contribuições, além da humanização da ciência e do fornecimento de bases para debates educacionais, compreendem o estabelecimento de vínculos entre o pensamento individual e o conhecimento científico; o reforço da interdisciplinaridade entre os tópicos abordados na escola; o auxílio na superação da ideia de que é necessário decorar conteúdos ao invés de

compreender seu significado; a facilitação do entendimento sobre o processo de construção do conhecimento científico; e, através de exercícios com características lógicas e analíticas, estimular o pensamento crítico e o raciocínio. A partir da análise de trabalhos de pós-graduação elaborados entre os anos de 2005 e 2014, Damasio e Peduzzi (2017) encontraram padrões para justificar o uso didático da HFC na educação científica, conforme apresentado no gráfico 1.

**Figura 1.** Aplicações da História e Filosofia da Ciência.



Fonte: Damasio e Peduzzi (2017, p.7).

De acordo com os dados acima, a maior parte dos autores acredita que o maior ganho do emprego da HFC no ensino se constitui no fato de ressaltar que a ciência é uma construção humana, passível de erros. No entanto, os pesquisadores podem optar por diferentes articulações entre os aportes educacionais e filosóficos. Daniel (2011), apresentou a discrepância entre os conhecimentos derivados de ponderações históricas e filosóficas e as concepções prévias dos alunos de um curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina. Segundo o autor, existe a necessidade de processo de desconstrução de pré-concepções dos estudantes, através de um diálogo problematizador capaz de levá-lo à superação da mesma, seguindo os pressupostos da pedagogia Freireana.

Contrapondo esta visão, Teixeira (2010) aborda a história e a filosofia da ciência a partir da ótica sócio-interacionista de Vigotski, a qual propõe o conhecimento como uma construção coletiva. De acordo com Damasio e Peduzzi (2017, p.8) “O estudo oferece uma alternativa de como fazer uso didático da HFC com a perspectiva de propiciar a habilidade dos alunos em construir coletivamente uma argumentação sobre esse assunto”. Embora existam diversas outras maneiras de abordagem da HFC no ensino, evidenciadas por outros autores, todas

objetivam os mesmos fins: esclarecer para os alunos a influência dos meios e recursos envolvidos na constituição das produções científicas, evitando visões distorcidas sobre este processo, e proporcionar a construção efetiva de conhecimentos, baseada na reflexão e criticidade. Além disso, combate o dogmatismo presente nas abordagens dos mais variados temas tratados pelos livros didáticos de ciências (NORATO; PARANHOS, GUIMARÃES, 2022).

#### **2.4. A Epistemologia de Ludwik Fleck**

O filósofo Ludwik Fleck é considerado um dos pioneiros da abordagem construtivista sociológica orientada pela filosofia da ciência, com tendências interacionistas. De acordo com Delizoicov *et al* (1999), sua obra ganhou popularidade após a publicação do livro “A estrutura das revoluções científicas” (1962), por Thomas Kuhn, que mencionou em seu prólogo a influência das produções de Fleck sobre seu trabalho. A abordagem de Fleck sobre a constituição do conhecimento científico se contrapõe à empirista/mecanicista, mencionada anteriormente, retirando de suas produções a ideia de neutralidade e independência do papel do cientista, do objeto e do contexto para a constituição do conhecimento (DELIZOICOV *et al*, 1999).

A obra “A gênese e o desenvolvimento de um fato científico”, de 1935, é considerada a mais famosa do autor. Além de se destinar a um público mais amplo do que apenas os estudiosos da epistemologia da ciência, conta com a descrição minuciosa de suas categorias epistemológicas e marca o estabelecimento de sua linha de pensamento. De acordo com as ideias expostas no livro, a gênese e desenvolvimento de um fato científico podem ser explicados a partir de ideias iniciais existentes sobre um determinado fato e que continuam existindo, mesmo diante de modificações ocorridas ao longo do tempo. Tendo em vista o viés histórico-cultural das observações, elas sempre serão moldadas por concepções anteriores acerca da temática, sendo portanto, um feito coletivo e não individual (PFUETZENREITER, 2002). De acordo com Pfuetzenreiter (2022, p.150), “[...] ele conclui que o pensamento seria formado a partir de uma rede intrincada de ideias estruturadas (op. cit.:61-62). Estas conexões de ideias, ricas em detalhes, garantem a natureza homogênea das opiniões”.

A disseminação do conhecimento para o público geral necessita, de acordo com Fleck, da ponderação entre os diferentes estilos de pensamento. O círculo esotérico, constituído por um grupo de pesquisadores da área, é responsável pelo compartilhamento dos estilos de pensamento, ou seja, pela circulação intracoletiva de ideias. Em contraposição, o círculo

exotérico, composto por um grupo de não-especialistas, recebe os efeitos da circulação intercoletiva de ideias, causadora da popularização, vulgarização e disseminação dos estilos de pensamento (DELIZOICOV, 2004, p.166).

Fleck descreve as conclusões tiradas a partir de observações iniciais feitas pelo sujeito sobre o objeto como conexões ativas (CHICÓRA; AIRES; CAMARGO, 2018). Portanto, tratam-se de inferências inevitáveis diante das características de uma situação dada, de pressupostos históricos e sociais comuns dentro de um coletivo de pensamento. Em contraposição, quando o sujeito elabora interpretações sobre o objeto, esse resultado, conhecido como “realidade objetiva”, é caracterizado como uma conexão passiva. Estas duas formas de conexões, apesar de distintas, se complementam (DELIZOICOV et al, 1999). Desta forma, o processo de construção de conhecimento deriva destas interações entre o sujeito e o objeto.

Conforme citado anteriormente, a produção de conhecimento de uma determinada comunidade é moldada pelo seu estilo de pensamento, que se constitui a partir das condições em que ela está inserida, sejam elas de caráter social, econômico ou político (LÖWY, 1994). Portanto, um fato científico é estabelecido por um pensamento coletivo. Vale destacar que,

“Fleck acreditava que os cientistas que pertencem a diferentes grupos passam por um longo processo de socialização no estilo de pensamento de sua comunidade. Este processo inclui a internalização das normas e dos valores da comunidade e a aquisição de habilidades específicas (que incluem a capacidade de perceber fenômenos específicos)” (FLECK *apud* LOWY, 1994, p.7)

É inevitável a ocorrência de alterações nos estilos de pensamentos ao longo do tempo, tendo em vista a forma como se constituem. No entanto, é possível que algumas concepções sejam mantidas, estas são denominadas, protoideias, e se estabelecem como “esboços evolutivos pré-históricos das teorias atuais”. As protoideias, apesar de possuírem potencial para tal, nem sempre se firmam como um fato científico, e nem todos os fatos científicos se originam das mesmas (DELIZOICOV et al, 1999). Nesse sentido, a ideia construtivista do fato científico, proposta por Fleck, foi revolucionária em muitos sentidos quando se analisa as correntes de pensamento predominantes contemporâneas a ele. Diferentemente das ideias propostas pelos positivistas, de que um fato é apenas um fato, Fleck propunha que fatores históricos levavam à sua gênese e ao seu desenvolvimento ao longo do tempo (JUNGHANS, 2011).

No que diz respeito à textualização da ciência, em seu livro, Fleck propôs quatro categorias. Para este trabalho, a abordagem das categorias “ciência os livros didáticos” e

“ciência popular” são as mais relevantes à análise da divulgação do conhecimento científico. De acordo com Fioresi e Silva (2022),

“Em relação à ciência dos livros didáticos, Fleck não realizou um aprofundamento deste tipo de texto. Todavia enfatiza que, ‘[...] uma vez que a iniciação na ciência ocorre de acordo com métodos pedagógicos particulares, há de se mencionar ainda a ciência dos livros didáticos [...]’ (FLECK, 2010, p. 165). O autor complementa ainda que esse tipo de texto se encarrega do primeiro contato das pessoas com a ciência, com a inserção das primeiras ideias e que não possui a função de formar especialistas, este aspecto caberia à ciência dos manuais. Mesmo não aprofundando as características da ciência dos livros didáticos, Fleck aponta essa textualização como uma das formas sociais da circulação dos tráfegos de pensamento” (FIORESI; SILVA, 2022, p.6-7)

Portanto, a ciência dos livros didáticos não se ocupa especialização dos estudantes, mas introduz a temática em uma linguagem mais acessível e simples do que a acadêmica, utilizada nos trabalhos voltados ao círculo esotérico. Trata-se de uma ciência reconhecida por estudiosos e organizada, especialistas contribuem para a ciência dos livros didáticos e seguem norma e protocolos da comunidade científica. A ciência popular, por sua vez, também envolve a interlocução com a comunidade não-especialista, ou seja, é direcionada ao círculo exotérico, no entanto é produzida fora de instituições oficiais. Esta ciência pode ter influências de crenças e preconceitos populares e pode ser exagerada, mas também possa ser baseada em informações científicas válidas. Os canais que a veiculam podem ser jornais, revistas, internet, programas de televisão, meios de comunicação de massa no geral (FIORESI; SILVA, 2022).

Esses dois tipos de ciências contrapõe a ciência dos manuais, por exemplo, que é elaborada em uma linguagem mais sistemática e impessoal, para o círculo esotérico. Embora Fleck não discorra prolongadamente sobre os livros didáticos, em suas obras há o apontamento de que o conhecimento é construído a partir de um sistema de pensamento compartilhado por uma comunidade científica, influenciado pelo contexto em que se encontram. Diante disso, os livros didáticos podem ser vistos como uma ferramenta de compartilhamento do conhecimento construído por uma determinada comunidade científica para a população. No entanto, o conhecimento é dinâmico e evolui constantemente, por isso é necessária a atualização e revisão regular dos livros didáticos para acompanhar os avanços da ciência e para que isso se reflita no entendimento de mundo da sociedade. A ciência popular ainda, por vezes, pode representar um impacto sobre a educação, tendo em vista sua veiculação em múltiplos canais e disseminação ampla e facilitada. Por fim, cabe ressaltar,

“[...]enfatizamos dessa forma, que a circulação de conhecimentos entre os círculos esotéricos e exotéricos funciona como uma via de mão dupla. Analisando o primeiro deslocamento, do centro esotérico para a periferia exotérica, tem-se o pensamento cada vez mais simplificado, permeado por elementos apodícticos e ilustrativos. Mas esse simplismo não seria algo negativo, mas necessário para configurar um novo tipo de texto e exercer uma função epistemológica específica e complementar na circulação constitutiva dos fatos científicos. O segundo deslocamento, que vai da periferia (ciência popular) para o círculo esotérico, “[...] é visto ora como retroalimentação, ora como fonte. De acordo com Fleck, o saber exotérico, além de servir ao círculo esotérico dos especialistas com base de sua legitimação, fornece-lhe noções e esquemas (linguísticos, perceptuais e mentais) básicos.” (OLIVEIRA, 2012, p. 131 apud FIORESI; SILVA, 2022, p. 12).

É notável, portanto, o impacto pedagógico desse pensamento em relação a concepção tradicional, advinda do período seguinte à revolução industrial. O ensino tradicional, concebe a inteligência do aluno como a capacidade de armazenamento de informações e, conseqüentemente, prevê que o conhecimento apenas é assimilado quando transmitido linearmente do professor para o aluno, o qual atua como um receptor passivo. Embora vise um ensino igualitário e democrático, é possível encontrar uma contradição em sua constituição, uma vez que a educação tradicional recai no elitismo, ao estruturar um sistema em que apenas uma parcela da população consegue chegar ao nível superior de ensino, em instituições universitárias. Apesar dessa tendência de ensino ter se iniciado em meados do século XIX, ainda é predominante em escolas públicas e particulares, no cenário nacional (OLIVEIRA, 2020). É evidente que esta forma de estruturação do ensino se contrapõe ao propósito científico, que é movido pelo questionamento e pelas problematizações (ARAGON; MARTINEZ; GIGLIO, 2016).

Tendo em vista a relevância de um ensino contextualizado e crítico de ciências da natureza, considerando a diversidade de conceitos e abstrações que constituem estas disciplinas, bem como sua importância no cotidiano da comunidade, a construção efetiva de conhecimentos requer uma abordagem ensino diferente da tradicional. Por esse motivo, o presente trabalho pretende analisar o desenvolvimento do conceito "DNA Lixo" a partir da ótica construtivista da epistemologia fleckiana, bem como avaliar de que forma essa temática é tratada nos livros didáticos.

### 3. EVOLUÇÃO DOS CONHECIMENTOS SOBRE AS REGIÕES NÃO CODIFICANTES DO DNA

#### 3.1. Contextualização histórica do conceito de gene

O termo "gene" foi cunhado apenas em 1909. No entanto, antes disso ocorrer, tentativas de explicar os mecanismos relacionados à hereditariedade já haviam resultado na proposição de alguns conceitos. Dentre aqueles que tiveram mais destaque podemos citar: os fatores, as gêmulas e os pangenes, embora tenham existido diversos modelos para explicar a hereditariedade, como "unidades fisiológicas", "idioplasma" e "plasma germinativo", dentro outros (POLIZELLO, 2008).

No ano de 1866, Gregor Mendel publicou seus estudos sobre herança de características discretas em ervilhas. Em seu trabalho, aborda a existência de fatores hereditários que seriam associados às características. Segundo as definições deste conceito proposto por Mendel, os indivíduos teriam apenas dois fatores para cada característica, sendo um deles herdado da mãe e outro do pai. Atualmente, os fatores são conceitualmente equivalentes aos alelos.

Em 1868, Charles Darwin, em seu livro "*The variation of animals and plants under domestication*", desenvolve, em um dos capítulos, sua teoria da hereditariedade conhecida como "pangenes". Segundo o naturalista, as células liberariam grânulos (gêmulas) no sistema, antes de se transformarem em material passivo e, quando esses grânulos estivessem devidamente nutridos, ocorreria um processo de autodivisão. Os agregados de grânulos poderiam ser transmitidos dos parentais para a progênie (ARCANJO; SILVA, 2017). Nesta definição, as gêmulas atuariam como fatores de herança particulada, cada qual responsável pela herança de características específicas das partes somáticas do corpo. Importante destacar, que essa hipótese foi elaborada na tentativa de explicar Herança de Caracteres Adquiridos, teoria proposta por Lamarck.

O termo "gene" foi concebido por Wilhelm Ludwig Johannsen, geneticista dinamarquês, apenas no ano de 1909, conforme citado anteriormente. A partir de então, sua conceituação foi desafiada por diversos achados feitos ao longo do século XX. No entanto, o conceito molecular clássico representa o modo típico de compreensão do gene no pensamento biológico (PITOMBO; ALMEIDA; EL-HANI, 2007). O conceito molecular clássico de gene o define como "um segmento de DNA que codifica um produto funcional", no entanto, alguns estudos experimentais contribuíram para o surgimento de dificuldades nesta concepção. A

repercussão disso se apresentou nas crises sofridas pelo conceito de gene ao longo dos anos (JOAQUIM; EL-HANI, 2010).

Uma definição de destaque seria o conceito de gene publicado nos trabalhos de Johannsen, juntamente com os conceitos de "fenótipo" e "genótipo". Em sua obra, "*The genotype conception of heredity*" (1911), Wilhelm propõe uma concepção mais complexa para a hereditariedade, salientando a simplicidade intrínseca na ideia de simples transmissão de características de ancestrais para seus descendentes. Objetivando ter um conceito mais adequado para expressar sua compreensão sobre a hereditariedade, o geneticista propôs o termo "gene", sem apresentar uma definição estrutural (JUSTINA et al., 2010).

Desde então, o conceito transformou-se à medida que as investigações científicas foram apresentando seus resultados e proporcionando o desenvolvimento de novos saberes. Está além da finalidade do presente trabalho discorrer sobre todos os conceitos de gene que já existiram, porém, é possível salientar alguns dos modelos de função gênica, ressaltados nos estudos de Gericke e Hagberg (2007): o mendeliano, o clássico, o bioquímico clássico, o neoclássico e o moderno (SANTOS, 2008).

Diversos avanços científicos e tecnológicos sucederam a segunda guerra mundial e, dentre as áreas que tiveram significativo desenvolvimento nesta época, está a biologia molecular. Um dos objetivos centrais da biologia molecular compreende o estudo do material genético, sua estrutura, organização e funcionamento. A formação desta área do conhecimento foi proporcionada pela contribuição de estudos de bioquímicos, biofísicos e geneticistas (SILVA; COSTA, 2018). De acordo com Chadarevian (2002),

“Os pesquisadores estavam preocupados em avançar na compreensão de um problema de pesquisa comum: entender os mecanismos de transmissão e expressão da hereditariedade, assim como a organização das proteínas no nível da estrutura molecular das células de seres vivos” (CHADAREVIAN, 2002 apud SILVA; COSTA, 2018).

Consequentemente, com o avanço da biologia molecular e o uso intensivo de tecnologias, característico dessa segunda metade do século XX, os conhecimentos sobre o gene tiveram um grande aprofundamento e, em decorrência deste fato, controvérsias quanto à sua conceituação se tornaram ainda mais marcantes entre a comunidade científica. Refletindo a significativa relevância deste conceito, algumas conquistas foram possibilitadas por esse avanço nas pesquisas, como a proposição do modelo de dupla-hélice do DNA, a realização do Projeto Genoma Humano (PGH) e do Projeto Enciclopédia de Elementos de DNA (ENCODE)

(EVANGELISTA, 2016). A síntese acerca dos acontecimentos do final do século XIX, do século XX e dos modelos de função gênicas propostos pode ser observada na Quadro 1.

**Quadro 1.** Relação entre alguns episódios científicos dos séculos XIX e XX relevantes para a construção do conceito de gene.

(continua)

PERÍODO	EPISÓDIO	CONCEPÇÃO DE GENE EM CADA MODELO DE FUNÇÃO GÊNICA
Final do século XIX e início do século XX	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Publicação dos estudos de Gregor Johann Mendel (1822-1884), sobre características de ervilhas, e proposição do termo "fator" (1886)</li> <li>- Descoberta da meiose por Friedrich Leopold August Weismann (1834-1914) que permitiu entender como as células sexuais são produzidas e como a informação genética é transmitida de uma geração para outra (1887)</li> <li>- Publicação dos trabalhos de Hugo Marie de Vries (1848-1935): proposição da Pangênese Intracelular (1889) com a intenção de combinar a hipótese da pangênese (1868), de Charles Robert Darwin (1809-1882), com os estudos da época (1889)</li> <li>- Descoberta da relação entre cromossomos e a hereditariedade por Walter Stanborough Sutton (1877-1916) e Theodor Heinrich Boveri (1862-1915), culminou na teoria cromossômica da herança. Essa teoria estabeleceu que os cromossomos são os portadores da informação genética e que os genes são as unidades de hereditariedade localizadas nesses cromossomos (1902)</li> </ul>	Gene como unidade de hereditariedade
1909	Proposição de um conceito de gene por Archibald Garrod (1857-1936)	Conceito funcional, gene como unidade diretamente responsável pela síntese de enzimas
1910 - 1930	Proposição do termo "gene", da teoria cromossômica da herança e união das análises de cruzamento de embriologistas e especialistas de citologia e reprodução	Clássico: unidade hereditária de função, passível de recombinação, mutação
1930	A descoberta da recombinação genética durante a meiose por Barbara McClintock (1902-1992) em 1931, mostrou que a herança não se dava apenas de forma linear de um gene a outro, mas que havia também uma interação física entre eles. Isso	Gene como unidade funcional (teoria unifilética do gene)

**Quadro 1.** Relação entre alguns episódios científicos dos séculos XIX e XX relevantes para a construção do conceito de gene.

(continua)

	<p>resultou em uma nova concepção de gene, não mais como uma unidade indivisível, mas como uma entidade que podia ser fracionada em unidades menores que ainda assim preservavam sua função. Essa nova concepção de gene foi consolidada por trabalhos de geneticistas</p>	
1940 - 1950	<p>- Descoberta da recombinação intragênica e ampliação da compreensão de reações bioquímicas;</p> <p>- Em 1953, com a descrição da estrutura tridimensional do DNA, realizada por James Dewey Watson e Francis Harry Compton Crick (1916-2004), foi possível entender como a informação genética é transmitida e armazenada.</p>	<p>Bioquímico-clássico: unidade produtora de enzimas, responsáveis pela determinação de características.</p> <p>Gene como unidade de informação (teoria da informação genética). As sequências de bases nitrogenadas fornecem informações para a síntese de proteínas.</p>
1958	<p>Proposição do modelo de dupla hélice e do Dogma Central da Biologia Molecular postulado por Francis Crick</p>	<p>Neoclássico: unidade de estrutura, função e informação, constituída por segmento contínuo de bases codificantes</p>
1961	<p>Proposição do modelo operon <i>lac</i>, por Jacques Lucien Monod (1910-1976) e François Jacob (1920-2013): substituição da ideia de que os genes simplesmente agiam para a noção de que precisam ser ativados para tal; distinção entre genes estruturais e regulatórios</p>	<p>Genes como unidades interativas, que atuam em conjunto para realizar uma função específica</p>
1970 - 1980	<p>Desenvolvimento da biologia molecular com descrição de genes repetidos, regiões promotoras, splicing alternativo, dentre outras</p>	<p>Moderno: sequência linear de DNA que atua de diversas formas no desenvolvimento, sendo que cada gene pode estar associado a mais de um fenótipo</p>
1990	<p>Diversos cientistas propuseram os genes como unidades hereditárias sobre as quais a evolução atua diretamente. A ideia se popularizou pelo livro “O Gene Egoísta” (1976) de Clinton Richard Dawkins (1941)</p>	<p>Gene como unidade evolutiva</p>
1990	<p>Tentativa de Thomas Fogle de propor modelos de gene que superem as crises evidentes:</p> <p>- Modelo A: fazem parte do gene, além das regiões codificantes, “promotores, enhancers, silenciadores, terminadores e reguladores, entre outros” – dificuldade: há sequências importantes que ficam distantes das sequências transcritas (superposição</p>	<p>- Modelo A: gene contempla regiões transcritas e regiões importantes para a transcrição</p> <p>- Modelo B: gene como unidade que possui como limites estruturais as regiões de transcrição</p> <p>- Modelo C: gene como uma unidade, estruturada por éxons</p> <p>- Modelo D: gene como unidade que</p>

**Quadro 1.** Relação entre alguns episódios científicos dos séculos XIX e XX relevantes para a construção do conceito de gene.

		(conclusão)
	<p>considerável de genes)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo B: o gene contempla as sequências transcritas e estas resultam em na síntese de polipetídeos – dificuldade: através de combinações diferentes, transcritos podem gerar mais de uma unidade de informação</li> <li>- Modelo C: gene como uma unidade, considerando os éxons como subunidades estruturais no genoma – dificuldade: há diferenças entre os transcritos devido ao processo de splicing</li> <li>- Modelo D: considera exclusivamente as regiões codificantes (éxons) como componentes do gene – dificuldade: splicing afeta os éxons, gerando produtos multifuncionais</li> </ul>	compreende apenas as regiões codificantes de proteínas
1992	Publicação dos trabalhos de Pardini e Guimarães	“o gene é uma combinação de (uma ou mais) sequências de ácidos nucleicos (DNA ou RNA), definido pelo sistema (a célula inteira, interagindo com o ambiente) que corresponde a um produto (RNA ou polipeptídeo)” (PARDINI, GUIMARÃES, 1992 apud JOAQUIM; EI-HANI, 2010)
1999	Proposição do modelo molecular processual do gene, por Paul Griffiths e Eva Neumann-Held	Gene como um processo repetitivo cujo produto é a expressão regulada de um determinado polipeptídeo
2005	Proposição de um novo olhar sobre o gene por Evelyn Fox Keller com o intuito de compreender as complexas redes de informação das células	Propõe que o conceito de gene seja compreendido como um verbo ao invés de substantivo. Contrapondo a visão como unidades isoladas, os genes podem ser compreendidos como parte de um sistema mais amplo de uma rede de informações
2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desdobramentos do Projeto ENCODE tiveram reflexos na forma de compreensão do gene, Gerstein e colaboradores propuseram um modelo – dificuldade: não discorre sobre aspectos regulatórios</li> <li>- Scherrer e Jost realizam uma análise do conceito proposto por Gerstein <i>et al</i> e propõe um outro conceito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gene como conjunto de sequências genômica capazes de codificar produtos funcionais, sejam elas de RNA ou proteínas, separadamente</li> <li>- Gene como trecho de ácido nucleico contínuo, da sequência codificante no RNA mensageiro, capaz de codificar produto funcional</li> </ul>

Fonte: elaboração própria baseada nos dados dos trabalhos de Santos (2008), Portin (1993), Joaquim e El-Hani (2010); Lupski e Stankiewicz (2014); Lewin (2004) Dawkins (1976); Jaenisch e Bird (2003); Aguiar (2021); Crick (1970).

A partir da análise da tabela, podemos concluir que no período entre o final do século XIX até o início do século XX, a concepção predominante de gene era como uma unidade de hereditariedade e, em seguida, as descobertas da biologia molecular possibilitaram o

desdobramento de uma série de ângulos sobre os quais a temática foi analisada e, conseqüentemente, a emergência de diferentes conceitos. Apesar de acontecimentos específicos terem sido o estopim para as modificações no conceito de gene, muitos fatores corroboraram para que isso ocorresse, como por exemplo: a ocorrência da regulação gênica, e o fato de que o DNA possui regiões regulatórias que não são traduzidas; a existência de genes com quadros de leitura sobrepostos; a possibilidade de modificação da estrutura proteica; os retrogenes (JOAQUIM; EL-HANI, 2010); os múltiplos locais de poliadenilação e; a possibilidade de edição do transcrito primário (PORTIN, 1993).

No entanto, mesmo diante de diversas dificuldades na conceituação do gene, emergentes no século XX, o projeto "ENCODE", fundado no início do século XXI, ainda apresentava, no site oficial, uma definição baseada no conceito molecular clássico (JOAQUIM; EL-HANI, 2010). De acordo com Santos (2008), este conceito estaria localizado no modelo de função gênica neoclássica. Isso demonstra os esforços para manter a unidade na representação do gene, apesar das divergências nas definições adotadas por acadêmicos de diferentes áreas (JOAQUIM; EL-HANI, 2010). Atualmente, o conceito de gene é considerado polissêmico (JUSTINA et al., 2010), no entanto, ele também é atribuído à “[...] regiões regulatórias e trechos transcritos de RNAs não codificantes” (ALMEIDA; TSCHOEKE; FONSECA, 2019). Embora este não seja um consenso entre os pesquisadores, tendo em vista que algumas visões destoam desta de que o gene compreende regiões regulatórias essenciais à sua expressão, devido à existência de muitos elementos reguladores distintos que se combinam (SOLHA, 2005).

Atualmente, independente da concepção de gene defendida e do fato de compreenderem ou não as regiões não codificantes de proteínas como parte dele, é consensual entre os cientistas a funcionalidade das mesmas. De acordo com D’Lima (2016), por exemplo, um smORF (short opening reading frames, também denominados como microgenes), listado como um gene não-codificante, é responsável pela produção de uma microproteína funcional no organismo humano. Embora não se saiba quantos dos smORFs atualmente conhecidos são operantes, esta evidência já enfraquece a ideia de que a região dos íntrons não possui funcionalidade. Mesa (2023) produziu o artigo “Humans Are Still Evolving Thanks to Microgenes”, na qual discorre sobre a contínua produção de genes pelos humanos. Inclusive, o estudo aponta a existência de genes específicos de humanos, que podem não ter sido descobertos anteriormente devido ao seu tamanho reduzido em comparação com os conhecidos atualmente. Estes microgenes compõem, não exclusivamente, o que antes era denominado como DNA “lixo”. Contrapondo essa classificação, estudos mais recentes publicados indicam que a remoção de smORFs pode

prejudicar o desenvolvimento celular, evidenciando a sua importância ainda em descoberta nos dias de hoje (MESA, 2023).

Tendo em vista todos esses desdobramentos acerca do DNA não-codificante, o dogma central da biologia molecular ficou obsoleto, uma vez que o sentido “DNA → RNA → proteína” não é o único meio de geração de informações essenciais para o desenvolvimento e manutenção do organismo (ALVES, 2016).

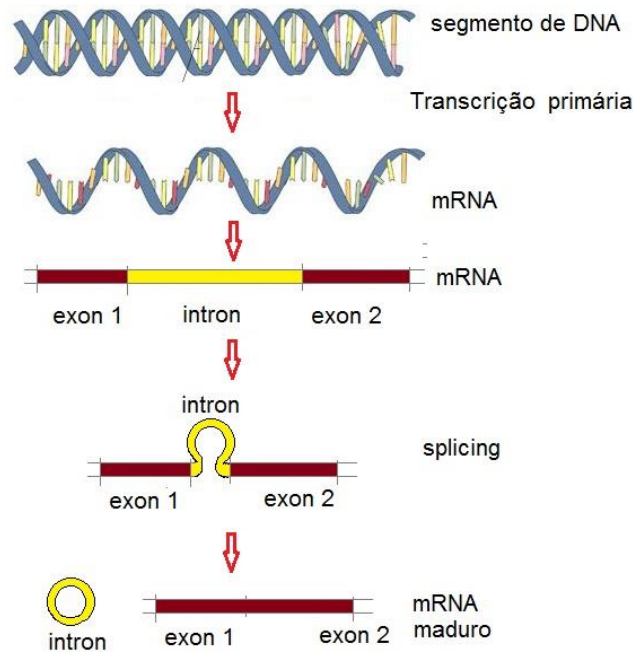
### 3.2. O conceito de DNA “lixo” e seus desdobramentos

Historicamente, a maior porção do genoma humano recebeu a questionável denominação de DNA “lixo”, decorrente do fato de estimativas apontarem que apenas 10% do material genético era considerado funcional. Sendo assim, o restante do material genético não apresentaria uma função biológica ou não possuiria atividades esclarecidas. Isso, por muito tempo, resultou na presunção de que essa porção significativa era ausente de valor adaptativo, ou vestigial (ALMEIDA; TSCHOEKE; FONSECA, 2019). Atualmente, há um consenso de que cerca de 90% do genoma é transcrito, no entanto, pouco menos de 2% dos genes codificam proteínas (DOBLER, 2015). O aprimoramento das tecnologias de sequenciamento, nesse sentido, se apresentou como fundamental para a descoberta do que Shendure e colaboradores (2017 apud ALMEIDA; TSCHOEKE; FONSECA, 2019, p.81) chamaram de “‘submundos’ genômicos inexplorados”.

O termo DNA “lixo” foi estabelecido em 1972, quando o biólogo Susumu Ohno, utilizou o termo para se referir à pseudogenes não codificantes de proteínas no Simpósio de Biologia de Brookhaven. Em pouco tempo a terminologia foi atribuída a todas as regiões não codificantes. Essa nomenclatura, juntamente com o paradigma de que cada gene deve produzir uma proteína e de que elas eram centrais às atividades moleculares dos organismos, contribuíram para que o estudo dessas regiões fosse visto como pouco interessante aos estudiosos da área (ALVES, 2016). Em 1977, houve a proposição de que os segmentos codificantes que se dispõem ao longo da sequência de DNA são intercaladas com íntrons, denominação atribuída por Walter Gilbert, em 1978, às regiões não codificantes de DNA. Durante o processo de transcrição os íntrons são removidos no processo de *splicing*, e os éxons originam uma molécula de RNA que será transcrita em proteínas (figura 2) (SOLHA, 2005). Existe ainda um processo denominado “*splicing* alternativo” um tipo de *splicing* que resulta em diferentes isoformas de RNA mensageiro a partir do mesmo gene, através do embaralhamento

dos éxons (AZEVEDO, 2021). Esse processo já representa uma necessidade de modificação da concepção de gene proposta no “Dogma Central da Biologia Molecular”, pois sugere que um mesmo gene pode originar múltiplas proteínas diferentes.

**Figura 2.** Processo de splicing, em que há a remoção de íntrons de uma sequência



Fonte: MORAIS, 2016.

Na contemporaneidade, a importância das regiões não codificantes é amplamente reconhecida, com destaque aos genes de ncRNA (RNA não-codificante), devido à elucidação de parte da função dessas moléculas a partir do avanço da biotecnologia (ALVES, 2016). Além disso, muitos outros elementos que antes eram considerados parte do DNA lixo vem sendo estudados, como:

“[...] regiões de heterocromatina; zonas repetitivas; elementos de transposição; zonas intrônicas; regiões regulatórias como enhancers, promotores e silenciadores (silencers); genes em sobreposição; pseudogenes e; mais recentemente, genes de smORFs codificantes” (ALMEIDA; TSCHOEKE; FONSECA, 2019, p.83).

Os ncRNAs estão envolvidos em múltiplos processos moleculares como, ativação de fatores de transcrição, silenciamento gênico, modulação de splicing alternativo, possuem relação com o aparecimento e desenvolvimento de tumores, regulação epigenética e regulação pós transcricional (ALMEIDA; TSCHOEKE; FONSECA, 2019). Portanto, é evidente, a partir dos conhecimentos existentes hoje em dia, a importância de ao menos uma parte das regiões não codificantes.

No livro “Why Evolution is True?”, publicado em 2009, Jerry Coyne realiza uma argumentação para a comprovação de que a evolução acontece seguindo a seguinte linha: quando características se tornam obsoletas, os genes não desaparecem imediatamente do genoma. Sendo assim, diversos genes silenciados ou “mortos” compõem o material genético de diversas espécies (COYNE, 2009). Desta forma, é possível notar em suas alegações, uma tentativa de justificar a ocorrência da evolução - a partir de genes vestigiais - e da existência de DNA não-codificante (íntrons). No entanto, seu discurso reforça a ideia da existência de porções do genoma que são inúteis aos organismos atuais, podendo ser consideradas ausentes de valor adaptativo por terem perdido sua funcionalidade em decorrência de mutações ocorridas ao acaso.

Após uma década do início do projeto ENCODE, as resoluções deste estudo proporcionaram uma transformação da biologia evolutiva, a partir da informação de que 80,4% do genoma possuía informações bioquímicas relevantes, fato que descredibiliza o argumento vestigial proposto por Coyne. De acordo com John Mattick,

“[...] o RNA não-codificador de proteínas – até há pouco tempo conhecido como “DNA lixo” – tem um papel regulatório tão importante que pode ser comparado a um software que controla todo o sistema dos organismos complexos” (MATTICK apud CASTRO, 2010).

Por esse motivo, atualmente, o conceito de gene pode ser concebido como uma unidade funcional de informação genética, que geralmente inclui sequências de DNA que codificam proteínas ou moléculas de RNA, mas também pode ser ampliado para incorporar regiões não codificadoras envolvidas na regulação da expressão gênica. As regiões não codificadoras do DNA incluem promotores, regiões reguladoras, regiões intrônicas e sequências intergênicas. Essas regiões desempenham um papel fundamental na regulação da expressão gênica, controlando quando e onde um gene é ativado ou desativado. Os promotores, por exemplo, são regiões não codificadoras do DNA que se ligam a proteínas que recrutam a maquinaria celular para iniciar a transcrição de um gene. Além disso, conforme mencionado anteriormente, descobertas recentes mostram que o RNA não-codificador também pode desempenhar funções regulatórias importantes. Portanto, é cada vez mais reconhecido que a definição de gene deve incluir não apenas sequências codificadoras de proteínas ou RNA, mas também regiões não codificadoras envolvidas na regulação da expressão gênica (ALBERTS; et al, 2016).

### 3.3. Regiões não codificantes e a epigenética

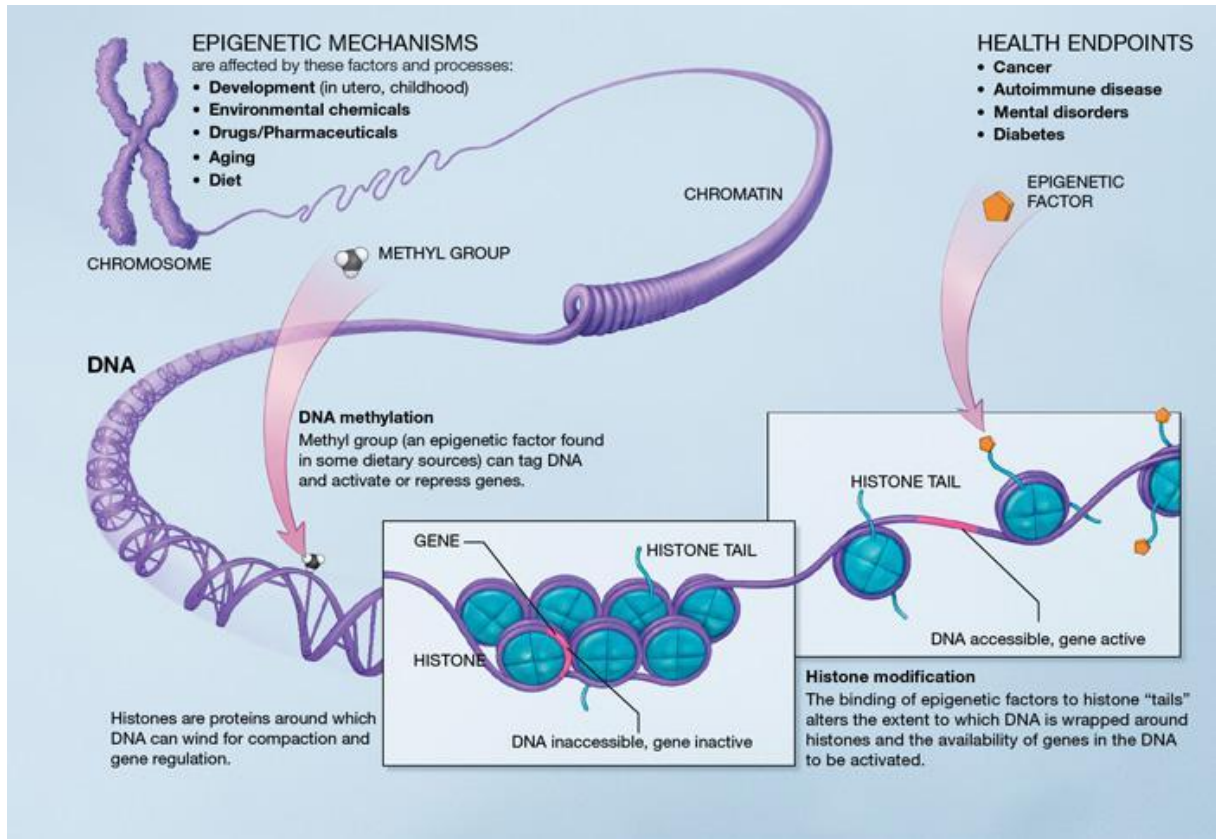
Em um mesmo organismo, existem diversos tipos de células, como células musculares, células da pele, neurônios, dentre outros. Todas elas são provenientes da mesma sequência de DNA, ou seja, possuem o mesmo genoma. Desta forma, o processo de diferenciação celular possibilita que tenham diferentes formas e funções, e mantenham estas características durante a divisão celular, garantindo a manutenção de um mesmo fenótipo independentemente de modificações químicas que possam vir a alterar sua expressão ou da sequência do DNA. De acordo com Maia (2020),

“Essas modificações químicas que ocorrem no genoma da célula em resposta ao meio ambiente e a processos patológicos, e que não alteram a molécula do DNA, são estáveis e transmitidas por meio de divisões celulares mitose e meiose, podendo ser esclarecidas pelos estudos dos mecanismos epigenéticos” (MAIA, 2020, p.10).

Anos após o descrédito à teoria lamarckista por uma parcela significativa da comunidade científica, emerge a área da epigenética (termo cunhado pelo biólogo Waddington, em 1942), que retoma a ideia de que hábitos de vida, bem como estímulos externos provenientes do ambiente, são capazes de gerar alterações herdáveis pelas próximas gerações (ARCANJO; SILVA, 2014).

Este potencial ambiental de proporcionar modificações do epigenoma é um dos principais fatores que tornam relevante o estudo destas regiões não codificantes. Em uma imagem de domínio público, divulgada pelo National institutes of Health (figura 2) há uma sistematização acerca da temática “epigenética”, conforme é possível verificar abaixo:

**Figura 3.** Impactos dos mecanismos epigenéticos e processos que os afetam



Fonte: National Institutes of Health/ domínio público.

Na imagem, é possível verificar algumas informações importantes, por exemplo, de fatores que afetam os mecanismos epigenéticos. São eles: desenvolvimento (no útero, na infância); químicos ambientais; drogas e farmacêuticos; envelhecimento e; dieta. Esses fatores podem desencadear dois mecanismos principais de modificações epigenéticas: a metilação do DNA e a modificação de histonas. Portanto, os hábitos de vida e o ambiente em que se está inserido, possuem impactos significativos sobre o epigenoma, designação atribuída às informações que não estão associadas às sequências de bases do DNA. Seria de extrema relevância aos alunos o conhecimento de processos como este, tendo em vista a possibilidade de reflexão sobre a temática e de acesso a ferramentas para repensar suas práticas cotidianas. O epigenoma tem relação com diversas doenças significativas que acometem o organismo humano, como câncer, obesidade, degenerações neurológicas, dentre outras.

A partir da conclusão proveniente do Projeto Genoma Humano, de que a maior parte de um gene não possui a função de codificação de proteínas, os fatos corroboram para a inferência de que as regiões não codificantes atuam na coordenação das sequências codificantes. O epigenoma atua na regulação da expressão gênica, possuindo como consequência a eventual

ativação e desativação de genes de um organismo, entre outras funções. Essas mutações epigenéticas como são nomeadas, podem ser transmitidas aos descendentes, e vêm sendo amplamente estudadas pelo Projeto Epigenoma Humano (SILVA; DUARTE, 2016).

O livro “Evolução em 4 Dimensões”, de Eva Jablonska e Marion Lamb, aborda no capítulo “Os Sistemas de Herança Epigenéticos” as evidências de que a epigenética possui um importante papel na herança de características adquiridas. Além disso, discutem como a dieta materna e a exposição a toxinas pode modificar a expressão gênica nas gerações futuras. Em seguida, há abordagem do conceito de “herança flexível”, que faz referência à capacidade dos organismos de ajuste de resposta a estímulos ambientais, através da modificação fenotípica. As autoras argumentam sobre a importância deste tipo de herança para que os organismos se adaptem em ambientes com constante mudança. Ao final do capítulo, é ressaltada a relevância da epigenética para a evolução, incluindo transmissão de informações sobre o ambiente para a próxima geração, a criação de variação fenotípica que pode ser selecionada e a facilitação da evolução de traços complexos.

A obra mencionada expõe diversas informações relevantes sobre a epigenética. No capítulo “Dimensões complementares – os genes e os sistemas epigenéticos” apresenta uma discussão sobre como as informações presentes nos genes e os sistemas epigenéticos interagem e se complementam na evolução dos seres vivos. Por fim, enfatizam a relevância do estudo dos genes e sistemas epigenéticos para a evolução dos seres vivos, ressaltando que a evolução não pode ser resumida apenas à atuação da seleção natural sobre as variações genéticas.

A ideia de transmissão hereditária de caracteres adquiridos remete, universalmente, às concepções de evolução propostas e propagadas pelo biólogo evolucionista Jean-Baptiste de Lamarck, e até mesmo Darwin, cujas teorias são mais aceitas atualmente, buscou explicar o fato em seus escritos, mencionando as atividades de gêmulas que seriam produzidas ao longo da vida e poderiam ser herdadas e expressas pela prole. Apesar de se tratarem de inferências repletas de falhas, foram previsões avançadas tendo em vista as ferramentas disponíveis na época de suas formulações (ARCANJO; SILVA, 2014). Atualmente, o artigo “Soft inheritance: challenging the modern synthesis”, também de Jablonka e Lamb (2008) discute esta ideia, afirmando que a mesma pode desempenhar um importante papel na evolução, mesmo que por um período a teoria científica predominante no campo da evolução tenha rejeitado essa ideia. Nesse artigo, o conceito “soft inheritance” é utilizado para descrever a forma como as informações ambientais podem ser transmitidas de uma geração para outra através dos

processos epigenéticos. A herança soft, por contemplar mudanças hereditárias não relacionadas a alterações na sequência do DNA, pode incluir mudanças na estrutura de cromatina, metilação do DNA e outras modificações. Embora esse tipo de herança explique a transmissão de algumas características adquiridas, é sabido que sua contribuição à variação fenotípica é limitada e está longe de ser o mecanismo predominante.

Atualmente, a ideia de que há porções do gene que não codificam proteínas e apresentam funções catalíticas e estruturais, além de regulatórias, é amplamente aceita e vem sendo estudada e analisada por especialistas (SOLHA, 2005). Há estudos que objetivam avaliar a capacidade de alteração do epigenoma ao longo do tempo por distintos fatores. Existem pesquisas, por exemplo, que objetivam analisar a influência da fumaça do cigarro no epigenoma. A conclusão da maior parte desses estudos é de que existe uma relação entre os hábitos de fumo e o câncer, que podem ter um mecanismo epigenético associado. De acordo com Oliveira<sup>2</sup> (2011), mutações epigenéticas atuam como marcadores para diversos tipos de câncer e os estudos demonstraram que o hábito de fumar pode ocasionar alterações epigenéticas em genes supressores tumorais, até mesmo em órgãos não expostos diretamente.

É necessário ressaltar, no entanto, que essas alterações de caráter epigenético podem ser reversíveis, tendo em vista que a sequência de bases nitrogenadas do DNA não se altera. Ou seja, enquanto o genoma é estável, o epigenoma é dinâmico, e seu efeito pode durar apenas algumas gerações. As marcas epigenéticas, são decorrentes de modificações na cauda de histonas e em nucleotídeos da molécula do DNA. Esse conjunto de marcas epigenéticas, que formam o epigenoma, regulam a transcrição de RNA, possuindo a capacidade de estimular ou impedir que ela ocorra. Um exemplo que ilustra bem a atividade das marcas epigenéticas, a influência da interação entre o ambiente e o genótipo, é o caso de gêmeos monozigóticos. Ainda que diante de um genoma idêntico, suas experiências ao longo da vida podem proporcionar respostas distintas do organismo, como aparecimento de quadros ansiosos, depressivos, diabéticos, entre outros (MAIA; SILVA, 2020). Embora seja importante ressaltar que a epigenética não é o único mecanismo pelo qual surgem estas diferenças, as alterações fenotípicas são resultantes de aspectos complexos, advindos de estímulos do ambiente, do genótipo e da interação entre a base genética e os fatores ambientais, não há linearidade acerca da resposta de alguns genótipos à variação ambiental (GOTTILIEB, et al, 2007).

#### 4. METODOLOGIA

No presente trabalho foi realizada uma pesquisa qualitativa, com análise documental (livros didáticos). A pesquisa qualitativa, com seu enfoque interpretativo, é uma alternativa interessante para estudos investigativos na área da educação (TEIS; TEIS, 2006), capaz de proporcionar reflexões mais abrangentes sobre um determinado eixo temático. As características da pesquisa qualitativa são:

“[...] objetivação do fenômeno, hierarquização das ações de *descrever*, *compreender*, *explicar*, precisão das ações entre o global e o local em determinado fenômeno; observância das diferenças entre o mundo social e o mundo natural; respeito ao caráter interativo entre os objetivos buscados pelos investigadores, suas orientações teóricas e seus dados empíricos; busca de resultados mais fidedignos possíveis; oposição ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências” (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009, p.32).

Este tipo de investigação se configura pela busca da compreensão da natureza das coisas e dos motivos que corroboram para a visão que se tem delas (SILVEIRA; CÓRDOVA, 2009).

Por sua vez, a análise documental é uma técnica de coleta de dados comumente utilizada em pesquisas qualitativas, que consiste na análise sistemática de relatórios, artigos, livros, documentos escritos no geral, capazes de contribuir com a compreensão de um tema em estudo. O objetivo é identificar informações relevantes e padrões emergentes a partir dos dados. Para sua execução, é importante que o pesquisador defina critérios de seleção, análise e interpretação dos dados, além de reconhecer limitações no material para garantir dados fidedignos (MINAYO, 2010).

Para obtenção dos dados empíricos foram analisados cinco livros didáticos recomendados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) (Quadro 2). Cabe ressaltar que, embora o programa seja importante para o acesso à educação e leitura, as escolas públicas não precisam, necessariamente, fazer uso exclusivo destes livros, é possível optar pelo complemento com outros recursos didáticos de acordo com as necessidades específicas ou o projeto pedagógico da instituição. Os parâmetros utilizados para análise dos livros foram: 1) a presença ou ausência do conceito "DNA lixo"; 2) presença de contextualização histórica da temática e; 3) presença de inconsistências históricas, levando em consideração a formação sociocultural do conhecimento. Para a análise epistemológica, as seguintes categorias foram estabelecidas, com base no pensamento de Ludwick Fleck, sendo elas: 1) estilo de pensamento; 2) harmonia das ilusões; 3) circulação intracoletiva de ideias; 4) circulação intercoletiva de ideias.

**Quadro 2.** Livros didáticos selecionados para a análise.

<b>LIVRO (ANO DE PUBLICAÇÃO)</b>	<b>EDITORA</b>	<b>VOLUME</b>	<b>QTD. PÁGINAS</b>	<b>AUTOR (ES)</b>	<b>PNLD</b>
LIVRO 1: CIÊNCIAS DA NATUREZA - MUNDO TECNOLÓGICO E CIÊNCIAS APLICADAS (2020)	MODERNA	6	284	LOPES E ROSSO	2021
LIVRO 2: BIOLOGIA HOJE (2016)	ÁTICA	1	288	LINHARES, GEWANDSZNAJDER E PACCA	2018
LIVRO 3: BIO (2016)	SARAIVA	3	288	ROSSO E LOPES	2018
LIVRO 4: BIOLOGIA (2016)	SARAIVA	3	288	CALDINI, CÉSAR, SEZAR	2018
LIVRO 5: BIOLOGIA MODERNA (2016)	MODERNA	3	355	AMABIS E MARTHO	2018

Fonte: elaboração própria.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Resultados das análises dos livros didáticos

Na Quadro 3 estão detalhados os resultados obtidos na análise documental.

**Quadro 3.** Análise dos livros didáticos selecionados.

(continua)

LIVRO (página)	Presença ou ausência do conceito "DNA lixo" ou "regiões não codificadoras"	Presença de contextualização histórica da temática	Presença de inconsistências históricas, levando em consideração a formação sociocultural do conhecimento	Descrição da abordagem
Lopes e Rosso (2020) - páginas 16 e 119	Sim. A expressão "DNA 'lixo'" é mencionada.	Não. Há uma breve contextualização sobre o motivo destas regiões terem sido denominadas de DNA "lixo" antigamente. No entanto, não há menção sobre o que descredibilizou esta ideia, nem sobre os contextos sociais, econômicos ou políticos em que essas modificações ocorreram.	Não. A contextualização, apesar de sucinta, contempla a concepção atual sobre a temática.	Este livro aborda a existência das regiões não codificantes e menciona sua denominação anterior como DNA "lixo". Feito isso, introduz informações sobre quais são as funções atualmente conhecidas, relacionadas ao DNA não-codificante de proteínas.
Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2016) - páginas 125 e 336	Não há menção ao termo "DNA 'lixo'".	Não. Apenas é mencionado que existem porções de DNA não codificantes e que ainda há dúvidas quanto a sua função.	Não. Apenas há menção à concepção atual sobre a temática.	A abordagem da região não codificante é feita em menos de 5 linhas. Não há aprofundamento, apenas menção de que ela possui alguns papéis relevantes no organismo.

**Quadro 3.** Análise dos livros didáticos selecionados.

(continua)

Rosso e Lopes (2016) - página 124	Sim. A expressão “DNA ‘lixo’” é mencionada.	Não. Há uma breve contextualização sobre o motivo destas regiões terem sido denominadas de DNA “lixo” antigamente. No entanto, não há menção sobre o que descredibilizou esta ideia, nem sobre os contextos sociais, econômicos ou políticos em que essas modificações ocorreram.	Não. A contextualização, apesar de sucinta, contempla a concepção atual sobre a temática.	A obra aborda a existência das regiões não codificantes e menciona sua obsoleta denominação anterior como DNA “lixo” em poucas linhas. Feito isso, introduz informações sobre quais são as funcionalidades atualmente atribuídas ao DNA não-codificante de proteínas.
Caldini, César e Sezar (2016) - páginas 53 e 54	Sim. A expressão “DNA ‘lixo’” é mencionada.	Não. Há uma breve contextualização sobre o motivo destas regiões terem sido denominadas de DNA “lixo” antigamente. No entanto, não há menção sobre o que descredibilizou esta ideia, nem sobre os contextos sociais, econômicos ou políticos em que essas modificações ocorreram.	Não. A contextualização, apesar de sucinta, contempla a concepção atual sobre a temática.	Neste livro, a abordagem é um pouco mais completa, contemplando os momentos em que a mudança na nomenclatura do termo começou a ocorrer e discorrendo sobre as funções dessas sequências não codificadoras. No entanto, não há contextualização histórica.
Amabis e Martho (2016) - páginas 78 e 79	Não há menção ao termo “DNA ‘lixo’”.	Não há contextualização da temática, apenas é citada a existência de porções que não	Sim. Devido à breve citação de regiões não codificantes de proteínas, não há contextualização de	A abordagem do livro contempla a crise no conceito de gene, mas não entra em detalhes sobre as regiões não

**Quadro 3.** Análise dos livros didáticos selecionados.

		codificam proteínas.	qualquer natureza. No entanto, há uma analogia às regiões não codificantes com “trechos sem significado” de escrita.	(conclusão) codificantes. Estas são apenas citadas brevemente e o conceito não é desenvolvido.
--	--	----------------------	--	---

Fonte: elaboração própria.

Conforme é possível visualizar na Quadro 3, nenhum dos livros selecionados aborda as sequências não codificadoras de proteínas contemplando o contexto histórico da temática. Embora os livros de Lopes e Rosso (2020), Rosso e Lopes (2016) e Caldini, César e Sezar (2016), realizem uma breve descrição sobre a temática, o fazem de maneira incompleta. Há apenas a exposição direta de fatos, ausente de uma contextualização sobre os avanços biotecnológicos que proporcionaram os conhecimentos que se possui hoje acerca do assunto. Além disso, não há nenhuma menção à epigenética ou aos seus efeitos na hereditariedade. Os livros de Linhares, Gewandsznajder e Pacca (2016) e Amabis e Martho (2016), nem mesmo citam a nomenclatura “DNA ‘lixo’”, apesar de mencionar a existência das regiões não codificantes, não há discussão sobre as controvérsias que permearam o assunto.

O livro "Ciências da Natureza - Mundo Tecnológico e Ciências Aplicadas" (2020), de Lopes e Rosso, dentre os analisados, é um dos que mais desenvolve o tema em questão, acompanhado pela obra "Biologia" (2016) de Caldini, César e Sezar, e também o mais recentemente produzido. Há um tópico destinado ao “DNA não codificante”, no qual é citada a antiga nomenclatura dessas regiões como “DNA lixo” e são listadas as funções atualmente descobertas sobre as mesmas. Embora seja o livro mais detalhado entre os selecionados, a descrição é breve. No final da obra, há também uma menção de que sequências STRs (short tandem repeats), utilizadas em métodos de identificação de pessoas por DNA, também se encontram nas regiões não codificantes. Em contraposição, o livro que menos desenvolve a temática, é o “Biologia Moderna” (2016), de Amabis e Martho. É realizada uma analogia entre introns e trechos desconexos de escrita que devem ser eliminados para a compreensão de uma sentença. Isso transmite a ideia de que as sequências são ausentes de funcionalidades, contradizendo as descobertas recentes que contemplam uma diversidade de atividades desempenhadas pelas regiões não codificantes.

A partir de uma perspectiva macroscópica, as abordagens nos livros são controversas ao fato de que o DNA não-codificante é ausente de funções biológicas, fornecendo, portanto, uma concepção atualizada. A maioria obras analisadas cita as funções que atualmente podem estar associadas a essas regiões, porém nenhuma fornece informações sobre os contextos que levaram aos conhecimentos atuais sobre a temática. É possível afirmar que, no que diz respeito à contextualização histórica,

“[...] o processo de ensino de um conteúdo científico pode beneficiar-se de uma contextualização para além de mencionar datas, cientistas e acontecimentos. A discussão de um contexto histórico em sala de aula não procura apresentar apenas a história dos vencedores, mas aborda as controvérsias, as idas e vindas e as trajetórias do desenvolvimento científico. Esses aspectos permitem que os estudantes compreendam as dificuldades, os obstáculos e os contextos culturais, filosóficos, tecnológicos etc., e podem interpretar a ciência como uma atividade humana realizada por homens e mulheres que apontam problemas e respostas em cada época, além de auxiliar na superação de dificuldades de aprendizagem” (HODSON, 2009; KRAGH, 1989; MATTHEWS, 2015; GIL-PÉREZ et al., 2001; SILVA, 2006; ALLCHIN, 2013; apud SOUZA, SILVA, TEIXEIRA, 2020, p.24).

Autores como Coelho e Marques (2007 p.10 apud FERNANDES, MARQUES e DELIZOICOV, 2016) utilizando a perspectiva de Paulo Freire sobre a educação como referencial, afirmam que a contextualização é um instrumento fundamental para uma educação transformadora. Portanto, a necessidade da contextualização histórica, contemplando aspectos sociais, políticos e econômicos em que a ciência se constitui é notável, principalmente para as discussões dos campos da HFC e da epistemologia da ciência. Esse instrumento é capaz de tornar as aulas mais desafiadoras e reflexivas, estimulando o desenvolvimento crítico e promovendo melhor compreensão dos temas estudados, a partir da ideia de que a ciência é mutável e dinâmica e tem relação com a sociedade e as tecnologias disponíveis (SOUSA, COSTA, SGARBI, 2022).

Portanto, em uma abordagem que faz uso da HFC como estratégia metodológica de ensino, o educador precisará recorrer a outros recursos didáticos mais completos, no caso da temática “regiões não codificantes”. As obras analisadas, propostas pelo PNLD, se apresentam suficientes apenas para introduzir a existência da temática, de forma superficial. Em seguida será analisado o conceito “DNA ‘lixo’” a partir da epistemologia fleckiana, para avaliar aspectos da produção e disseminação da temática por meio da educação básica.

## 5.2. Análise epistemológica do conceito de “DNA ‘lixo’”

Até pouco tempo atrás, vários trechos do material genético eram considerados DNA “lixo” para muitos pesquisadores, conforme citado anteriormente, em decorrência de não serem codificadores de proteínas (SILVA, 2011). Para Fleck, essa percepção comum da sociedade sobre uma determinada temática, se deve ao que denomina “estilos de pensamento”. De acordo com suas proposições, há um entendimento de mundo orientado por uma teoria quando essa se encontra em um período clássico, em que todos os fatos parecem se encaixar na mesma. No entanto, o filósofo salienta que, passado esse momento, há uma época de complicações, em que as exceções começam a aparecer, até superarem os casos regulares (PFUETZENREITER, 2002).

Assim se dá a produção de conhecimento. Constantemente, novas informações vão sendo descobertas e modificam as concepções vigentes sobre temáticas consideradas consensuais. Da mesma forma, no caso das regiões não codificantes de proteínas, enquanto não havia recursos que possibilitassem uma análise mais minuciosa do DNA, era comum o julgamento dessas porções como inúteis. Em seguida, emergiram diversos estudos comprovando sua importância e descredibilizando cada vez mais essa hipótese inicial. O tema “microgenes” por exemplo, incluído também nos debates acerca das regiões não codificantes, ainda é bastante controverso. Embora seja aceito por muitos cientistas e existam trabalhos como o “MicroProteins: small size, big impact” (2015) de Eguen e colaboradores, que defendem sua importância para diversos processos biológicos, há também uma parcela da comunidade científica ainda descrente de sua relevância, tendo em vista a ausência de dados experimentais abundantes sobre o assunto.

As protoideias, caracterizadas como esboços das teorias mais atuais, ou seja, as hipóteses primárias formuladas com base nos conhecimentos do coletivo de pensamento (grupos que compartilham da mesma ideia), tenderiam a se encaixar no estilo de pensamento vigente no período de seu surgimento. Por esse motivo, muitas teorias que atualmente foram descredibilizadas, antigamente eram amplamente disseminadas em comunidades inseridas em contextos comuns, com semelhante disposição de recursos e formações sociais. Embora grupos distintos de indivíduos possam interpretar um mesmo fato de maneira diferente em decorrência de vários estilos de pensamento. Segundo Pfuetzenreiter (2002),

“Quanto mais desenvolvido um campo do conhecimento, menores divergências de opinião irão ocorrer. O conhecimento vai se tornando uma estrutura rígida, com muitos pontos de confluência, deixando,

portanto, pouco espaço para o desenvolvimento de outras formas de pensamento. De acordo com Fleck (1986a:131) em um determinado estilo de pensamento, a tradição dá origem a uma disposição a perceber e atuar de forma dirigida e restringida conforme a um estilo” (PFUETZENREITER, 2002, p. 153).

Na época clássica de uma teoria, mencionada acima, em que os fatos corroboram para fortalecê-la, este perceber orientado pelo estilo de pensamento é denominado por Fleck como “harmonia das ilusões” (NOGUEIRA, 2019). Tendo em vista uma sistematização eficaz, na qual todos os fenômenos se encaixam na teoria estabelecida, há harmonia entre os estilos de pensamento e, conseqüentemente, a visão dominante torna-se consensual (FLECK, 1986). Embora o estilo de pensamento predominante em torno das regiões não codificantes, na maior parte dos coletivos de pensamento do século XX, tenha favorecido a visão de que essas regiões não possuíam funções relevantes para o organismo, modificações já ocorreram. Portanto a aceitação em torno de sua funcionalidade, atualmente, caracteriza o estilo de pensamento vigente em torno da temática.

Para que a concordância sobre o assunto seja mantida, o coletivo de pensamento exerce uma coerção sobre o estilo de pensamento, a visão é orientada a um determinado ângulo e, com isso, se constitui a harmonia das ilusões. Sendo assim, há uma sutil doutrinação, uma condução no que citamos anteriormente como um período clássico, que precede as complicações e a emergência de um novo estilo de pensamento ou extensão do conhecido até então (FLECK, 1986 apud DELIZOICOV; et al, 1999). Conforme afirma Fleck, um dos papéis mais importantes da epistemologia é identificar como ideias surgem espontaneamente, transitam de um estilo de pensamento para o outro e se mantém através da rigidez da harmonia das ilusões. De forma análoga às estruturas sociais, cada período possui suas concepções dominantes influenciadas pelas ideias anteriores e que irão exercer influência em ideais futuros (FLECK, 1935, p.28).

No que diz respeito ao acesso ao conteúdo, o círculo esotérico de um determinado coletivo de pensamento é composto pelos especialistas, conforme já comentado anteriormente, estes devem procurar por explicações para problemas dos quais se ocupam o coletivo de pensamento no qual estão inseridos (HOFFMANN, et al, 2019). A crise ocasionada pela descoberta de atividade das regiões não codificantes gerou debates na comunidade científica, tendo em vista a inadequação da ideia de que apenas o DNA codificante de proteínas era relevante para o organismo humano. No entanto, mesmo que essas discussões tenham resultado em um novo olhar para estas regiões e na emergência da epigenética, a disseminação deste

conhecimento, ou seja, a circulação intercoletiva, não contempla todas atualizações dos últimos anos, o que torna o conteúdo ensinado em sala de aula obsoleto como foi possível observar no livro 5, aqui analisado.

A formação do círculo exotérico, composto por pessoas leigas, não especialistas sobre determinada temática, ocorre a partir do “núcleo de pensamento” e das “práticas compartilhadas dos círculos esotéricos”. Isso pois, no grupo exotérico o conhecimento deve ser simplificado para ser assimilado e compreendido. Há uma relação dinâmica entre esses dois grupos, para que o saber seja ampliado (SANTOS; NAGASHIMA, 2016). Um dos materiais mais acessíveis, que apresentam esse conteúdo de forma mais simplificada e adequada à população geral, é o livro didático.

O livro didático deve ser capaz de oferecer ao docente o suporte para a mediação da construção do conhecimento científico pelos educandos. A partir deste acesso às produções científicas socialmente relevantes e contextualizadas, os alunos são estimulados a desenvolver valores éticos comuns à sociedade em que estão inseridos, além de apropriarem-se da linguagem (PERUZZI, et al, 2000 apud FRISON, et al, 2009). Sendo assim, é esperada a utilização de livros mais completos possíveis, capazes de apoiar o desenvolvimento do plano de aula desenvolvido pelo docente.

A partir da análise dos livros selecionados, propostos no Programa Nacional do Livro e do Material Didático, é possível concluir que a circulação intercoletiva de ideias acerca da temática das regiões não codificantes, pelo menos no que diz respeito ao material impresso, apresenta defasagem quando comparada à circulação intracoletiva de ideias, ou seja, às discussões mais atuais presentes entre a comunidade científica. Por esse motivo, é essencial o estímulo à exploração de outros recursos didáticos de apoio, para a implementação de um ensino contextualizado, que faça uso da ferramenta didática representada pela HFC. Seguindo a proposta de "ciência popular" de Fleck, entende-se que não apenas os cientistas são influenciados pelo contexto social e histórico em que vivem, mas também a ciência praticada e compreendida pela população leiga é afetada por suas crenças e tradições. Por essa razão, os cientistas devem considerar esses fatores ao comunicar suas descobertas ao público em geral (FLECK, 1935).

De acordo com estes conceitos presentes na epistemologia fleckiana, foi realizada uma sistematização dos episódios históricos responsáveis pelo desenvolvimento da temática “DNA

‘lixo’” ao longo das últimas décadas, analisados de acordo com as categorias epistemológicas de Ludwik Fleck. Esses resultados podem ser visualizados na Quadro 4, abaixo.

**Quadro 4** – Análise epistemológica do termo “DNA ‘lixo’” a partir da ótica fleckiana

(continua)

PERÍODO	CONTEXTO CIENTÍFICO	ACONTECIMENTO HISTÓRICO	CONFLITO EPISTEMOLÓGICO	CONCEITO FLECKIANO DESTACADO
1950 - 1960 (antecedente)	Descrição da estrutura do DNA por Watson e Crick (1953) e proposição do modelo operon <i>lac</i> (1961)	Proposição do modelo dupla-hélice do DNA (1953) e avanço na biotecnologia, marcado pelo aprimoramento das técnicas de manipulação genética (1960)	Sobre a forma como operam os genes contidos no DNA, quais são as estruturas envolvidas em sua ativação e desativação?	Protoideia Círculo esotérico Circulação intracoletiva de ideias
	Desenvolvimento acelerado da biologia molecular, devido ao avanço da biotecnologia	Identificação de sequências repetitivas e não codificantes em grandes quantidades (1969)	Existe alguma função para as regiões repetitivas e não codificantes no genoma?	Protoideia Complicações Círculo esotérico Circulação intracoletiva de ideias
1970 - atualmente (Objeto de Análise)	Surgimento do termo “DNA ‘lixo’” para definir as regiões não codificantes de proteínas contidas no genoma humano (1972)	Descrição das regiões do DNA codificadoras de proteínas (éxons) são intercaladas por sequências não codificadoras (íntrons) (1977)	As sequências não codificadoras de proteínas, presentes no DNA, são ausentes de funções biológicas/valor adaptativo?	Estilo de pensamento Coletivo de pensamento Círculo esotérico Círculo exotérico Circulação intercoletiva de ideias Circulação intracoletiva de ideias Harmonia das ilusões
	Descoberta de que algumas sequências não codificadoras tem função regulatória da expressão gênica (1990)	Proposição de modelos novos conceituais de gene por Fogle (1990), na tentativa de solucionar as crises em sua definição	Há necessidade de atualização do conceito “DNA ‘lixo’” frente à elucidação de algumas de suas funções?	Circulação intracoletiva de ideias Círculo esotérico Complicações
	Sequenciamento do genoma humano e análise da expressão gênica (1990-2012)	Progressos do Projeto Genoma Humano (PGH) (1990) e do Projeto ENCODE (2003). Conclusão de que a maior parte do genoma não codifica proteínas	É possível que o “DNA ‘lixo’” desempenhe um papel importante na evolução?	Circulação intracoletiva de ideias Círculo esotérico Ciência popular Círculo exotérico Complicações

**Quadro 4** – Análise epistemológica do termo “DNA ‘lixo’” a partir da ótica fleckiana

(conclusão)

Popularização dos estudos envolvendo da àrea da epigenética, resultado da descoberta de regulação gênica por regiões não codificantes e busca por elucidação de outras funções envolvendo essas sequências (1990-atualmente)	Projeto Epigenoma Humano (2001) e ampla aceitação de que “DNA ‘lixo’” é um termo ultrapassado, tendo em vista a variedade de funções relacionadas às sequências não codificantes, seu papel na hereditariedade e na evolução	Em que medida as regiões não codificadoras impactam a evolução?	Protoideias Harmonia das ilusões Círculo esotérico Circulação intracoletiva de ideias Círculo exotérico Circulação intercoletiva de ideias
--	--	---	---

Fonte: Elaboração própria com base nos artigos de Sheid, Ferrari e Delizocov (2005); Joaquim e El-Hani (2010); Alves (2016); Reusing e Baptistella (2018); Biscotti, Olmo e Harrison (2015); Solha (2005); Silva e Duarte (2016), Muller e Prado (2008).

A observação dos dados acima possibilita visualizar, de forma sistemática, alguns conflitos epistemológicos presentes em acontecimentos históricos importantes ao desenvolvimento da Biologia Molecular no século XX, que culminaram na revisão do termo “DNA ‘lixo’” para designar as regiões não codificantes do genoma. Os conceitos da epistemologia fleckiana capazes de possibilitar o entendimento de cada fenômeno são apresentados na última coluna do quadro.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da história e filosofia da ciência é possível notar que o ensino de ciências passou por diversas transformações ao longo do tempo, em decorrência das mudanças no contexto histórico-social predominante na sociedade. Apesar de autores das mais variadas linhas de pensamento discorrerem sobre a importância de um ensino contextualizado, ainda é recorrente o emprego de técnicas de um ensino tradicional. Portanto, a prática mais comum de ensino é aquela onde a transmissão unilateral de conhecimentos é priorizada e os alunos não são estimulados a realizarem questionamentos sobre os conceitos abordados. Nesse sentido, o presente trabalho defende a importância do emprego da HFC como ferramenta didática capaz de proporcionar aos alunos uma desmitificação do processo do fazer científico e a formação de cidadãos conscientes e críticos.

Para exemplificar a importância de um ensino emancipador, foi realizada uma análise epistemológica, a partir da ótica fleckiana, sobre o conceito de DNA “lixo”, termo equivocado amplamente utilizado por vários anos para definir a porção de DNA não-codificante do genoma, devido ao estilo de pensamento predominante. O progresso da biologia molecular proporcionou diversos desdobramentos da temática a partir da década de 50. Atualmente, embora existam sequências de DNA sem função conhecida, sabe-se que importantes papéis são desempenhados por várias regiões não codificantes, como regulação da expressão gênica, funções estruturais e catalíticas, dentre outras.

Com isso, a emergência da área da epigenética, possibilitou a ampliação do entendimento de como o ambiente e os hábitos dos organismos podem afetar a expressão gênica e de como essas mudanças são capazes de se manifestar hereditariamente. No entanto, a abordagem da temática nos livros didáticos - importante material de apoio para ensino de ciências e biologia, tendo em vista a quantidade de conceitos abstratos -, apresenta descompasso com as produções científicas. Há livros sugeridos no Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) que não abordam a importância das regiões não codificantes para o funcionamento do organismo. Dentre os livros analisados nesta monografia, nenhum realizou uma contextualização satisfatória acerca da temática, o que guia a conclusão de que o tema ainda é pouco explorado em sala de aula.

O conhecimento acerca da influência dos estilos de vida e do ambiente sobre o funcionamento do organismo seria muito importante para que os alunos conseguissem compreender e analisar outras temáticas, como: impactos do uso de drogas, da poluição e falta

de conservação ambiental, dentre muitas outras. Ainda diante dessa relevância, o tema ainda possui abordagem superficial e sem desenvolvimento.

Este fato evidencia que, apesar da consistência da circulação intracoletiva de ideias acerca da temática, a circulação intercoletiva, marcada pela divulgação das produções científicas para a sociedade como um todo, ainda precisa ser aprimorada. Somente desta forma os alunos terão acesso a um ensino atualizado, que contemple as transformações dinâmicas que ocorrem na ciência e no mundo. De acordo com os resultados presentes neste estudo, fica evidente a necessidade de uma transformação no processo de ensino, diante da necessidade de um ensino contextualizado e emancipatório. As atualizações acerca de temáticas científicas podem ser buscadas em materiais complementares.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Ricardo. **DNA de cientista: Barbara McClintock**. 2021.
- ALBERTS, Bruce; et al. **Biologia Molecular da Célula**. Porto Alegre: Artmed Editora. Capítulo 6: Do DNA ao RNA. 6 ed. 2016.
- ALMEIDA, Diego Guerra; TSCHOEKE, Diogo Antonio; FONSECA, Rodrigo Nunes da. Do DNA lixo ao DNA luxo: sequências codificantes diminutas ganham destaque na ciência. **Acta Scientiae et Technicae**, v. 7, n. 2, 2019.
- ALMEIDA, Maria Ivete Soares de. A emergência da educação ambiental no cenário mundial: evolução dos conceitos e das concepções de educação ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**. 20 (1-2): 19-41. 2000. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/4227/3695>>. Acesso em 16/12/2022.
- ALVES, Everton. **“DNA Lixo”: o software que controla organismos complexos**. 2016. Disponível em: <<https://bityli.com/4yKFb>>. Acesso em: 04/01/2023.
- ARAGÃO, Thayse Zambon Barbosa; FIGUEIRÔA, Silvia Fernanda de Mendonça. **Concepções de ciência presentes na divulgação e nas práticas de instituições não formais de ensino de ciências**. 2013. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/38988840.pdf>>. Acesso em 01/05/2022.
- ARAGON, Glauca Torres; MARTINEZ, Silvia Alicia; GIGLIO, Luciana Bockorni Gamis. O ensino tradicional e conceitos perpetuados como senso comum: alguns exemplos em Geociências. **Revista Educação Pública**. 2016. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/16/21/o-ensino-tradicional-e-conceitos-perpetuados-como-senso-comum-alguns-exemplos-em-geocincias>>. Acesso em 22/11/2022.
- ARCANJO, Fernanda Gonçalves; SILVA, Edson Pereira. Pangênese, genes, epigênese. **História ciências saúde-Manguinhos** 24 (3) • Jul./Set. 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/hcsm/a/THB8pxCGJL4TLfqZ667zfZD/?lang=pt>>. Acesso em 21/03/2022.
- ARCANJO, Fernanda Gonçalves; SILVA, Edson Pereira. **Lamarck, Darwin e Epigenética: o caso da herança dos caracteres adquiridos**. 2014. Disponível em: <<https://bityli.com/7TaTG>>. Acesso em 11/01/2023.
- AZEVEDO, Gilson. **Splicing alternativo e a diversidade biológica**. 2021. Disponível em: <<https://blog.varsomics.com/splicing-alternativo-e-a-diversidade-biologica/#:~:text=Chamamos%20de%20splicing%20alternativo%2C%20pois,dogma%20central%20da%20biologia%20molecular>>. Acesso em: 10/03/2023.
- BECKER, Fernando. O que é construtivismo?. **Centro de Referência em Educação Mario Covas**. Série Idéias n. 20. São Paulo: FDE, 1994. Disponível em: <[http://www.crmariocovas.sp.gov.br/dea\\_a.php?t=011#:~:text=%22Construtivismo%20significa%20isto%3A%20a%20id%3A%20A9ia,nenhuma%20inst%3A%20A2ncia%2C%20como%20alogo%20terminado](http://www.crmariocovas.sp.gov.br/dea_a.php?t=011#:~:text=%22Construtivismo%20significa%20isto%3A%20a%20id%3A%20A9ia,nenhuma%20inst%3A%20A2ncia%2C%20como%20alogo%20terminado)>. Acesso em 10/03/2023.
- BERNADELLI, Maria Odete Rodrigues. A Formação Continuada de Professores e a Qualidade do Processo Ensino Aprendizagem. Paraná: **Secretaria de Estado da Educação**. 2008. Disponível em:

<[http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes\\_pde/md\\_maria\\_odete\\_r odrigues\\_bernadelli.pdf](http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/producoes_pde/md_maria_odete_r odrigues_bernadelli.pdf)>. Acesso 03/02/2023

BISCOTTI, Maria Assunta; OLMO, Ettore; HARRISON, J. S. (Pat) Haslop. Repetitive DNA in eukaryotic genomes. *Chromosome Research*, v. 23, p. 415–420. 2015.

BITTENCOURT, Circe Maria Fernandes. **Livro didático e conhecimento histórico: uma história do saber escolar**. 1993. 383p. Tese (Doutorado em Filosofia) - Universidade de São Paulo.

BRANDÃO, Jefferson Dagmar Pessoa. **O papel do livro didático no Processo de Ensino Aprendizagem: uma introdução do conceito de Função**. Monografia (Especialização em Educação Matemática). Campina Grande: UEPB, 2013. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2079/1/PDF%20-%20Jefferson%20Dagmar%20Pessoa%20Brand%C3%A3o.pdf>>. Acesso em 22/12/2022.

BRASIL. Decreto-lei nº1.006, 30 dezembro de 1938. Estabelece as condições de produção, importação e utilização do livro didático. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1006-30-dezembro-1938-350741-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 22/12/2022.

BRASIL. Decreto nº91.542, 19 de agosto de 1985. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1980-1987/decreto-91542-19-agosto-1985-441959-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 22/12/2022.

BRIGHENTE, Miriam Furlan; MESQUIDA, Peri. Paulo Freire: denúncia da educação bancária ao anúncio de uma pedagogia libertadora. *Pro-Posições*. v. 27, n. 1 (79). p. 155-177. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pp/a/kBxPw6PW5kxtgJBfWMBXPhy/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 10/03/2023.

CAMPOS, Fernando Rosseto Gallego. **Ciência, Tecnologia e Sociedade**. Publicações do IF-SC, Florianópolis, SC. 2010. Disponível em: <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/206265/2/Esp%20Ciências%20-%20Ciência%20tecnologia%20e%20sociedade%20-%20MIOLO.pdf>>. Acesso em 01/05/2022.

CASTAÑON, Gustavo Arja. Construtivismo e ciências humanas. **Ciênc. cogn.** vol.5 no.1. 2005. Disponível em: <[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-58212005000200004#:~:text=Sua%20principal%20id%C3%A9ia%20%C3%A9%20precisamente,teoria%20\(Popper%2C%201975\)](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212005000200004#:~:text=Sua%20principal%20id%C3%A9ia%20%C3%A9%20precisamente,teoria%20(Popper%2C%201975)>)>. Acesso em 23/05/2022

CASTAÑON, Gustavo Arja. O que é construtivismo? **Cad. Hist. Fil. Ci.**, Campinas, Série 4, v. 1, n.2, p. 209-242. 2015. Disponível em: <<https://www.cle.unicamp.br/eprints/index.php/cadernos/article/view/744/627>>. Acesso em 11/04/2022.

CASTRO, Fábio de. Motor da Evolução. Entrevista concedida por John Mattick. **Agência FAPESP**, 2010. Disponível em: <[http://agencia.fapesp.br/motor\\_da\\_evolucao/12804/](http://agencia.fapesp.br/motor_da_evolucao/12804/)>. Acesso em 05/01/2023.

CECCATTO, Vânia Marilande. **Biologia Molecular**. Fortaleza : EdUECE. 139 p. 2 ed; 2015. Disponível em: <[https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431618/2/Livro\\_Biologia%20Molecular.pdf](https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431618/2/Livro_Biologia%20Molecular.pdf)>. Acesso em 27/02/2023.

CHASSOT, Attico. **A ciência através dos tempos**. 2. ed. reform. São Paulo: Moderna, 2004.

CHAUÍ, Marilena. **Convite à filosofia**. São Paulo: Editora Ática. 2000.

CHIBENI, Silvio Seno. **Síntese de A Estrutura das Revoluções Científicas, de Thomas Kuhn**. 2010. Disponível em: <<https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/structure-sintese.htm>>. Acesso em 16/05/2022.

CHICÓRA, Tatiele; AIRES, Joanez Aparecida; CAMARGO, Sérgio. A epistemologia de Ludwik Fleck: análise das produções do encontro nacional de pesquisa em educação em ciências entre os anos 1997 e 2015. **ACTIO**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 6-25, set./dez. 2018.

CHRISPINO, Alvaro; et al. A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos?. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 19, n. 2, p. 455-479, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/S5xmFrNPVDp8JmytwccCKcC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 10/03/2023.

COSTA, Elizabete Lustosa; GIORDAN, Marcelo. Concepção de ciência do professor, discurso e elaboração de significado em aula. **Enseñanza de Las Ciencias**, 2005.

COSTA, Mauro Alves da. **História e filosofia da ciência e implicações para o ensino**. Florianópolis: Publicações do IF-SC, ed. 2, p. 19-21, 31-37, 2012. Disponível em: <<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/206315/2/Pos%20Ciencias%20-%20Historia%20e%20filosofia%20da%20ciencia%20-%20MIOLO.pdf>>. Acesso em 23/05/2022.

COYNE, Jerry A. **Why Evolution Is True**. New York: Viking, 2009, p. 66-67.

DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. História e filosofia da ciência na educação científica: para quê?. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v.19. 2017. Disponível: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/4bMbqqNdCtycDzrV6gSQB7w/?lang=pt>>. Acesso em 16/05/2022.

DANIEL, G. P. **História da ciência em um curso de licenciatura em física: a gravitação newtoniana e a gravitação einsteniana como exemplares**. 2011. 404 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

DAWKINS, Richard. **O gene egoísta**. São Paulo: Companhia das Letras, 2007;.

DELIZOICOV, Demétrio. Pesquisa em ensino de ciências como ciências humanas aplicadas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.21, n.2, p.145-175, 2004. Disponível em: <[https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/pesquisa\\_ef/Delizoicov\\_2004.pdf](https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/pesquisa_ef/Delizoicov_2004.pdf)>. Acesso em 02/01/2023.

DELIZOICOV, Demétrio; et al. Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 1999.

D’LIMA, Nadia G; et al. Uma microproteína humana que interage com o complexo de decapagem de mRNA. **Natureza Química Biologia** v. 13, p.174-180. 2017. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nchembio.2249>>. Acesso em 01/02/2023.

DOBLER, Priscila Caroline Thiago. **RNA longo não-codificante: mecanismos, características e funcionalidades do “DNA Lixo”** (Bacharelado em Biotecnologia). São Gabriel: Universidade Federal do Pampa, 2015.

ECHER, Isabel Cristina. A revisão de literatura na construção do trabalho científico. **Revista Gaúcha de Enfermagem**. Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 5-20. 2001. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/23470/000326312.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 12/02/2022.

EGEN, Tenai; et al. MicroProteins: small size, big impact. **Trends in Plant Science**, August 2015, Vol. 20, No. 8. 2015. Disponível em: <[https://www.cell.com/trends/plant-science/pdf/S1360-1385\(15\)00140-5.pdf](https://www.cell.com/trends/plant-science/pdf/S1360-1385(15)00140-5.pdf)>. Acesso em 28/02/2023.

EVANGELISTA, Neima Alice Menezes. **O conceito de gene em livros didáticos superior de biologia celular e molecular no ensino superior**. Orientador: Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani. 2016. 226 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, BAHIA, 2016.

FERNANDES, Carolina dos Santos; MARQUES, Carlos Alberto; DELIZOICOV, Demétrio. Contextualização na formação inicial de professores de ciências e a perspectiva educacional de Paulo Freire. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.** (Belo Horizonte) 18 (2). 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/dJhNkL6R8xJ7Cg6JV3FPRCm/?lang=pt>>. Acesso em 01/03/2023.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. 2009. 220 f. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

FLECK, Ludwik. **Crisis in Science** [1960]. In: COHEN, R. S. & SCHNELLE, T. – Cognition and Fact - Materials on Ludwik Fleck. Dordrecht, D. Riedel Publishers Company, 1986.

FLECK, Ludwik. **Genesis and Development of a Scientific Fact**. Chicago: University of Chicago Press. 1935. Disponível em: <[https://worldpece.org/sites/default/files/artifacts/media/pdf/fleck\\_et\\_al.\\_-2008\\_-\\_genesis\\_and\\_development\\_of\\_a\\_scientific\\_fact.pdf](https://worldpece.org/sites/default/files/artifacts/media/pdf/fleck_et_al._-2008_-_genesis_and_development_of_a_scientific_fact.pdf)>. Acesso em 21/12/2022.

FREIRE, Paulo Reglus Neves. **Educação e atualidade brasileira**. São Paulo: Cortez Editora/Instituto Paulo Freire, 2003.

FREIRE, Paulo Reglus Neves. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1996.

FRISON, Marli Dallagnol; et al. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências**. 2009. Disponível: <<http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienepec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/425.pdf>>. Acesso 22/12/2022.

GALIAN, Cláudia Valentina Assumpção. A PCN e a Elaboração de Propostas Curriculares no Brasil. **Cadernos de Pesquisa** v.44 n.153 p.648-669. 2014. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/cp/a/NkSxWKg6qDxsPwgvpMPz6cC/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 20/12/2022.

GIACOPINI, Agatha Maria Momoli; SILVA, Caio Sene Da. **O construtivismo no ensino de ciências: origens e modelos teóricos de desenvolvimento conceitual**. 2014. Disponível em: <<https://fernandosantiago.com.br/ensbiol10.pdf>>. Acesso em 02/05/2022.

GOTTLIEB, Maria Gabriela Valle. Aspectos genéticos do envelhecimento e doenças associadas: uma complexa rede de interações entre genes e ambiente. **Rev. bras. geriatr. gerontol.** 10 (3). 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbgg/a/7KqnMrJPCdMkQHBjkkj3Yxv/?format=html&lang=pt>>. Acesso em 10/03/2023.

HOFFMANN, Yohana Taise; et al. Circulação inter e intracoletiva em Grupos de Pesquisa de História da Educação Matemática. **Ciênc. educ.** (Bauru) 25 (4). 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/vS3zxLTTVL3C5syc7FgfvKD/?lang=pt>>. Acesso em 09/02/2023.

ILHA, Gisandro Cunha; ADAIME, Martha Bohrer. História e filosofia da ciência no ensino de química: o que está em circulação?. **Research, Society and Development**, v. 9, n.1. 2019.

JABLONKA, Eva; LAMB, Marion J. Soft inheritance: challenging the modern synthesis. **Genet. Mol. Biol.** 31 (2). 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gmb/a/d5pDYvT4PzdfLkJQQmN5gBH/?lang=en>>. Acesso em 28/02/2023.

JAENISCH, Rudolf; BIRD, Adrian. Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals. **Nature Genetics** 22 (Suppl), 245-254. 2003.

JOAQUIM, Leyla Mariane; EL-HANI, Charbel Ninõ. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. **Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ss/a/bXqv9MVdRy6DvKzVQjWWNdf/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 17/03/2022.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; et al. A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 1, p. 55-71, 2010. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-05-1/FHB-05-1-04-Lourdes-Justina-et-al.pdf>>. Acesso em 22/03/2022.

JUNGHANS, Miriam. Traduzindo Fleck: entrevista com Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v.18, n.4, out.-dez. 2011, p.1151-1158.

LEITE, Gisele. **A contribuição de Thomas Kuhn para a história e filosofia da ciência**. 2017. Disponível em: <<https://egov.ufsc.br/portal/conteudo/contribuição-de-thomas-kuhn-para-filosofia-da-ciência>>. Acesso em 28/08/2022.

LEWIN, Benjamin. Genes VIII. Person Education, Inc. 2004.

LÖWY, Ilana. **Fleck e a historiografia recente da pesquisa biomédica**. PORTOCARRERO, V., org. Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens contemporâneas [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1994. 272 p.

- LUPSKI, James R., STANKIEWICZ, Pawel T. (2014). **Genética na Medicina**. Artmed Editora.
- MAIA, Maria de Mascena Diniz; SILVA, Isaura Isabella Fonseca Gomes da. **Conceitos básicos de epigenética para universitários**. 1. ed. - Recife: EDUFRPE, 2020. Disponível em: <<http://editora.ufrpe.br/sites/www.editora.ufrpe.br/files/140101%20-%20Conceitos%20B%C3%A1sicos%20de%20Epigen%C3%A9tica%20para%20Universit%C3%A1rios%20e-book.pdf>>. Acesso em 24/01/2023.
- MARKO, Gabriela; PATACA, Ermelinda Moutinho. Concepções de ciência e educação: contribuições da história da ciência para a formação de professores. **Educ. Pesqui.** 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ep/a/gj7mNCT4XzdfvTRN8JkDrgc/?lang=pt>>. Acesso em 03/05/2022.
- MARQUES, Nelson Luiz Reyes. **Fundamentos históricos e filosóficos das ciências: epistemologia de Kuhn**. 2015. Disponível em: <[https://nelsonreyes.com.br/FHFC\\_Parte%204\\_ESP\\_2015\\_KUHN.pdf](https://nelsonreyes.com.br/FHFC_Parte%204_ESP_2015_KUHN.pdf)>. Acesso em 17/05/2022
- MARTINS, André Ferrer Pinto. História e Filosofia da Ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n. 1: p. 112-131, abr. 2007.
- MASUMOTO, Hiroshi; NAKANO, Megumi; OHZEKI, Jun-ichi. **The role of CENP-B and alpha-satellite DNA: de novo assembly and epigenetic maintenance of human centromeres**. *Chromosome Res.* 12, 543–556. 2004.
- MATTICK, John. The Central Role of RNA in Human Development and Evolution. **FEBS Letters**. 2011. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21557942/#:~:text=The%20emerging%20evidence%20indicates%20that,systems%2C%20especially%20in%20the%20brain.>>>. Acesso em 27/02/2023.
- MELO, Ana Paula De; ROCHA, Dalva Cassie. Reflexões sobre a importância da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Espaço Acadêmico**. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/EspacoAcademico/article/view/33078/19147>>. Acesso em 03/05/2022.
- MESA, Natália. Humans Are Still Evolving Thanks to Microgenes. **The Scientist**: exploring life, inspiring innovation. 2023. Disponível em: <<https://www.the-scientist.com/news-opinion/humans-are-still-evolving-thanks-to-microgenes-70870>>. Acesso em 16/01/2023.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 12ª ed. São Paulo: Hucitec, 2010.
- Ministério da Educação. **PNLD: MEC**, 2018. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=12391:pnld>>. Acesso em 26/12/2022.
- MORAES, Amaury César. Construtivismo e história das ciências: limites de uma proposta. **Contexto e Educação** - Editora UNIJUÍ - Ano 18 - nº69 - Jan . / Jun . 2003 - P. 29-43.
- MOREIRA, Maria Aparecida. **Ensino e Aprendizagem: enfoques teóricos**. 2 ed. São Paulo: Editora Moraes, 1985.

MOURA, Breno Arsioli. O que é a natureza da ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46. 2014.

MULLER, Henrique Richmann; PRADO, Karin Braun. Epigenética: um novo campo da genética. **RUBS**, Curitiba, v.1, n.3, p.61-69. 2008. Disponível em: <[http://www.colegiogregormendel.com.br/gm\\_colegio/pdf/2012/textos/3ano/biologia/8.pdf](http://www.colegiogregormendel.com.br/gm_colegio/pdf/2012/textos/3ano/biologia/8.pdf)>. Acesso em 13/03/2023.

NASCIMENTO, Fabrício do; FERNANDES, Hylio Laganá; MENDONÇA Viviane Melo de. O ensino de ciências no Brasil: professores e desafios atuais. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas, n.39, p. 225-249. 2010. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8639728/7295>>. Acesso em 15/12/2022.

NASCIMENTO, Jéssica Maria Torres de Sousa; CAMPOS, Francilene Leonel. A importância da utilização de recursos didático-pedagógicos no ensino de genética em escolas públicas no Município de Parnaíba – PI (Brasil). **Revista Espacios**. Caracas, v. 39, n. 25, p. 1-11. 2018. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a18v39n25/a18v39n25p30.pdf>>. Acesso 13/02/2022.

NETO, Jorge Megid; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157. 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/FYMYg5q4Wj77P8srQ795H5B/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 21/12/2022.

NOGUEIRA, Maria Inês. A mudanças na educação médica brasileira em perspectiva: reflexões sobre a emergência de um novo estilo de pensamento. *Revista Brasileira de Educação Médica*. 33 (2) : 262–270; 2009. Disponível em: <<http://educa.fcc.org.br/pdf/rbem/v33n02/v33n02a14.pdf>>. Acesso em 27/01/2023.

NORATO, Anita Gabriella Ferreira; PARANHOS, Rones de Deus; GUIMARÃES, Simone, Sendin Moreira. Perspectivas da História e Filosofia da Ciência na relação com o ensino de biologia na educação básica: uma análise de teses e dissertações. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**. v.12. n.1. 2022.

OESTREICH, Laura; et al. O que é ciência? Uma análise das concepções prévias de docentes em formação inicial. **Revista Insignare Scientia**, v.4, n.3, p. . 2021.

OLIVEIRA, Adriano José de. A Educação Brasileira entre a visão de ensino tradicional e construtivismo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.1, p.4270-4286.2022. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/42801/pdf>>. Acesso em 16/12/2022.

OLIVEIRA, Everton Bezerra de. **A Epistemologia de Ludwik Fleck aplicada à Educação: a escola e seu papel na perspectiva dos atores do processo de ensino/ aprendizagem**. 2020.

OLIVEIRA, João Paulo Teixeira de. **A eficiência e/ou ineficiência do livro didático no processo de ensino-aprendizagem**. CONGRESSO IBERO - AMERICANO DE POLÍTICA E ADMINISTRAÇÃO DA EDUCAÇÃO, 4, 2014 . Anais. Porto:Anpae, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/regae/article/view/26738/pdf>>. Acesso em 26/12/2022.

OLIVEIRA<sup>1</sup>, Naila Francis Paulo de. **Alterações no Epigenoma e o Hábito de Fumar**. Revista Brasileira de Ciências da Saúde, v.4, n.4, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufpb.br/index.php/rbcs/article/view/9883/5693>>. Acesso em 23/01/2023.

OLIVEIRA<sup>2</sup>, Paulo de . Alterações no epigenoma e o hábito de fumar. **Revista Brasileira De Ciências Da Saúde**. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufpb.br/index.php/rbcs/article/view/9883>>. Acesso em 09/01/2023.

PANIZZUTTI, Rogério. **A epigenética e a transmissão psíquica**. Primórdios, Rio de Janeiro, v. 6, n. 6, p. 83-97, 2019. Disponível em: <<http://www.bivipsi.org/wp-content/uploads/cprj-primordios-2019-6-6.pdf>>. Acesso em 06/02/2023.

PFUETZENREITER, Márcia Regina. A epistemologia de Ludwik Fleck como referencial para a pesquisa no ensino na área da saúde. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 147–159, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/7SvRRG6FmwksqbVMHCsJDGz/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em 31/12/2022.

PINHÃO, Francine; MARTINS, Isabel. Diferentes abordagens sobre o tema saúde e ambiente: desafios para o ensino de ciências. **Ciênc. educ.** (Bauru) 18 (4). 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wrFCynDpgH65dy36GcxQS3S/?lang=pt>>. Acesso em 20/12/2022.

PITOMBO, Maiana Albuquerque; ALMEIDA, Ana Maria Rocha de; EL-HANI, Charbel Niño. Conceitos de Gene e Idéias Sobre Função Gênica em Livros Didáticos de Biologia Celular e Molecular do Ensino Superior. **Contexto & Educação**. Editora Unijuí, n. 77. jan./jun. 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/1086>>. Acesso em 21/03/2022.

POLIZELLO, Andreza. Modelos microscópicos de herança no século XIX: a teoria das estirpes de Francis Galton. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, p. 41-54, 2008. Disponível em: <<https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/13418/1/Andreza%20Polizello.pdf>>. Acesso em 22/03/2022.

PORTIN, Peter. The Concept of the Gene: Short History and Present Status. **The Quarterly Review of Biology**. vol. 68, n. 2. 1993. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2829967>>. Acesso em 23/03/2022.

REUSING, Luciana; BAPTISTELLA, Rogério. Biotecnologia à luz das teoria crítica. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Paranaguá, PR, v.3, n.1, março de 2018.

SANTOS, Diego Marlon; NAGASHIMA, Lucila Akiko. La Epistemología de Ludwik Fleck y sus Contribuciones a la Formación Inicial de los Profesores de Químico. **Paradigma** vol.37 no.1 Maracay. 2016. Disponível em: <[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1011-22512016000100002](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1011-22512016000100002)>. Acesso em 09/02/2023.

SANTOS, Vanessa Carvalho dos. **Genes, informações e semiose: do conhecimento de referência ao ensino de biologia**. Orientador: Prof. Dr. Álvaro João Magalhães de Queiroz. 2008. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, BAHIA, 2008. Disponível em:

<<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/15813/1/Vanessa%20Carvalho%20dos%20Santos.pdf>>. Acesso em 23/03/2022.

SHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demetrio. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. **Ciência e Educação**, v.11, n.2, p.223-233. 2005. Disponível em: <<http://educa.fcc.org.br/pdf/ciedu/v11n02/v11n02a06.pdf>>. Acesso em 13/03/2023.

SILVA, Clécio Danilo Dias da (org.). **Pesquisa e desenvolvimento de abordagens para o ensino de ciências biológicas**. Campina Grande : Editora Amplla, 2021. 239 p. Disponível em: <<https://ampllaeditora.com.br/books/2021/04/eBook-Pesquisa-e-Desenvolvimento-Ciencias-Biologicas.pdf#page=11>>. Acesso em 06/02/2023.

SILVA, Gláucia; DUARTE, Luiz Fernando Dias. Epigênese e epigenética: as muitas vidas do vitalismo ocidental. **Horizontes Antropológicos**, Porto Alegre, ano 22, n. 46, p. 425-453. 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ha/a/74JvpzMkgPm6zsw9w8v3bvq/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 09/01/2023.

SILVA, Renan Gonçalves Leonel da; COSTA, Maria Conceição da. A emergência da Biologia Molecular no estado de São Paulo, 1952-1970. **R. Tecnol. Soc.** v. 14, n. 31, p. 1-27, mai./ago. 2018.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. **Unidade 2 - A pesquisa científica**. In: GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

SOLHA, Gustavo Cirauo Fraga. **Os genes interrompidos: introdução histórica ao impacto da descoberta dos íntrons (1977) na controvérsia sobre a definição de gene molecular clássico (1960)**. Programa de Pós-Graduação em Histórias da Ciência da Saúde. Rio de Janeiro: FIOCRUZ. 2005. Disponível em: <<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/6115/50.pdf?sequence=2&isAllowed=y>>. Acesso em 06/01/2023.

SOUSA, José Ramos de; COSTA, Priscila Rosa Bandeira da; SGARBI, Antonio Donizetti. História e Filosofia da Ciência no contexto do Ensino de Ciências: um olhar a partir da produção Stricto Sensu brasileira. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**. Vol. 25. p. 122-139. 2022. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/hcensino/article/view/57830/40460>>. Acesso em 01/03/2023.

SOUZA, Dominique Guimarães de; MIRANDA, Jean Carlos; SOUZA, Fabiano dos Santos. Aspectos históricos da educação e do ensino de ciências no Brasil: do século XVI ao XX. **Revista Educação Pública**, 2018. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/18/22/aspectos-historicos-da-educacao-e-do-ensino-de-cincias-no-brasil-do-sculo-xvi-ao-sculo-xx>>. Acesso em 19/12/2022.

SOUZA, Rafaelle da Silva; SILVA, Indianara Lima; TEIXEIRA, Elder Sales. Contextualização histórica: um estudo piloto no ensino de mecânica quântica. **Experiências em Ensino de Ciências** V.15, No.2. 2020. Disponível em: <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/713/681>>. Acesso em 01/03/2023.

SOUZA, Tiago Alves Jorge de; PEREIRA, Tiago Campos. Mais sobre a natureza molecular dos fatores mendelianos. **Genética na Escola**. vol. 11. n. 2. 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Tiago-Souza-12/publication/313608930\\_Mais\\_sobre\\_a\\_natureza\\_molecular\\_dos\\_fatores\\_mendelianos/links/58a3270ea6fdcc05f16413ad/Mais-sobre-a-natureza-molecular-dos-fatores-mendelianos.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Tiago-Souza-12/publication/313608930_Mais_sobre_a_natureza_molecular_dos_fatores_mendelianos/links/58a3270ea6fdcc05f16413ad/Mais-sobre-a-natureza-molecular-dos-fatores-mendelianos.pdf)>. Acesso em 22/03/2022.

TEIS, Denize Terezinha; TEIS, Mirtes Aparecida. 2006. **A Abordagem Qualitativa: Leitura no Campo de Pesquisa**. 1-8p. Disponível em: <<http://www.bocc.ubi.pt/pag/teis-denize-abordagem-qualitativa.pdf>>. Acesso em 06/02/2022.

TEIXEIRA, Elder Sales. **Argumentação e abordagem conceitual no ensino de física**. 2010. 148 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2010.

TRINDADE, Daniela Jéssica; NAGASHIMA, Lucila Akiko; ANDRADE, Cíntia Cristiane de. **Obstáculos epistemológicos sob a perspectiva de Bachelard**. 2016. Disponível em: <[https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24165\\_12889.pdf](https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2017/24165_12889.pdf)>. Acesso em: 22/05/2022.

VANNUCCHI, Andréa Infantsi; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. 1996.

VASCONCELOS, Simão Dias; SOUTO, Emanuel. O livro didático de ciências no ensino fundamental: proposta de critérios para a análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/GPVrSHkbqs46FYZvkYth9fg/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 26/12/2022.

## GLOSSÁRIO

**Epigenética** – Área da biologia que realiza o estudo de alterações fenotípicas que não são resultantes de alterações na sequência do DNA.

**Circulação intercoletiva de ideias** – referente à troca de ideias entre diferentes comunidades, entre indivíduos com diferentes formações e interesses. É caracterizada por um esforço na comunicação de resultados de pesquisa de forma mais geral. Os canais pelo qual ocorre podem ser diversos, como redes sociais, publicações em revistas, livros didáticos, dentre outros.

**Circulação intracoletiva de ideias** – conceito referente à troca de ideias dentro de uma comunidade científica específica, ou seja, indivíduos que compartilham os mesmos conhecimentos, métodos e conhecimentos científicos. Essa circulação ocorre por meio de revistas especializadas, conferências, comunicações pessoais, marcada por alto grau de especialização.

**Círculo esotérico** – grupo composto por cientistas altamente especializados em uma determinada área do conhecimento. A comunicação entre os integrantes deste círculo visa a ampliação dos conhecimentos sobre a área em questão. Por esse motivo, ocorre através de linguagem técnica e há uso de conceitos específicos.

**Círculo exotérico** – grupo composto por um público amplo, que pode incluir cientistas de diferentes áreas e pessoas leigas. A comunicação realizada com esse grupo é menos técnica e o conhecimento deve ser sistematizado de forma mais acessível e compreensível para que ela possa ser efetiva

**Harmonia das ilusões** – é o conceito que ilustra a percepção dirigida acerca de uma determinada temática. É a forma como Ludwik Fleck explica a influência de fatores históricos e sociais para a circulação intercoletiva de ideias.

**Splicing** – processo que ocorre durante a síntese de RNA mensageiro em que há a remoção de trechos não codificantes (íntrons) e união dos trechos codificantes do DNA (éxons).

**Splicing alternativo** – processo em que há combinações diferentes de íntrons e éxons, que resultam em diferentes isoformas de RNA mensageiro, Com isso, um gene tem potencial de produção de diferentes polipeptídeos a depender da forma como os éxons se organizam no momento da tradução.