

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - FCBS
DEPARTAMENTO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – DCBIO
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (LICENCIATURA)

Hugo Cássio Aquino
Iury Henrique Fernandes

ANALISANDO O POTENCIAL DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA COMO
ABORDAGEM PARA O ENSINO DE CONTEÚDOS DE GENÉTICA BÁSICA EM
UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO

Diamantina

2023

Hugo Cássio Aquino
Iury Henrique Fernandes

**ANALISANDO O POTENCIAL DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA COMO
ABORDAGEM PARA O ENSINO DE CONTEÚDOS DE GENÉTICA BÁSICA EM
UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Licenciado(a) em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Wellington Rocha Fernandes

Diamantina

2023

IURY HENRIQUE FERNANDES
HUGO CÁSSIO AQUINO

**ANALISANDO O POTENCIAL DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA COMO
ABORDAGEM PARA O ENSINO DE CONTEÚDOS DE GENÉTICA BÁSICA EM
UMA TURMA DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como exigência parcial para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Wellington Rocha Fernandes

Data de aprovação: ____/____/____.

Prof. Dr. Wagner Lannes (Titular)
Departamento de Matemática e Estatística – UFVJM

Profa. Dra. Angélica Oliveira de Araújo (Titular)
Departamento de Química - UFVJM

Profa. Dra. Luciana Resende Allain (Suplente)
Departamento de Ciências Biológicas - UFVJM

Diamantina/2023

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos profundos agradecimentos a Deus por nos ter abençoado com sabedoria e entendimento, guiando-nos até este ponto em nossas vidas. Também queremos agradecer aos nossos familiares e amigos, cujo apoio e incentivo foram fundamentais em nossa jornada. Cada palavra de encorajamento, cada gesto de amizade e cada momento de apoio moldaram o caminho que percorremos até aqui.

Agradecemos também aos professores do curso de Ciências Biológicas, que por meio de seus ensinamentos, permitiram que pudéssemos concluir a graduação. Ao professor orientador, Geraldo Wellington Rocha Fernandes, que nos acompanhou pontualmente durante vários meses, orientando-nos, cobrando resultados e oferecendo suporte e auxílio necessários para a elaboração e execução deste trabalho.

Aos nossos amigos de graduação, que nos momentos de frustração e desânimo, nos deram forças para não desistir, sempre ajudando-nos nos momentos de aflição e dúvidas.

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a percepção dos estudantes de uma turma do 3º ano do ensino médio acerca dos conteúdos conceituais relacionados às temáticas de Genética Básica (Hereditariedade, Genética Mendeliana e Estrutura e Função do DNA), utilizando a HFC como abordagem de ensino. Dessa forma, desenvolveu-se uma Sequência Didática (SD) com o objetivo de explorar a temática da “Genética Básica” com base na HFC, sendo esta acompanhada por diversas estratégias. Os procedimentos metodológicos da pesquisa foram caracterizados por uma abordagem qualitativa e exploratória explicativa. Foram utilizados como instrumentos e técnicas para a coleta de dados: as respostas e falas dos estudantes em relação às problematizações e percepções sobre o conteúdo ao longo das aulas, além das respostas a partir do uso de ferramentas digitais, como o Mozaik 3D. Também foi aplicado um quiz online através da plataforma Kahoot, contendo questões de múltipla escolha sobre os conhecimentos adquiridos na temática de Genética Básica, juntamente com um questionário impresso contendo perguntas abertas sobre a estrutura e função do DNA, por meio da abordagem dos conteúdos com base na HFC. Para analisar os dados desta pesquisa, utilizou-se a Análise Textual Discursiva (ATD). A partir disso, foram criadas três categorias pré-estabelecidas com suas respectivas subcategorias emergentes para a realização deste estudo: 1. Incorporação da HFC no ensino de Genética Básica; 2. As potencialidades da abordagem histórica e filosófica para o ensino de genética; 3. Avaliação do impacto da HFC na compreensão dos conteúdos de Genética Básica. Após analisar os dados, na primeira categoria, os estudantes demonstraram compreensão dos conteúdos ao usar a HFC no ensino, levando a uma análise mais crítica da temática. Na segunda categoria, a abordagem HFC realçou a importância de explorar questões éticas, sociais e culturais, permitindo aos estudantes expressarem suas percepções. Na última categoria, as ferramentas digitais Mozaik 3D e Kahoot foram essenciais para avaliar a compreensão dos conteúdos, resultando em maior participação dos estudantes. A HFC proporcionou uma compreensão aprofundada de Genética Básica e estimulou o pensamento crítico em temas frequentemente abordados superficialmente.

Palavras-chave: História e Filosofia da Ciência. Sequência Didática. Genética Básica. Abordagem de Ensino.

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the perception of students in a 3rd year high school class about the conceptual content related to the themes of Basic Genetics (Heredity, Mendelian Genetics and DNA Structure and Function), using the HFC as a teaching approach. In this way, a Didactic Sequence (DS) was developed with the aim of exploring the theme of "Basic Genetics" based on the HFC, which was accompanied by various strategies. The research's methodological procedures were characterized by a qualitative and exploratory-explanatory approach. The instruments and techniques used to collect the data were: the students' responses and speeches in relation to the problematizations and perceptions of the content throughout the lessons, as well as the responses from the use of digital tools, such as Mozaik 3D. An online quiz was also applied using the Kahoot platform, containing multiple-choice questions on the knowledge acquired on the subject of Basic Genetics, along with a printed questionnaire containing open-ended questions on the structure and function of DNA, through the approach to content based on HFC. Textual Discourse Analysis (ATD) was used to analyze the data from this research. Based on this, three pre-established categories with their respective emerging subcategories were created for this study: 1. Incorporation of the HFC in the teaching of Basic Genetics; 2. The potential of the historical and philosophical approach for teaching genetics; 3. Evaluation of the impact of the HFC on the understanding of Basic Genetics content. After analyzing the data, in the first category, the students demonstrated an understanding of the content when using the HFC in teaching, leading to a more critical analysis of the subject. In the second category, the HFC approach highlighted the importance of exploring ethical, social and cultural issues, allowing students to express their perceptions. In the last category, the digital tools Mozaik 3D and Kahoot were essential for assessing understanding of the content, resulting in greater student participation. The HFC provided an in-depth understanding of Basic Genetics and stimulated critical thinking on topics that are often superficially covered.

Keywords: History and Philosophy of Science. Following teaching. Basic Genetics. Teaching Approach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Problemas iniciais com a apresentação de vários autores	27
Figura 2 - Problemas apresentados pelas teorias de Darwin e Wallace	27
Figura 3 - Abordagem HFC envolvendo o cientista Mendel e sua teoria	28
Figura 4 - Autores que contribuíram para os estudos de Mendel	28
Figura 5 - Contexto histórico envolvendo a pesquisadora Rosalind Franklin.....	29
Figura 6 - Apresentação do vídeo narrando a história de Rosalind Franklin	30
Figura 7 - Apresentação da estrutura do DNA pela plataforma <i>Mozaik 3D</i>	30
Figura 8 - Apresentação da estrutura do DNA pela plataforma <i>Mozaik 3D</i>	31
Figura 9 - Apresentação da estrutura do DNA pela plataforma <i>Mozaik 3D</i>	31
Figura 10 - Plataforma <i>Kahoot</i> contendo atividades para os estudantes	32
Figura 11 – Página de título da primeira edição do livro "A Origem das Espécies", escrito por Darwin em 1859	35
Figura 12 - Johann Friedrich Miescher.....	38
Figura 13 - Theodor Schwann e Mattias Jacob	38
Figura 14 - Walter Flemming	39
Figura 15 - Eduard Adolf Strasburger	39
Figura 16 - Hugo de Vries, Carl Correns e Erich von Tschermak	40
Figura 17 – Livro “ <i>The Mechanism of Mendelian Heredity</i> ” publicado pela equipe de Thomas Hunt Morgan em 1915.....	45
Figura 18 - Robert Feugen.....	46
Figura 19 - Phoebus Aaron Theodore Levene	46
Figura 20 - Os experimentos com ratos realizados por Griffith	46
Figura 21 - Erwin Schrödinger	47
Figura 22 - Oswald Avery e seus colaboradores Colin MacLeod e Mclyn MacCart.....	48
Figura 23 - Primeira pergunta apresentada aos estudantes na plataforma <i>Kahoot</i>	58
Figura 24 - Segunda pergunta apresentada aos estudantes na plataforma <i>Kahoot</i>	59
Figura 25 - Terceira pergunta apresentada aos estudantes na plataforma <i>Kahoot</i>	59
Figura 26 - Quarta pergunta apresentada aos estudantes na plataforma <i>Kahoot</i>	60
Figura 27 - Quinta pergunta apresentada aos estudantes.....	60
Figura 28 - Sétima pergunta apresentada aos estudantes na plataforma <i>Kahoot</i>	61
Figura 29 - Oitava pergunta apresentada aos estudantes na plataforma <i>Kahoot</i>	62
Figura 30 - Nona pergunta apresentada aos estudantes na plataforma <i>Kahoot</i>	62
Figura 31 - Décima pergunta apresentada aos estudantes	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Categorias e subcategorias após a etapa de categorização	24
Quadro 2 - Síntese da SD para desenvolver a BNCC utilizando da abordagem HFC	26
Quadro 3 - Perguntas do formulário impresso entregue aos estudantes.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATD.....Análise Textual Discursiva.

BNCC..... Base Nacional Comum Curricular.

CEP..... Comitê de Ética e Pesquisa.

CRMG.....Currículo Referência de Minas Gerais.

HFC.....História e Filosofia da Ciência.

MCA..... Movimento das Concepções Alternativas.

OC..... Objetos do conhecimento.

SD.....Sequência Didática.

TICs..... Tecnologias de Informação e Comunicação.

3MP..... Três Momentos Pedagógicos.

UT..... Unidade Temática.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
2.1 O papel da HFC no ensino de Ciências e Biologia.....	9
2.2 A História e Filosofia da Ciência no contexto educacional: Alguns problemas que ainda persistem.....	13
2.3 A presença da História e Filosofia da Ciência nos Currículos Brasileiros	16
2.4 A importância da História e Filosofia da Ciência (HFC) para o ensino de Genética.....	19
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA.....	21
3.1 Caracterização da Pesquisa.....	21
3.2 Caracterização do Cenário e Participantes da Pesquisa.....	22
3.3 Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados	22
3.4 Metodologia de Análises dos Dados	23
4 METODOLOGIA DE ENSINO: UM PRODUTO EDUCACIONAL PARA ABORDAR A HFC NO ENSINO DE BIOLOGIA	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA.....	33
5.1 Incorporação da HFC no ensino de Genética Básica	34
5.1.1 A compreensão e reflexão crítica dos estudantes acerca de conceitos, leis e teorias, a partir da abordagem HFC e suas implicações para o estudo de genética	34
5.1.2 Percepções dos estudantes acerca da estrutura e função do DNA ao longo do tempo	44
5.2 As potencialidades da abordagem histórica e filosófica para o ensino de genética	49
5.2.1 A compreensão e reflexão dos estudantes acerca das implicações sociais, culturais, tecnológicas, éticas e entre outras de genética	50
5.3 Avaliação do impacto da HFC na compreensão dos conteúdos de Genética Básica	55
5.3.1 A integração das Ferramentas Digitais com a abordagem HFC para o ensino dos conteúdos de Genética Básica	55

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....63

7 REFERÊNCIAS65

8 APÊNDICES E ANEXOS.....73

1 INTRODUÇÃO

Desde seus primórdios até os dias atuais, a ciência transformou-se em um processo contínuo de construção, influenciado por fatores sociais, políticos, culturais, econômicos, entre outros. Assim, quando falamos do termo ciência, fica evidente sua presença constante ao longo da história. Ela passou por inúmeros processos que resultaram na fundamentação de técnicas, ferramentas, no desenvolvimento da escrita e entre outras conquistas fundamentais para a evolução da sociedade humana (Rosa, 2012).

Neste contexto, a ciência passou por diversas mudanças e renovações, à medida que a humanidade foi compreendendo e desvendando o mundo à sua volta. Com isso, cabe-nos conhecer melhor o que é ciência e como se deu a sua origem, e que por vezes, não é fácil, devido à sua natureza. Nesta perspectiva, Peduzzi e Raicik (2020, p. 21) salientam que:

Ter um melhor entendimento da ciência e seus processos implica em reconhecê-la não apenas como um corpo de conhecimento bem estruturado, mas como uma maneira de ver, pensar e entender o mundo e seus fenômenos, que influencia e é influenciada pelas tradições de conhecimento e de cultura onde ela é praticada. (Peduzzi; Raicik, 2020, p. 21).

Para Fernandes *et al.* (2021, p. 95), a ciência tem o intuito de produzir conhecimento confiável sobre o funcionamento dos sistemas. Partindo deste pressuposto Pacheco e Martins-Pacheco (2008, p. 297) enfatizam que:

A ciência é um tipo de conhecimento que possui sua abrangência, suas limitações e também um sentido histórico. Como os demais conhecimentos, ela é produzida pelo homem e está em constante evolução. (Pacheco; Martins-Pacheco, 2008, p. 297)

Nesta perspectiva, é crucial compreender a ciência como uma atividade humana que não está restrita a erros. Entender a ciência como uma construção humana, que não representa uma verdade absoluta e imutável, mas, pelo contrário, é algo mutável e dinâmico, suscetível a equívocos, é de extrema importância para uma compreensão mais profunda tanto da ciência quanto do conhecimento científico. Partindo deste pressuposto, Castro (2016, p. 30) salienta que encarar a ciência como um produto acabado confere ao conhecimento científico uma falsa simplicidade que se revela uma barreira a qualquer construção, uma vez que contribui para a formação de uma atitude ingênua frente à ciência.

Quando pensamos a ciência, no cenário da educação atual, como Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil; 2018, Minas Gerais; 2018), em diversos momentos, percebe-se que ainda prevalece uma abordagem de seu ensino de maneira tradicional e nesta perspectiva, os estudantes são considerados sujeitos passivos no processo de ensino e aprendizagem. Para esta perspectiva, Santos (2011) *apud* Oliveira (2022, p. 4271) salienta que o foco principal das aulas

está no professor, que determina quais serão os conteúdos repassados aos estudantes, assim como a estrutura para conduzir o processo de ensino-aprendizagem. Destaca-se que com o ensino tradicional, os estudantes perdem o interesse pelas aulas dos conteúdos de Ciências da Natureza, tais como Ciências no ensino fundamental, Biologia, Física e Química no ensino médio, tornando as aulas pouco atrativas. A forma com que os conteúdos científicos são trabalhados, muitas vezes fazem que os estudantes não compreendam o que está sendo abordado, despertando uma falta de interesse e desmotivação.

A partir desta problemática, buscando que as aulas das disciplinas de Ciências da Natureza sejam mais dinâmicas e atrativas para os estudantes, o professor pode utilizar de inúmeras estratégias, recursos, abordagens e metodologias (Fernandes; Allain; Dias, 2022), que proporcionem uma maior aprendizagem e motivação dos estudantes. Considerando essa perspectiva, a adoção de uma abordagem de História e Filosofia da Ciência (HFC) no contexto educacional é justificada pela exigência de que os estudantes não apenas memorizem fórmulas, leis e teorias, para além disso Hidalgo e Junior, (2016, p. 24) destacam que a incorporação da HFC no ensino de ciências:

[...] pode ser considerada uma ferramenta de apoio ao professor no processo de promoção de ambientes de aprendizagem para que o aluno tenha a possibilidade de refletir tanto sobre o mundo em que vive, como sobre o próprio conhecimento.

A HFC, segundo Sousa *et al.* (2022, p. 123), “enquanto campo do conhecimento, se preocupa em refletir e interpretar os aspectos sociais, históricos e filosóficos no processo de construção da ciência e do conhecimento científico”. Para este contexto, a inserção de uma abordagem histórica no ensino pode ser bastante rica e relevante, já que a ciência está exposta a diversos fatores, sendo parte intrínseca da cultura humana e podendo ser interpretada como um instrumento de adaptação do ser humano ao mundo que o rodeia.

A HFC se caracteriza por ser um campo de estudo bastante vasto e que abrange diferentes áreas do ensino e, neste quesito, Martins (2007) afirma que:

A História e Filosofia da Ciência (HFC) apresenta múltiplas dimensões. Por um lado, representa um vasto campo de estudos e pesquisas que vem construindo, ao longo dos anos, suas bases teóricas e suas especificidades. Por outro lado, constitui-se em área do conhecimento com fortes e profundas implicações para a Didática das Ciências. (Martins, 2007, p.114)

A inserção de uma abordagem histórica no ensino de Ciências é capaz de tornar o conteúdo científico mais interessante para o estudante, favorecendo uma visão crítica a respeito da ciência e da tecnologia (Fernandes, 2007). É importante que o ensino de Ciências não envolva apenas conceitos, leis e teorias, mas busque trazer os diversos processos que permeiam

a ciência, interligando-os aos seus métodos e estrutura de desenvolvimento (Vannucchi, 1996, p.14).

Assim, Martins (2007, p. 114) salienta que, “a HFC pode ser pensada tanto como conteúdo (em si) das disciplinas científicas, quanto como estratégia didática facilitadora na compreensão de conceitos, modelos e teorias” (Martins, 2007, p. 114).

Neste contexto, pensando em um ensino de Ciências que se distancie do modo de ensino e aprendizagem “bancária” do ensino tradicional (Freire, 1987), a inserção da HFC no ensino de Ciências de certa forma pode ser uma importante ferramenta de apoio ao professor. Isso busca promover um ambiente de aprendizagem no qual o estudante possa refletir sobre o mundo em que vive, bem como sobre o próprio processo de construção do conhecimento, que se oponha ao ensino voltado para memorização de fórmulas, leis e teorias (Hidalgo; Lorencini Junior, 2016, p. 24).

Diversos documentos e currículos norteadores tais como Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG) (Minas Gerais, 2020) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), destacam a importância da inserção de uma dimensão histórica no ensino de áreas da Ciências da Natureza, Matemática e entre outras. Em evidência, a BNCC destaca que deve ser feita uma “contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia” (Brasil, 2018, p. 549).

A partir do exposto anteriormente, este trabalho apresenta a seguinte questão problema: *Como a inserção da HFC pode favorecer a compreensão mais ampla do objeto de conhecimento “Genética Mendeliana” e demais conceitos de Genética Básica presentes na BNCC e no CRMG?*

Neste sentido, o objetivo que direciona este trabalho consiste em: *Avaliar a percepção dos estudantes acerca dos conteúdos conceituais relacionados às temáticas de Genética Básica (Hereditariedade, Genética Mendeliana e Estrutura e Função do DNA) por meio da HFC, abordados em uma turma do 3º ano do ensino médio de uma escola estadual no município de Gouveia, em Minas Gerais.* Tomando a HFC como abordagem de ensino de Ciências, a questão problema como norteadora da pesquisa e buscando o alcance do objetivo geral proposto neste trabalho, apresentamos os seguintes objetivos específicos:

- a) Verificar a percepção dos estudantes acerca dos conteúdos conceituais de Genética Básica, desenvolvido a partir da abordagem HFC.
- b) Analisar a percepção dos estudantes, ao introduzir questões-problema relacionadas às implicações sociais, culturais, históricas e éticas, no conteúdo de Genética Básica e

desenvolvido a partir da abordagem HFC.

- c) Verificar se a integração de ferramentas digitais, tais como a simulação no *Mozaik 3D* e um quiz na plataforma *Kahoot* com a HFC para o ensino de Genética Básica, favorece a aprendizagem dos estudantes.

Assim, a HFC proporciona uma perspectiva na qual os estudantes podem compreender mais profundamente os conceitos e teorias, assim como as influências sociais, éticas e políticas que moldam o conhecimento científico em diferentes épocas. Isso permite entender a ciência e o conhecimento científico como construções humanas, sujeitas a limitações, erros, acertos e outros diversos aspectos. Nesse sentido, Nardi e Gatti (2016, p.16) destacam a importância da HFC ao ser inserida no ensino de Ciências, chamando a atenção para o consenso em diversas literaturas sobre os benefícios para a formação dos estudantes. Assim, neste trabalho, a utilização da HFC para ensinar a temática de Genética pode contribuir para a compreensão dos conceitos científicos e promover um entendimento mais amplo de como esses foram desenvolvidos e moldados ao longo do tempo. A integração da HFC não apenas poderá promover uma compreensão mais profunda sobre a Ciência e sua natureza, suas origens e o impacto na sociedade contemporânea, mas também enriquecerá a experiência educacional dos estudantes, proporcionando uma visão mais abrangente e crítica do mundo científico.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O papel da HFC no ensino de Ciências e Biologia

A HFC enquanto abordagem, segundo Barbosa e Aires (2017, p. 97), tem a capacidade de permitir que os estudantes compreendam o desenvolvimento da Ciência como um processo intrinsecamente ligado ao contexto histórico, às pessoas envolvidas, às controvérsias que surgem durante esse processo e as limitações das teorias propostas em diferentes épocas.

Para o ensino de Ciências, a abordagem HFC, permite compreender a natureza da ciência de maneira ampla e enriquecedora. Ela revela os diversos processos envolvidos na criação científica, assim como as evidências que sustentam uma teoria (Ramalho, 2021, p. 3).

Quando falamos da HFC no cenário do ensino de Ciências, Hidalgo (2016, p. 26) afirma que:

No Brasil, o Ensino de Ciências, a partir da HFC, tem sido abordado com certa ênfase desde a década de 70, influenciado pela expansão do Movimento das Concepções Alternativas (MCA), que passou a discutir a estagnação do modelo de ensino

“processo-produto” e a delinear novos caminhos para a pesquisa e Ensino de Ciências. (Hidalgo, 2016, p. 26)

Neste sentido, de acordo com Melo (2015), essa abordagem tem sido objeto de extensas discussões e pesquisas. Esses autores afirmam que a HFC no ensino pode, de certa forma, propiciar a formação de estudantes mais críticos em relação à sociedade. Isso implica uma aproximação deles às discussões científicas, aos acontecimentos sociais, políticos, econômicos e culturais, que agregam ainda mais o processo de construção do conhecimento (Leite, 2019).

Ainda assim, Pontes (2019) reforça que a HFC constitui uma área de conhecimento com grandes implicações no campo do ensino de Ciências. Isso favorece a utilização de discussões embasadas sobre a Natureza da Ciência, interligada aos seus procedimentos, desafios e limitações.

Por conseguinte, ao ser introduzida no ensino, a HFC busca, no contexto da aprendizagem, proporcionar uma compreensão da Ciência e de suas dimensões, considerando-a como um processo em constante construção e muitas vezes eliminando a visão de algo imutável. Segundo Castro (1992) *apud* Leite (2019), a HFC no ensino pode contribuir para reflexões e discussões sobre a Ciência, reconhecendo-a como uma atividade humana. Dessa forma, ela não é vista como uma verdade absoluta, mas sim como um processo árduo e longo. Nesse sentido, Forato (2011) *apud* Leite (2019), afirma ainda que:

[...] Preparar o estudante para lidar com as constantes inovações das ciências e tecnologias, além de entender a articulação entre os conteúdos científicos e seus usos sociais, significa promover o desenvolvimento de competências, visando contribuir para o complexo processo de ensino e aprendizagem. (Forato, 2011 *apud* Leite, 2019, p.5)

Assim, Nardi e Gatti (2016, p.16) destacam que atualmente existem muitos trabalhos que discutem a aproximação da HFC ao ensino, além de suas contribuições, sendo essa uma área que pode acarretar inúmeros benefícios no que se refere à formação dos estudantes. Em contrapartida, os autores notam que mesmo havendo inúmeros trabalhos que discorrem acerca da importância de se trabalhar com a HFC no contexto de ensino, ainda são poucos os trabalhos que envolvem intervenções didáticas.

A HFC apresenta um vasto campo veiculada ao ensino de Ciências e Biologia tendo em vista que, por meio dela é possível que o estudante entenda e discuta o conteúdo científico dentro do contexto histórico e filosófico que esteja inserido, complementando muitas vezes a metodologia aplicada ao ensino de Ciências atualmente. Neste sentido, Pagliarini (2006, p. 09) *apud* Pontes (2019, p. 4) relata que:

[...] a utilização de HFC no ensino exerce um papel fundamental no aprendizado de ciências, o uso frequente dessas histórias distorcidas sobre descobertas científicas se faz presente na nossa cultura e, portanto, nas aulas de ciências. Assim, é imprescindível, além da preocupação dos educadores sobre a inclusão de elementos de HFC no ensino, uma maior atenção com aqueles mitos que já fazem parte da sala de aula e que acabam por passar aos alunos uma visão completamente errônea sobre o desenvolvimento científico. (Pagliarini, 2006, p. 09 *apud* Pontes 2019, p. 4)

Neste contexto, a HFC é uma das abordagens mais citadas a ser trabalhadas dentro dos ambientes de ensino. Isso se deve ao fato de que essa abordagem apresenta múltiplas dimensões, ou seja, por um lado, ela engloba campos de investigação que incorporam estudos e pesquisas, fundamentando ao longo do tempo bases teóricas e suas especificidades (Fernandes, 2007, p.2). Em contraponto, ela estabelece relações com áreas do conhecimento que estão profundamente implicadas nas áreas da Ciência (Martins, 2007). Também é importante ressaltar que a HFC no ensino de Ciências e Biologia proporciona aos estudantes uma compreensão mais exploratória dos aspectos que são ali apresentados, tornando o ensino mais flexível ao possibilitar uma análise em diversas vertentes, valorizando o dialogismo, fundamentando-se em discussões críticas voltadas para uma aprendizagem mais participativa. Dessa forma, tanto o professor quanto o estudante adquirem uma visão mais objetiva e clara a respeito da atividade científica.

Autores como Matthews (1995) *apud* Assis (2014, p. 154) afirmam que “a introdução da história e da filosofia da ciência, portanto, favoreceria um ensino de Ciências de melhor qualidade e mais de acordo com a sua verdadeira natureza”. Neste sentido, como salienta Castro (2016), a HFC nos proporciona um olhar diferente sobre os conceitos e conteúdos, levando em consideração que, ao conhecer os aspectos historiográficos desses termos, estamos buscando, entre outras coisas, suas evoluções e a identificação com as diversas formas e contextos empregados no cotidiano do estudante. Por conseguinte, quando relacionamos os conteúdos abordados no ambiente educacional à dimensão histórica, ela fundamenta os conhecimentos adquiridos e os torna mais atrativos, bem como mais próximos ao contexto em que esses estudantes estão inseridos.

Em virtude disso, é importante ressaltar que a HFC permite aos estudantes compreenderem leis, conceitos, métodos e teorias que, muitas vezes, são transmitidos a eles sem nenhum contexto histórico ou de forma superficial pelo professor. É neste sentido que Santos (2001) *apud* Martins (2012, p. 03) afirma que a HFC “Em suma: não basta saber ciência, é preciso saber sobre a ciência”. Nesta perspectiva, Martins (2007) *apud* Santos *et al.* (2017, p. 356) salientam que:

A História e Filosofia da Ciência (HFC) se apresenta no Ensino de Ciências na medida em que pode contribuir para: evitar as visões distorcidas sobre o fazer científico, bem como conhecer uma forma de associar os conhecimentos científicos com os problemas

que originaram sua construção; proporcionar uma intervenção mais autônoma, reflexiva e qualificada em sala de aula; permitir uma compreensão mais dinâmica, não fechada e refinada dos processos de ensino e aprendizagem e da Ciência. (Martins, 2007 *apud* Santos *et al.* 2017, p. 356)

Assim, é perceptível que os conteúdos abordados passam a ser trabalhados de maneira mais contextualizada ao passo que os estudantes vão construindo uma visão mais coerente do que é Ciência e do fazer científico. Matthews (1995) *apud* Assis (2014, p. 154) ainda relata que a HFC pode promover no estudante o desenvolvimento do seu senso crítico, favorecendo também a superação da falta de significado, lacuna muito presente na abordagem dos conteúdos de ciências. Também é importante ressaltar que a HFC quando empregada no ensino estabelece o professor “rever seus próprios conhecimentos, sua formação e seu aperfeiçoamento profissional, na busca de novas práticas e metodologias a fim de ministrar um ensino de qualidade e em consonância com o mundo atual” (Bonzanini; Bastos, 2013 *apud* Santos, 2017, p. 358).

Em contrapartida, quando se fala da abordagem HFC, alguns autores como Ciclini (1992, p. 7) *apud* Teófilo (2018, p. 784) relata que ao justificar o emprego de uma abordagem histórica no ensino de Biologia, “a aquisição do conhecimento cientificamente produzido pela sociedade deve acontecer de forma organizada e sistematizada pelo processo de aprendizagem, para que o aluno [...] atue sobre a sua realidade de forma crítica” (Ciclini, 1992, p. 7 *apud* Teófilo, 2019, p. 784). Em contraponto, Pagliarini (2007, p. 103) *apud* Teófilo (2019, p. 785) afirma que:

[...] ao lado das potencialidades que a história e a filosofia da ciência trazem e que podem promover o ensino de ciências, caminham alguns elementos que podem prejudicar o seu ensino. Entre eles, a presença de uma história distorcida e demasiada simples, apresentada de forma a valorizar nos conhecimentos e teorias passadas apenas as ideias aceitas atualmente como corretas. Esse tipo de narrativa histórica seleciona e molda alguns episódios e personagens para uma apresentação linear e simples, e reforçam concepções de senso comum sobre a natureza da ciência. (Pagliarini, 2007, p. 103 *apud* Teófilo, 2019, p. 785)

Buscando desmitificar a ciência como algo imutável, que envolva não apenas seus produtos, como leis, teorias e processos, a inclusão da HFC no ensino de Ciências, segundo Vannucchi (1996, p.14) “pode contribuir com exemplos históricos de investigação, experimentação, hipóteses inesperadas, consolidação e substituição de teorias e modelos”, (Vannucchi, 1996, p.14). Conforme nos relata Sterngers (2007, p. 12) *apud* Maurente (2021, p. 2382):

A história das ciências não tem por atores seres humanos “a serviço da verdade”, se essa verdade deve se definir segundo critérios que fogem à história, e sim seres humanos “a serviço da história”, que têm como problema transformar a história e transformá-la de maneira tal que seus colegas, mas também aqueles que, após eles,

forem escrever a história, sejam obrigados a falar de sua invenção como de uma “descoberta” que outros teriam podido fazer. (Sterngers, 2007, p. 12 *apud* Maurente, 2021, p. 2382)

Tendo isso em consideração, para Hidalgo (2016), um dos obstáculos para a inserção da HFC no ensino de Ciências é:

[...] a pouca disponibilidade de textos que possam subsidiar o trabalho dos alunos em sala; a falta de um espaço curricular suficiente para a inserção dos aspectos da HFC; o fato de o uso de relatos históricos, que em alguns casos, propiciarem confusões sobre os aspectos da ciência, entre outros. (Hidalgo, 2016, p.28)

Por conseguinte, Ribeiro (2018) refere-se, em um de seus trabalhos, à HFC, destacando que ela tem muito a contribuir para o ensino. Em contrapartida, a HFC como abordagem de ensino, ainda apresenta muitos empecilhos e dificuldades que a tornam difícil de ser utilizada em sala de aula. Desta forma, na próxima seção, iremos abordar essas questões com maior ênfase.

2.2 A História e Filosofia da Ciência no contexto educacional: Alguns problemas que ainda persistem

Fernandes (2007) salienta que existem vários desafios para a inserção da HFC no ensino de Ciências. Gatti e Nardi (2016, p. 17) também apresentam várias questões associadas à ausência de uma abordagem histórica no cenário educacional. Um desses problemas refere-se ao processo de ensino dos conteúdos científicos, que são desenvolvidos como uma coleção de fatos imutáveis, aproximando-se do ensino tradicional. Em outras palavras, trata-se de um processo de transmissão que não permite reflexão.

Nessa perspectiva, a incorporação de uma abordagem histórica poderia favorecer o afastamento desse modo de ensino e aprendizagem descontextualizado. Assim, como Monteiro e Martins (2015) indicam, é necessário criar um contexto no qual seja possível adotar um ensino e aprendizagem que aborde questões pertinentes ao desenvolvimento científico, contribuindo para o entendimento das inúmeras relações da ciência com diversas esferas, sejam elas sociais, tecnológicas e/ou científicas, promovendo a compreensão da ciência como uma atividade cultural e histórica.

A introdução da HFC, como abordagem no ensino de Ciências, nas últimas décadas, tem sido fonte de muita discussão e pesquisa (Melo, 2015). Silva (2017) afirma que, atualmente, o ensino de Ciências persiste em situações não muito agradáveis. Muitas práticas de ensino ainda envolvem modelos tradicionais devido à falta de instrumentos e materiais, o que acarreta grandes desafios e dificuldades que os professores precisam enfrentar para elaborar suas aulas.

Além disso, a baixa remuneração e as más condições de trabalho também são fatores que desfavorecem a ação docente. Outro ponto a se destacar é a apresentação dos conteúdos científicos aos estudantes, em que ainda existe a tendência e exigência de que eles têm o papel de memorizar teorias, leis e regras sem conseguir atribuir-lhes significados. Assim, Driver *et al.* (1999) *apud* Viecheneski, *et al.* (2012, p. 856) relatam que:

A aprendizagem das ciências envolve inserir o aluno em um mundo de significados novos. Implica em iniciá-lo em um modo diferente de pensar, ver e explicar o mundo – o modo científico - e de familiarizá-lo com uma linguagem diferente daquela utilizada no cotidiano – a linguagem científica que possui características próprias da cultura científica. (Driver *et al.* 1999 *apud* Viecheneski *et al.* 2012)

Ribeiro (2018) salienta que dentre os desafios, também existe a falta de material didático adequado. Em sua grande maioria, falta integração entre os conteúdos históricos e filosóficos com os conteúdos científicos. Além disso, há a falta de flexibilização referente ao currículo escolar, que atualmente, devido a BNCC e o CRMG, para atender a matriz de referência do SAEB, os professores precisam seguir um cronograma rígido ao longo do ano letivo (Souza; Fernandes, 2022).

A ausência dessa abordagem nos materiais didáticos, a neutralidade que a ciência adquire ao ser apresentada como algo imutável, conferindo-lhe uma qualidade de produto acabado que acarreta numa visão falsa e simplista, além de ser apenas uma transmissão de conceitos e teorias, tornam-se empecilhos que, de certa forma, garantem uma grande distância entre a importância atribuída à HFC e sua efetiva utilização. Nessa perspectiva, Gatti e Nardi (2016) apresentam a problemática relacionada ao livro didático. Os autores afirmam que esta é uma das principais fontes de consulta dos professores. É nesse contexto que Beltran *et al.* (2014, p. 32) destacam que a maioria dos materiais de História da Ciência disponíveis para os professores está defasada. Os autores enfatizam que esses materiais estão baseados em uma historiografia que remonta ao início do século XX. Essa, por sua vez, tinha como objetivo descrever as grandes narrativas e era influenciada por uma visão positivista da Ciência.

Ainda pensando sobre a questão do livro didático, se faz necessário destacar que sua utilização implica em várias limitações decorrentes da centralização do ensino de Ciências, o que de acordo com a visão de Aragon, Martinez e Giglio (2016), essa centralização no livro didático restringe não apenas a formação dos estudantes, mas também a capacidade de desenvolver um pensamento reflexivo e crítico sobre os diversos aspectos que envolvem a ciência.

Desta forma, Díaz (2011) *apud* Aragon, Martinez e Giglio (2016) salienta que o livro didático assume “um papel significativo na definição do currículo que se vai ensinar”. No

entanto, segundo os autores, ao adotar esse material como principal instrumento no ensino, muitas vezes são deixadas de lado as questões problematizadoras que os estudantes poderiam apresentar durante a aula. Isso reduz o diálogo entre os estudantes e, conseqüentemente, pode acarretar um ensino monótono e desmotivador (Aragon; Martinez; Giglio, 2016).

Além das questões mencionadas anteriormente, Gatti e Nardi (2016) apresentam outros dois aspectos. O primeiro está relacionado à ausência de formação dos professores em disciplinas voltadas para a HFC. O segundo aspecto refere-se à maneira como esses conteúdos são abordados, ou seja, de forma que o conhecimento científico atual seja sempre considerado o resultado linear de conhecimentos preexistentes. Além disso, essa abordagem linear em relação à HFC pode levar à valorização de certos eventos na história da ciência em detrimento de outros. Para a questão da abordagem linear de conteúdos científicos, quando pensamos na HFC, Carneiro e Gastal (2005, p.39) salientam que:

Ao eliminarmos da história os problemas que levaram os pesquisadores da época, os obstáculos encontrados, as falsas pistas seguidas e as controvérsias que existiam, seguimos o programa positivista da educação científica. (Carneiro; Gastal, 2005, p.39)

Por conseguinte, autores como Auler (2007) *apud* Preciozo, Adams e Nunes (2022, p. 4) destacam que atualmente, os conteúdos Ciências da Natureza são abordados pontualmente e de forma desconexa com a vida do aluno na sociedade. Assim, muitas vezes o estudante se sente desmotivado pelo fato dessa carência apresentada no decorrer da sua formação.

Também é importante destacar que dentro dos ambientes de ensino, os professores apresentam dificuldades em trabalhar com a HFC, já que muitas vezes não tiveram contato com disciplinas que abordassem a HFC durante sua formação. Quando o docente trabalha com a HFC no contexto escolar, observa-se que ele tende a usá-la como uma abordagem de ensino superficial, ilustrativa e voltada para a introdução de assuntos e temas regulares do currículo (Martins, 2012).

Outro ponto a ser mencionado é a falta de interesse dos estudantes. Segundo Ribeiro (2018), muitos deles não têm o hábito da leitura e compreendem os conteúdos científicos de maneira superficial, sem relacioná-los às questões históricas e filosóficas da ciência. Isso acarreta dificuldades na compreensão de significados, deixando lacunas muito presentes nos conteúdos de Ciências.

Partindo desse preceito, Takahashi e Bastos (2016, p. 34) destacam que a abordagem da HFC não só na educação básica, mas também no ensino superior, apresenta inúmeros problemas. Estes incluem a falta de consideração pelos contextos sociais, políticos, culturais e econômicos, que possuem uma relação intrínseca com a ciência e a construção do conhecimento

científico. Além dos problemas já discutidos anteriormente, os autores também enfatizam a questão do modo de abordagem, ou seja, a tendência de dar ênfase aos conhecimentos científicos atuais como verdades imutáveis.

De fato, a HFC possui o potencial de tornar as aulas de Ciências muito mais cativantes, estimulando debates e, por conseguinte, fomentando a compreensão de diversos aspectos históricos e filosóficos ligadas à ciência. Ao adotar uma abordagem apropriada da HFC no ensino, é possível evitar uma abordagem do conteúdo científico, frequentemente carentes de significado para os estudantes. Partindo deste pressuposto, Castro (2016, p. 30) traz que:

A introdução da dimensão histórica no conteúdo científico teria assim, a capacidade de tornar o conteúdo mais interessante por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas do próprio homem, que antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece. (Castro, 2016, p. 30)

2.3 A presença da História e Filosofia da Ciência nos Currículos Brasileiros

Muitos pesquisadores consideram a HFC importante para o ensino, visto que, ela tem sido apontada como fundamental para a interpretação e compreensão dos diversos aspectos científicos apresentados aos estudantes (Guarnieri *et al.* 2021), aproximando-os dos fatos e acontecimentos históricos, isso os faz romper com a visão muitas vezes apresentada a eles de uma ciência dogmática.

Vimos anteriormente que existem inúmeros aspectos que impedem o uso da HFC no ensino de Ciências, mas de acordo com Nardi e Gatti (2016, p. 17), o currículo prescrito é um dos principais dificultadores para o desenvolvimento da HFC como abordagem de discussão dos conteúdos científicos. As orientações curriculares frequentemente ignoram a importância da HFC no processo de aprender Ciência e aprender sobre a Ciência. É nessa perspectiva que Nardi e Gatti (2016, p. 17) salientam que há muitos desafios e problemas para a implementação da HFC.

Atualmente, o ensino está sendo orientado pelos pressupostos curriculares da BNCC e do CRMG que tentam auxiliar os professores na organização dos conteúdos a serem ensinados nas suas aulas. Desta forma, a BNCC (Brasil, 2018) busca se mostrar como:

[...] um documento plural, contemporâneo, e estabelece com clareza o conjunto de aprendizagens essenciais e indispensáveis a que todos os estudantes, crianças, jovens e adultos, têm direito. Com ela, redes de ensino e instituições escolares públicas e particulares passam a ter uma referência nacional obrigatória para a elaboração ou adequação de seus currículos e propostas pedagógicas. Essa referência é o ponto ao qual se quer chegar em cada etapa da Educação Básica, enquanto os currículos traçam o caminho até lá. (Brasil, 2018, p. 5)

Neste sentido, Monteiro e Martins (2015) salientam que é possível encontrar, em documentos de orientações para a educação básica, a recomendação de inserir conteúdos que apresentem uma dimensão histórico-filosófica. Nesta perspectiva, autores como Siqueira e Pinheiro (2022 p. 524) trazem que na BNCC, “a HFC é apontada, mesmo que de forma esparsa, como um possível recurso didático e apresentada como um elemento indispensável no desenvolvimento de competências e habilidades educacionais”.

Assim, é importante ressaltar que tanto a BNCC quanto o CRMG tentam propor mecanismos para preparar os estudantes na construção de um olhar crítico voltado para uma sociedade mais justa, democrática e inclusiva, por meio da aplicação de atividades diversificadas. Isso permite que os estudantes possam se adequar e se inserir no contexto apresentado em tais documentos, o que nas palavras de Martins (2020) *apud* Cavalheiro (2021, p. 2) é “amplamente criticado pela literatura de formação de professores que pondera que o documento reforça desigualdades, em especial entre escolas públicas e privadas e que atende os interesses mercadológicos”.

De acordo com Piffero (2020), a BNCC busca o desenvolvimento e estímulo dos estudantes para a resolução de situações mais complexas relacionadas aos fatos e/ou acontecimentos presentes em seu cotidiano. Entre as dez competências gerais do documento, uma delas destaca a importância de conhecimentos historicamente construídos por parte dos estudantes (Brasil, 2018). Nessa perspectiva, a BNCC (Brasil, 2018) apresenta um trecho sobre a HFC,

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimento humanos e sociais. Na BNCC, portanto, propõe-se também discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. (Brasil, 2018, p. 549)

Alguns autores apontam observações sobre a presença na HFC na BNCC, entre eles, Cavalheiro (2021) afirma que as informações sobre a HFC presentes na BNCC são mencionadas com certa incoerência e, na maioria das vezes, sem explicações adequadas. Isso pode levar os docentes a enfrentarem dúvidas que dificultam o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que carecem de um aprofundamento sobre como trabalhar a HFC na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Guarnieri *et al.* (2021) afirma que os textos introdutórios na área das Ciências da Natureza presentes na BNCC, relacionados ao ensino médio, demonstram uma apropriação

associada à área da HFC. No entanto, essa abordagem não se sustenta ao longo do documento e nas seções de competências e habilidades, que são os pilares principais do documento.

Quando se busca analisar a aprecepção de diferentes autores a respeito da presença da HFC no CRMG (Minas Gerais, 2020), encontra-se uma escassez de trabalhos que discutem tal problemática. Neste sentido, visando fazer uma análise da área da Ciências da Natureza, o CRMG, a respeito de uma abordagem histórica, enfatiza que:

A área de Ciências da Natureza aborda o conhecimento científico nos aspectos físicos, químicos e biológicos, por meio da investigação da natureza para interpretar de forma crítica e analítica os fenômenos naturais observados, resultantes das relações históricas, sociais e econômicas, visando à formação de sujeitos que atuem como agentes questionadores e transformadores, conscientes de sua responsabilidade frente aos fenômenos naturais. (Minas Gerais, 2020, p. 731)

Para esta perspectiva apresentada pelo CRMG, o ensino de Ciências da Natureza deve “associar explicações e/ou modelos à evolução histórica dos conhecimentos científicos envolvidos” (Minas Gerais, 2020, p. 731).

Para o ensino médio, ao analisar o que o CRMG enfatiza sobre a segunda e terceira competência, percebe-se que esse documento destaca a necessidade de uma contextualização histórica para a abordagem dos conteúdos de Ciências Biológicas. Portanto, é viável considerar a possibilidade de desenvolver uma abordagem dos temas de Biologia em um contexto histórico, de modo que haja embasamento no campo da investigação científica e tecnológica (Minas Gerais, 2020, p. 180).

Outro ponto que chama a atenção no CRMG do ensino médio é a questão da interdisciplinaridade, na qual esse currículo destaca que essa forma de abordar os conteúdos científicos deve estar presente no cenário do ensino de Biologia. Nessa perspectiva, o CRMG salienta:

[...] a interdisciplinaridade está relacionada ao conceito de contextualização sócio-histórica como princípio integrador do currículo. Isto porque ambas propõem uma articulação que vá além dos limites cognitivos próprios das disciplinas escolares, sem, no entanto, recair no relativismo epistemológico. Ao contrário, elas reforçam essas disciplinas ao se fundamentarem em aproximações conceituais coerentes e nos contextos sócio-históricos, possibilitando as condições de existência e constituição dos objetos dos conhecimentos disciplinares. (Dceb, 2008 *apud* Minas Gerais, 2020, p. 180)

Assim, ao destacarmos a questão da interdisciplinaridade, Cheiram, Albarello e Carlesso (2018) afirmam que “a interdisciplinaridade aproxima os conteúdos de sala de aula para o contexto dos alunos, tornando-se assim uma aprendizagem mais significativa e próxima da realidade”. Sendo assim, conforme observado por Garrutti e Santos (2004, p. 187) *apud*

Cheiram, Albarello e Carlesso (2018) sendo a interdisciplinaridade capaz de “constituir a consciência pessoal e totalizada”.

Neste trabalho, abordaremos objetos de conhecimento/conteúdos relacionados à genética, e que estarão baseados na HFC. Na BNCC, esse conteúdo engloba as competências gerais de: Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva. Para atingir essas competências, trabalharemos com a seguinte habilidade: *EM13CNT301 - Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica*, (Brasil, 2018, p. 559).

Já o CRMG abarca as unidades temáticas presente no Plano de curso: Biodiversidade e Energia com as seguintes habilidades: Conhecer o modelo da molécula do DNA, de modo a explicar como se dá o processo de autoduplicação desta molécula e o significado desse processo na transmissão de caracteres; Estabelecer relação entre DNA, código genético, fabricação de proteínas e determinação das características dos organismos; Avaliar textos e discutir sobre patentes e tecnologias do DNA; Comparar as explicações utilizadas por Darwin e por Lamarck sobre as transformações dos seres vivos; Identificar as semelhanças e diferenças entre as teorias evolucionistas; Reconhecer que os seres vivos se transformam ao longo do tempo evolutivo; Reconhecer o papel das mutações e da recombinação como fonte de diversidade, (Minas Gerais, 2020).

Cabe destacar que uma abordagem histórico-filosófica pode favorecer para uma compreensão mais aprofundada desses conteúdos, os quais frequentemente são de difícil compreensão por parte dos estudantes. Desta forma, na próxima seção, iremos abordar com maior ênfase como essa abordagem pode ser relevante para o ensino de Genética.

2.4 A importância da História e Filosofia da Ciência (HFC) para o ensino de Genética

Quando se ensina uma temática com foco na HFC, é essencial prestar atenção nos diversos acontecimentos que exerceram influência direta sobre a ciência e o conhecimento científico. Nessa perspectiva, o ensino de Ciências deve abordar os conteúdos de maneira que estabeleçam relações com os mais diversos contextos. Isso permite trazer diversas temáticas de forma mais contextualizada e favorece a construção do conhecimento (Marandino *et al.* 2016).

De fato, a maneira como algumas temáticas são abordadas pode acarretar uma grande dificuldade de compreensão por parte dos estudantes. Desta forma, ao pensar na inserção de temas relacionados à genética no cenário educacional, Kovaleski e Araújo (2013) salientam que “estudos mostram que a genética é vista pelos alunos como um assunto bastante abstrato e difícil de compreender, assim, os professores enfrentam inúmeros problemas ao buscar ensiná-la”. Além disso, Carboni e Soares (2001) *apud* Kovaleski e Araújo (2013) destacam que:

Os educandos consideram a genética um dos conteúdos mais difíceis de Biologia, já que para compreendê-la devem ser capazes de relacionar conhecimentos de outras áreas, tais como citologia e biologia molecular, com os conteúdos apresentados na genética. (Kovaleski; Araújo, 2013, p. 155)

Atualmente, o ensino de Genética estabelece conexões com várias questões cotidianas. No entanto, autores como Scheid e Ferrari (2006, p. 17) ressaltam que os resultados de pesquisas na área do ensino de Ciências são preocupantes, pois indicam que os estudantes, ao concluírem a educação básica, não possuem um entendimento sólido dos conceitos fundamentais de Genética, tais como a relação entre gene/cromossomo e o propósito dos processos de mitose e meiose.

Nessa mesma linha de pensamento, Mascarenhas *et al.* (2016, p. 7) enfatizam que temas relacionados à Genética são frequentemente abordados nos meios de comunicação. Assim, torna-se necessário um ensino que permita aos estudantes associarem esses temas, regularmente presentes em seu cotidiano, aos conceitos discutidos em sala de aula. Entretanto, o autor também observa que a forma como esses conteúdos são abordados torna o processo de ensino e aprendizagem monótono, resultando em consideráveis dificuldades para os alunos na compreensão desta temática.

Nota-se a presença de diversos problemas no cenário educacional relacionados ao ensino de Genética básica. Por exemplo, Camargo e Malachias (2007, p. 14) destacam que conceitos incorretos estão sendo ensinados aos estudantes, o que contribui para uma visão positivista e ingênua da ciência. Nessa mesma perspectiva, Scheid e Ferrari (2006, p. 17) enfatizam que:

No que se refere ao ensino de Genética, um dos maiores problemas encontrados reside na veiculação da ideia/visão de Ciência como verdade inquestionável. Esta concepção dificulta o entendimento da natureza da atividade científica e desestimula os estudantes. A concepção positivista de Ciência, ainda muito presente impõe uma racionalidade técnica que faz com que, muitas vezes, os professores sintam-se responsáveis pela detenção das verdades definitivas que deverão transmitir aos estudantes. (Scheid; Ferrari, 2006, p.17)

A partir do que foi destacado, a utilização da HFC para o ensino de Genética pode se constituir em uma alternativa valiosa para superar as lacunas de ensino e aprendizagem sobre este conteúdo. Neste contexto, como destacam Kovaleski e Araújo (2013, p. 155):

Diante das dificuldades encontradas, introduzir a História da Ciência no estudo da Genética pode ser uma estratégia eficiente para o seu ensino, fazendo com que os estudantes, ao olharem o passado, compreendam melhor como se comporta a ciência contemporânea. A partir desta estratégia, possibilita-se que os educandos desenvolvam um pensamento crítico, quando passam a perceber as fundamentações e falhas do conhecimento científico, tornando assim, o estudo mais dinâmico e interessante. (Kovaleski; Araújo, 2013, p. 155)

Com base no que foi apresentado ao longo deste tópico, é possível observar que, apesar dos problemas e dificuldades no ensino de genética, a HFC pode desempenhar um papel de grande importância para superar esses desafios e facilitar uma melhor aprendizagem desta área de conhecimento por parte dos estudantes.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

3.1 Caracterização da Pesquisa

Este trabalho consiste numa pesquisa de abordagem qualitativa (Neves, 1996). Neste sentido, Neves (1996) afirma que modelos qualitativos assumem diferentes técnicas a fim da interpretação e compreensão de eventuais fenômenos do nosso cotidiano.

Por conseguinte, Manning (1979, p. 668) *apud* Neves (1996, p. 01) relata que “o trabalho de descrição tem caráter fundamental em um estudo qualitativo, pois é por meio dele que os dados são coletados” e a partir disso que o pesquisador qualitativo realiza a sua pesquisa.

Este trabalho também consiste em uma pesquisa exploratória explicativa, uma vez que,

A pesquisa explicativa é um tipo de pesquisa mais complexa que as outras, pois, além de registrar, analisar, classificar e interpretar os fenômenos estudados, procura delimitar seus fatores determinantes. É a pesquisa que procura explicar a razão das coisas, ao aprofundar o conhecimento sobre a realidade. (Andrade, 2002 *apud* Munaretto; Corrêa; Da Cunha, 2013 p. 10)

Quanto ao método, esta pesquisa se caracteriza como pesquisa-ação, ou seja, método que há o envolvimento do pesquisador. Neste sentido, Baldissera (2001) ressalta que

A pesquisa-ação como método agrega várias técnicas de pesquisa social. Utiliza-se de técnicas de coleta e interpretação dos dados, de intervenção na solução de problemas e organização de ações, bem como de técnicas e dinâmicas de grupo para trabalhar com a dimensão coletiva e interativa na produção do conhecimento e programação da ação coletiva. (Baldissera, 2001, p. 7)

Quanto ao delineamento da pesquisa, este trabalho se caracteriza como uma pesquisa de campo, uma vez que se busca realizar a coleta de dados junto aos estudantes de uma escola pública.

Por fim, quanto à ética da pesquisa, o estudo desenvolvido foi elaborado respeitando a privacidade dos participantes, faz parte de um conjunto de ações para fortalecer e compreender a educação básica, e está amparado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP), dentro de um projeto maior denominado “Caracterização dos projetos, programas e ações de intervenção em Ciências Naturais nas escolas vinculadas à Superintendência Regional e Secretaria Municipal de Ensino de Diamantina” com o número CAAE 64530622.1.0000.5108.

3.2 Caracterização do Cenário e Participantes da Pesquisa

O local para a realização da pesquisa se situa em uma escola estadual da cidade de Gouveia, localizada no estado de Minas Gerais. Essa instituição de ensino comporta em suas dependências 430 estudantes subdivididos em turmas do ensino médio (1° ao 3° ano).

A coleta de dados para a pesquisa foi realizada no primeiro semestre do ano de 2023, contando com o auxílio do professor da disciplina de Biologia. Foi selecionada para este estudo uma turma do 3° ano do ensino médio, composta por cerca de 23 estudantes, cujas idades variavam entre 16 e 18 anos.

Para preservar as identidades dos estudantes que participaram da pesquisa, seus nomes não serão divulgados. Portanto, ao longo do estudo, eles serão identificados como Estudante 1, Estudante 2, Estudante 3, e assim por diante.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Coleta de Dados

Os instrumentos e técnicas de coleta de dados foram desenvolvidos e aplicados dentro de uma Sequência Didática (SD), que será aprofundada no próximo capítulo, como um produto educacional que proporrá o ensino de Genética a partir da abordagem HFC. Dentre os principais métodos utilizados para coletar dados, incluem-se: análise das respostas e falas dos estudantes em relação a problematizações e percepções sobre o conteúdo abordado ao longo das aulas; um *quiz* online composto por questões de múltipla escolha que abordavam os conhecimentos adquiridos acerca da temática de Genética Básica; e um questionário impresso contendo perguntas abertas sobre a estrutura e função do DNA. Esses instrumentos e técnicas serão detalhadamente descritos no tópico “Metodologia de Ensino”.

3.4 Metodologia de Análises dos Dados

Para analisar os dados desta pesquisa, foi utilizada a Análise Textual Discursiva – ATD de Moraes e Galiazzi (2006) que contribuiu para responder os nossos objetivos.

1) *Seleção de corpus*: Para Moraes (2003) o *corpus* se constitui de produções textuais referentes a determinado fenômeno e originados em um determinado tempo, podendo, assim, serem interpretados, lidos e descritos. O *corpus* desta pesquisa é constituído pelas respostas dos estudantes aos questionamentos e problematizações feitos durante as aulas, bem como pelas respostas dos participantes originadas do questionário impresso e da atividade realizada no *Kahoot*.

2) *Unitarização*: Consiste na separação de textos por meio de unidades com seus respectivos significados. No entanto, essas unidades podem conseqüentemente gerar e formular outras unidades que de certa forma vão ser veiculadas a interlocuções empíricas e/ou teóricas, sendo também veiculadas até mesmo em interpretações do pesquisador. Neste contexto, a etapa de *unitarização* neste estudo consistiu em unitarizar as respostas dos estudantes participantes em unidades de significado.

3) *Categorização*: Para Moraes e Galiazzi (2007, p. 75) *apud* Achterberg e Scremin (2022, p. 67) constitui em um:

Processo de classificação em que elementos de base - as unidades de significado - são organizados e ordenados em conjuntos lógicos abstratos, possibilitando o início de um processo de teorização em relação aos fenômenos investigados”. (Moraes; Galiazzi, 2007, p. 75 *apud* Achterberg; Scremin, 2022, p. 67)

Assim, nesta pesquisa, as unidades de sentido, definidas no processo inicial de análise, foram agrupadas e reagrupadas de maneira semelhante, em diferentes momentos, possibilitando sua organização em três categorias pré-estabelecidas, juntamente com suas respectivas subcategorias emergentes, amparadas por definições e que estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Categorias e subcategorias após a etapa de categorização

Categorias – Pré-estabelecidas	Subcategorias – Emergentes	Definições
1- Incorporação da HFC no ensino de Genética Básica.	1.1 A compreensão e reflexão crítica dos estudantes acerca de conceitos, leis e teorias, a partir da abordagem HFC e suas implicações para o estudo de genética. 1.2 Percepções dos estudantes acerca da proposição da estrutura e função do DNA ao longo do tempo.	Busca investigar a percepção dos estudantes ao estudarem o conteúdo de genética básica incorporado com aspectos históricos e filosóficos, visando emergir conceitos científicos.
2- As potencialidades da abordagem histórica e filosófica para o ensino de genética.	2.1 A compreensão e reflexão dos estudantes acerca das implicações sociais, culturais, tecnológicas, éticas e entre outras de genética.	Visa averiguar o entendimento dos estudantes por meio de um questionário a respeito dos conceitos abordados, considerando aspectos históricos, as controvérsias, bioética e entre outros.
3- Avaliação do impacto da HFC na compreensão dos conteúdos de Genética Básica.	3.1 A integração das Ferramentas Digitais com a abordagem HFC para o ensino dos conteúdos de Genética Básica.	Busca utilizar a plataforma digital <i>Mozaik 3D</i> e aplicar uma atividade no <i>Kahoot</i> com conceitos básicos de genética, visando avaliar o nível de aprendizagem dos estudantes e a eficácia da abordagem HFC adotada nas aulas.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

4- *Metatextos*: Consiste na interpretação e na apresentação de textos que fundamentam as análises das categorias e subcategorias apresentadas na pesquisa. Os *metatextos* de cada categoria estão apresentados no capítulo “Resultados e Discussão da Pesquisa”.

Por fim, a ATD pode ser compreendida como um processo teórico-metodológico, em que o pesquisador interpreta, realiza e analisa argumentos, ideias, percepções e outros elementos essenciais para a criação dos *metatextos*, compreendido como uma fase final do processo.

4 METODOLOGIA DE ENSINO: UM PRODUTO EDUCACIONAL PARA ABORDAR A HFC NO ENSINO DE BIOLOGIA

Para a coleta de dados da presente pesquisa, foi elaborada e aplicada uma SD e que está sintetizada no Quadro 2. Entre as ações que compreendem e fundamentam uma SD, podemos constatar atividades de leitura; escrita; interpretação que transpassa o estudo da pragmática como um todo. Conforme apresenta Mantovani (2015, p. 3):

Uma sequência didática é composta por várias atividades encadeadas de questionamentos, atitudes, procedimentos e ações que os alunos executam com a mediação do professor. As atividades que fazem parte da sequência são ordenadas de

maneira a aprofundar o tema que está sendo estudado e são variadas em termos de estratégia: leituras, aula dialogada, simulações computacionais, experimentos etc. (Mantovani, 2015, p. 3)

Segundo Zabala (1998) *apud* Fernandes *et al.* (2022, p. 22), uma SD pode ser definida como um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (Zabala, 1998 *apud* Fernandes *et al.* 2022, p. 22).

Desta forma, a SD desenvolvida neste estudo visa explorar a temática da “Genética Básica” com base na HFC e foi acompanhada por diferentes estratégias (Quadro 2), tais como: questionamentos e discussões no início da aula para avaliar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema abordado; apresentação de textos, imagens e livros históricos para aprofundamento no conteúdo durante a segunda etapa; aplicação de um questionário impresso com questões abertas para que os estudantes pudessem expressar suas opiniões, percepções e compreensão do que foi discutido e trabalhado em sala de aula.

Adicionalmente, por meio da tecnologia digital do *Prezi*, que se constitui em um software para criar apresentações, no qual foi elaborado uma sequência de eventos organizados em uma linha do tempo com base em sua sucessão temporal, onde foram apresentados todos os eventos que culminaram para o entendimento do que é hereditariedade, genética mendeliana e a estrutura e função do DNA.

A partir disso, a aplicação da atividade foi realizada no mês de maio do ano de 2023. É importante destacar que a atividade em questão seguiu a proposição de SD apresentada por Fernandes, Allain e Dias (2022, p. 98-100).

Quadro 2 - Síntese da SD para desenvolver a BNCC utilizando da abordagem HFC

<p>Conteúdo a ser trabalhado a partir da BNCC e CRMG: Genética Básica Unidade Temática (UT): Biodiversidade Objetos do conhecimento (OC): Teorias da Evolução Biológica, Lamarckismo, Darwinismo, Evidências da Evolução Biológica Tempo estimado total: 3 aulas com 50 minutos cada.</p>			
ETAPAS	Descrição das Atividades	Nº Aulas/ Tempo	Estratégias Didáticas e Recursos para a abordagem HFC
Etapa 1	<p>Problemas iniciais: O que é hereditariedade? Quais os cientistas, estudiosos e pesquisadores foram importantes para a compreensão do que é hereditariedade? Como explicar a origem das variedades e como as características eram transmitidas?</p>	1 aula de aproximadamente 50 minutos.	Indagações feitas aos estudantes visando saber os conhecimentos prévios dos mesmos.
Etapa 2	<p>Estudo de Genética Básica a partir da abordagem HFC: 1. Abordagem do conteúdo na plataforma de ensino <i>Prezi</i>. 2. Vídeo acerca do modelo da Dupla Hélice do DNA, abordando a injustiça sofrida por Rosalind Franklin. 3. Simulador (<i>Mozaik 3D</i>) apresentando a estrutura do DNA.</p>	1 aula de aproximadamente 50 minutos.	Apresentação de textos históricos, imagens e livros históricas, esquemas, vídeos, simulações e entre outros. Plataforma <i>Prezi</i> . <i>Mozaik 3D</i> .
Etapa 3	<p>Reforço do conteúdo e novos conhecimentos: Aplicação de uma atividade no <i>Kahoot</i> e um questionário impresso.</p>	1 aula de aproximadamente 50 minutos	Questões sobre Genética básica, Genética Mendeliana e a estrutura e função do DNA na perspectiva da HFC.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

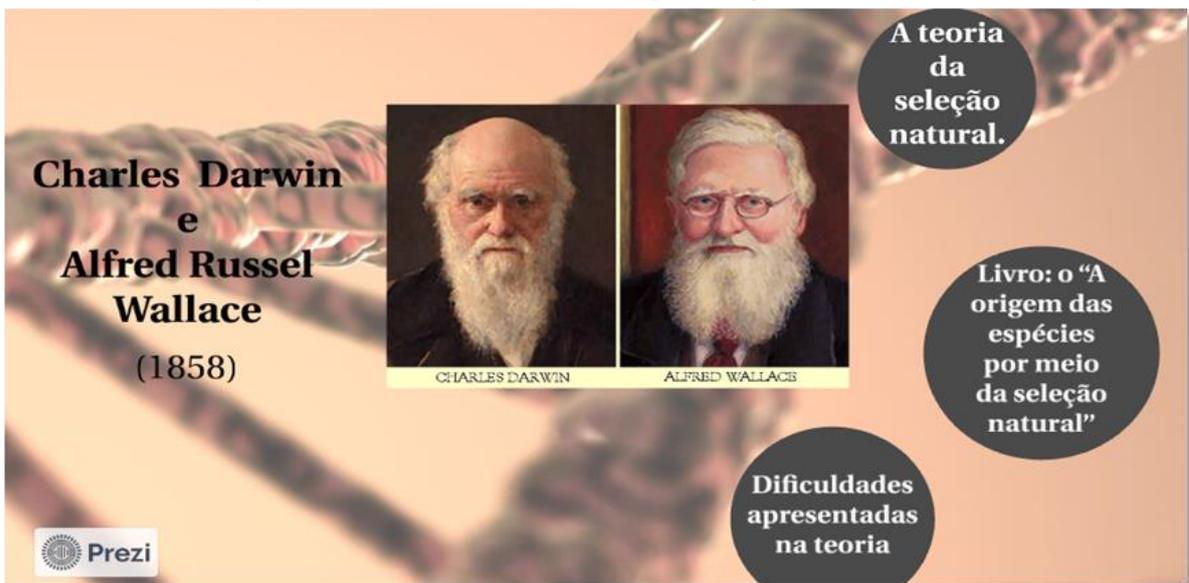
A atividade realizada ao longo do estudo da respectiva SD se organizou da seguinte maneira:

Etapa 1: problemas iniciais para o levantamento de conhecimentos prévios: Para fazer uma abordagem inicial da temática, iniciamos a aula com questionamentos aos estudantes sobre o que eles entendiam quando se fala sobre o termo Genética bem como as teorias que propuseram o estudo da mesma. Ao longo da apresentação dos conteúdos com base na HFC elucidaram como diversos cientistas, pesquisadores e estudiosos tiveram grande importância.

Neste sentido, posteriormente, fizemos um levantamento da compreensão que os estudantes possuíam sobre o conceito de “hereditariedade” e como ele mudou ao longo da história. No primeiro momento, buscou-se discutir as teorias pré-darwinianas, a herança dos caracteres adquiridos proposta por *Jean-Baptiste Lamarck*, e como tais teorias e conceitos foram posteriormente substituídas pela teoria da seleção natural de *Charles Darwin*. Além

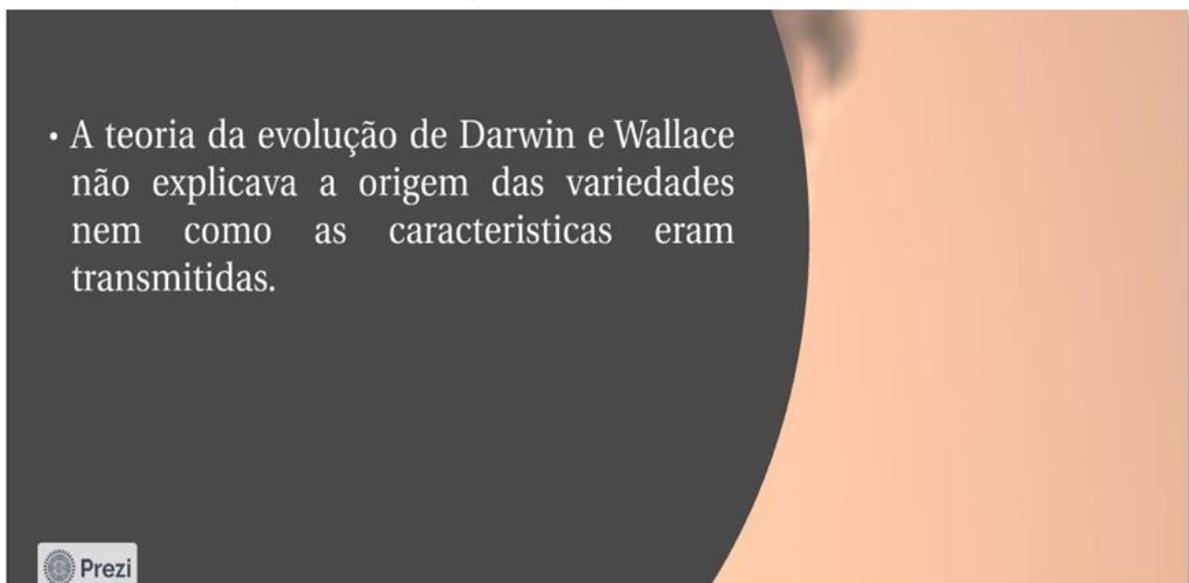
disso, foram apresentados as controvérsias e os desafios enfrentados para que tais teorias fossem aceitas, mas também os erros cometidos por Lamarck e o que a teoria de Darwin não conseguia explicar acerca do princípio da hereditariedade (Figura 1 a 4). A partir disso, buscou-se apresentar as contribuições de *Gregor Mendel*, suas leis da hereditariedade e a importância do mesmo para a compreensão de tais aspectos. Ao abordar o tema da hereditariedade com base na HFC, consideramos diferentes perspectivas, bem como as implicações éticas, sociais, culturais e entre outras relacionadas, visando que os estudantes compreendam que os conceitos inicialmente trabalhados se constituem em um processo complexo e em constante evolução.

Figura 1 - Problemas iniciais com a apresentação de vários autores



Fonte: Acervo do autor (2023).

Figura 2 - Problemas apresentados pelas teorias de Darwin e Wallace



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Figura 3 - Abordagem HFC envolvendo o cientista Mendel e sua teoria

Como os caracteres podem ser transmitidos de uma geração para outra?
Gregor Johann Mendel - 1822- 1884

O nascimento da genética.

Material de estudo

Leis fundamentais

Fonte: Acervo dos autores (2023).

Figura 4 - Autores que contribuíram para os estudos de Mendel

A redescoberta das leis de Mendel

- Contexto vivenciado na época: Na época o conhecimento era constituído de contribuições de áreas que **não interagem entre si**, pois a comunicação entre os cientistas era bastante restrita.
- Um bom exemplo disso é que os trabalhos de Mendel foram redescobertos apenas em 1900 pelos botânicos Hugo De Vries, Carl E. Correns e Erich von Tschermak.

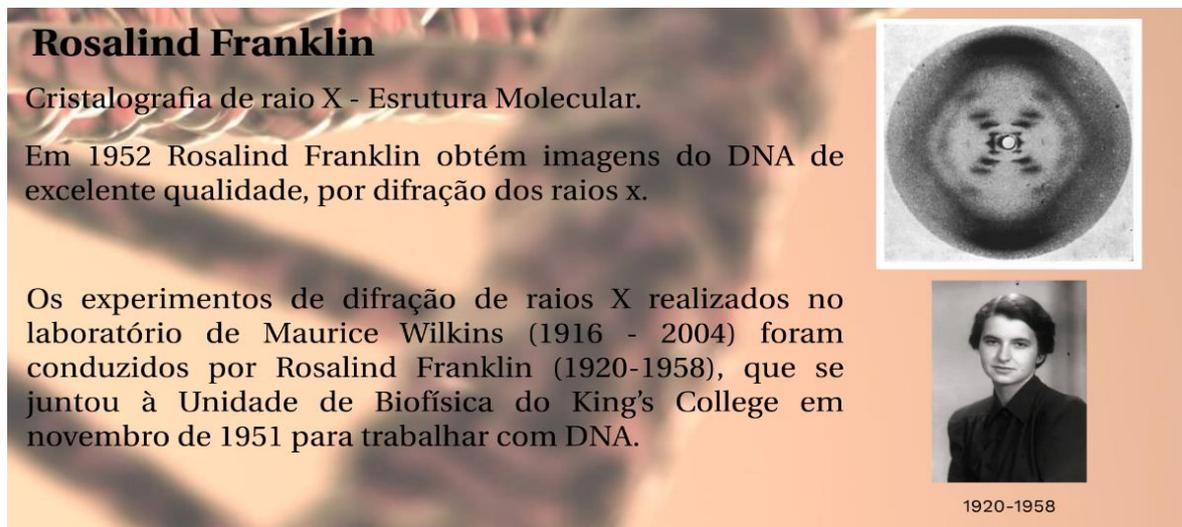
Hugo De Vries - 1848- 1935. Carl E. Correns - 1864- 1933. Erich von Tschermak-1871- 1962.

Fonte: Acervo dos autores (2023).

Etapa 2 - Estudo de Genética Básica a partir da abordagem HFC: Esta etapa consistiu na apresentação dos conteúdos teóricos a partir do software *Prezi*. Além disso, foram apresentados novos problemas e o entendimento dos estudantes sobre os termos: gene, genoma, cromossomo, gametas, genótipo, fenótipo, bem como diversos autores e pesquisadores da época que propuseram a utilização destes termos por meio das suas pesquisas e trabalhos publicados, tendo em vista a importância de tais termos para o estudo da Genética, visando por meio da abordagem dos conteúdos através da HFC, proporcionar uma compreensão mais ampla e crítica

sobre esse campo científico específico. Destaca-se que, nesta etapa, ao questionar os estudantes sobre a estrutura do DNA (Figura 5), tínhamos o intuito de desenvolver neles um entendimento mais crítico e contextualizado acerca dos diversos aspectos que permeiam esse campo científico fundamental, fazendo com que os mesmos compreendessem a importância histórica do conteúdo proposto, além de questionar seus fundamentos teóricos e considerar suas implicações na sociedade contemporânea. Ao trabalhar a estrutura do DNA, trouxemos o contexto histórico ligado à sua identificação, a partir da história sobre os estudos de *Rosalind Franklin*, a elucidação da estrutura do DNA e as adversidades e desafios que ela enfrentou. Além disso, exploramos o impacto da contribuição de *James Watson* e *Francis Crick*, que se apropriaram de forma indevida dos méritos dos estudos de *Rosalind Franklin*.

Figura 5 - Contexto histórico envolvendo a pesquisadora Rosalind Franklin



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Também nesta etapa, foram utilizadas ferramentas como vídeo do *Youtube* (Figura 6 e 7), trazendo a história de *Rosalind Franklin*, para debater questões que envolvem a bioética e o lugar da mulher na ciência, mostrando aos estudantes que o campo científico sofre influências sociais, culturais, éticas, políticas etc.

Figura 6 - Apresentação do vídeo narrando a história de Rosalind Franklin



Fonte: História Bla & Tube, 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PoSxxaVIwXk>.

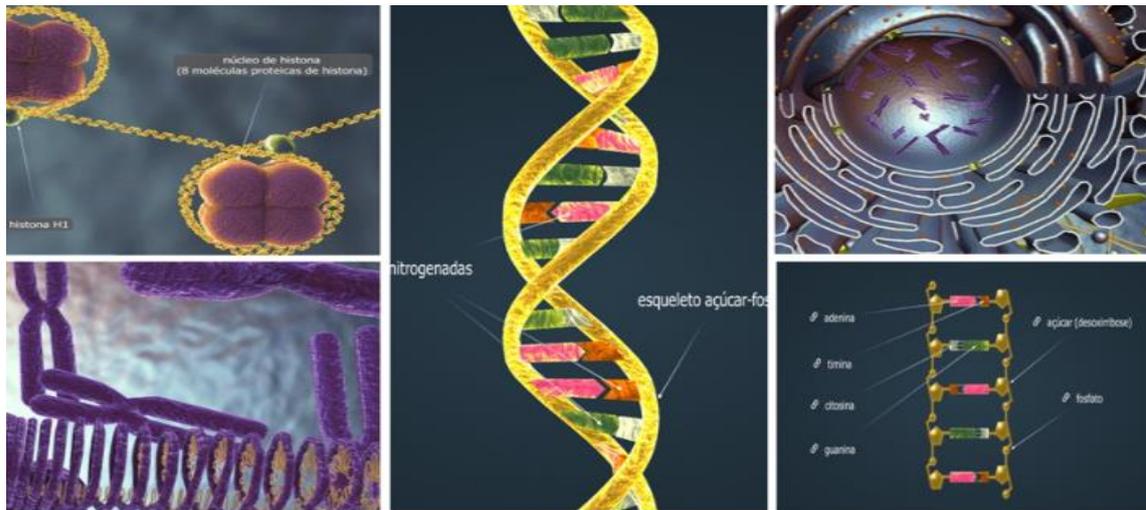
Figura 7 - Apresentação da estrutura do DNA pela plataforma *Mozaik 3D*



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Para finalizar esta etapa, foi apresentada uma simulação elucidando a estrutura da dupla hélice do DNA, por meio da utilização do simulador *Mozaik 3D* (Figura 8 e 9).

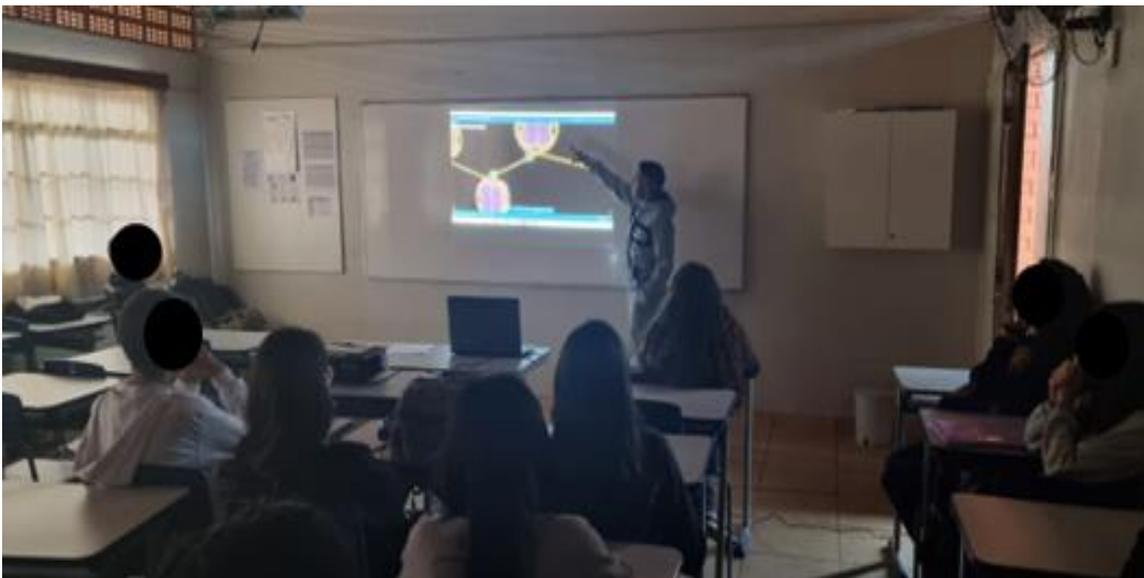
Figura 8 - Apresentação da estrutura do DNA pela plataforma *Mozaik 3D*



Fonte: *Mozaik Education* (2023) https://www.mozaweb.com/lexikon.php?cmd=extra_full&extraid=4023.

Disponível em:

Figura 9 - Apresentação da estrutura do DNA pela plataforma *Mozaik 3D*



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Etapa 3 - Reforço do conteúdo e novos conhecimentos: Nesta etapa, os estudantes, após a apresentação do conteúdo com o auxílio das ferramentas digitais *Prezi* e *Mozaik 3D*, acessaram o link do *Kahoot* que foi disponibilizado ao longo das aulas e realizaram as questões propostas sobre a temática de Genética Básica (Figura 10).

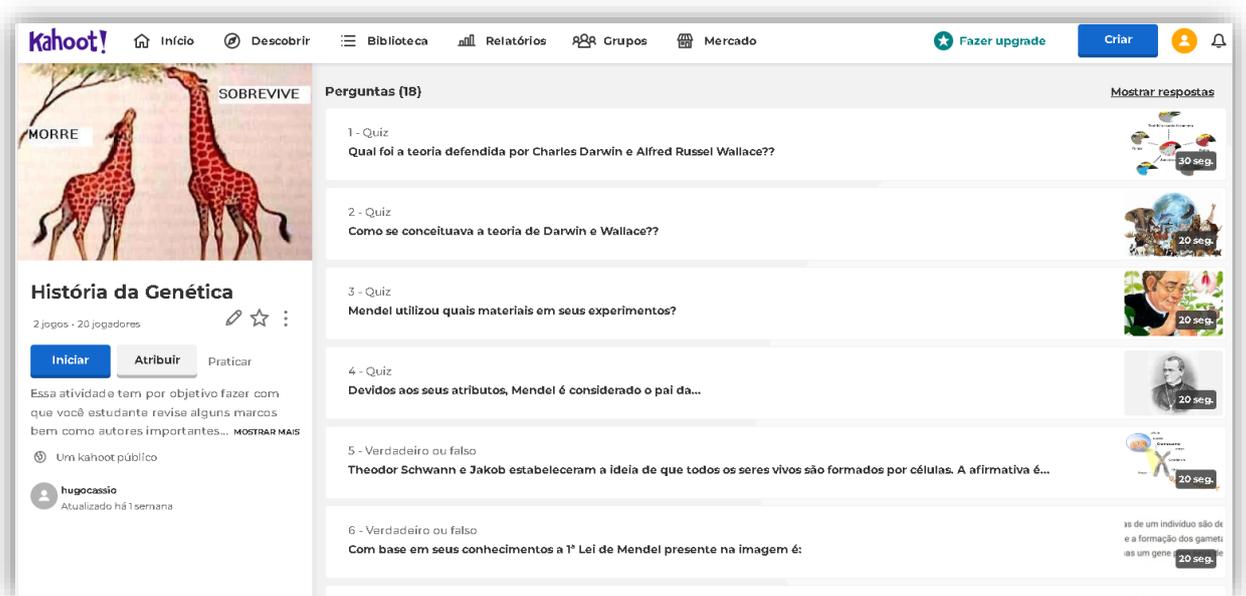
Partindo deste pressuposto, este aplicativo, como mencionado por Wang (2015, p. 221) *apud* Junior (2017, p.8):

Kahoot! É um jogo baseado em respostas dos estudantes que transforma temporariamente uma sala de aula em um game show. O professor desempenha o papel de um apresentador do jogo e os alunos são os concorrentes. O computador do

professor conectado a uma tela grande mostra perguntas e respostas possíveis, e os alunos dão suas respostas o mais rápido e correto possível em seus próprios dispositivos digitais. (Wang, 2015, p. 221 *apud* Junior, 2017, p.8)

A partir do formulário da Figura 10, os estudantes tiveram que responder questões de múltipla escolha relacionadas à temática em questão. Destaca-se que nas atividades foram utilizadas de imagens e esquemas para melhor compreensão do conteúdo apresentado.

Figura 10 - Plataforma Kahoot contendo atividades para os estudantes



Fonte: Acervo dos autores (2023).

Além disso, foi entregue um questionário com questões dissertativas a respeito da temática abordada e que buscavam estabelecer uma relação intrínseca com a HFC (Quadro 3). Por fim, foi observado as respostas dos estudantes, considerando suas similaridades e diferenças, bem como a comparação dos resultados obtidos por meio das questões fechadas (Figura 10), visando entender se a HFC foi relevante para a abordagem dos conteúdos e conceitos científicos sobre Genética Básica.

Quadro 3 - Perguntas do formulário impresso entregue aos estudantes

1. Como Trabalhamos nas últimas aulas, Charlie Darwin e Alfred Wallace tiveram uma grande importância ao apresentar a teoria de seleção natural.
 - A) Com suas palavras diga como a teoria da evolução de Darwin e Wallace abordava a origem das variedades e a transmissão das características hereditárias?
 - B) Alguns anos depois um monge chamado Gregor Mendel teve uma grande contribuição para a compreensão das variedades e a transmissão das características hereditárias. Neste sentido, responda: como os experimentos de Mendel influenciaram o entendimento dos princípios hereditariedade?
 - C) Pensando nos diversos aspectos que trabalhamos sobre as influências que a ciência sofre em uma determinada época, responda com suas palavras porque as contribuições feitas por Mendel ficaram esquecidas por cerca de 35 anos?

<p>2. Aaron Theodor Levene teve grande contribuição a respeito da composição dos ácidos nucleicos. Ele estabeleceu a diferença química entre o DNA e o RNA. Com suas palavras responda:</p> <p>A) O que é o DNA e qual sua função?</p> <p>B) O que é RNA e qual sua função?</p>
<p>3. Na década de 50 Rosalind Franklin obtém imagens do DNA de excelente qualidade, por difração dos raios X. Qual foi a contribuição de Rosalind Franklin que forneceu a base instrumental para a compreensão da estrutura do DNA?</p>
<p>4. A) Como as injustiças enfrentadas por Rosalind Franklin em relação ao reconhecimento de suas contribuições científicas para a proposição da estrutura do DNA impactaram sua carreira e o reconhecimento de seus feitos na época?</p> <p>B) Com suas palavras disserte sobre como a falta de reconhecimento das contribuições científicas de Rosalind Franklin destacam questões de desigualdade de gênero no campo científico da época e como tais aspectos estão presentes na sociedade atual.</p>

Fonte: Elabora pelos autores (2023).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PESQUISA

Este tópico tem por objetivo apresentar e discutir os resultados obtidos, organizados por meio de de categorias e subcategorias, através de metatextos, com o intuito de trazer uma melhor análise e compreensão dos dados obtidos na respectiva pesquisa.

Para analisar os resultados apresentados nas categorias 1 e 2, foram observadas as falas dos estudantes no decorrer das aulas apresentando o conteúdo científico com base na HFC. Neste sentido, Machado e Sasseron (2012, p.32) argumenta que,

Um enunciado é o modo principal pelo qual as pessoas se comunicam, pois, quaisquer interações verbais, inclusive em sala de aula, consideram um fluxo de enunciados ou uma cadeia enunciativa. Para que um enunciado seja compreendido pelo ouvinte, ele deve conferir um significado orientado pelo horizonte conceitual de quem fala, opondo as palavras e signos de quem disse e de quem ouviu. Uma relação de troca enunciativa constitui um diálogo. E em uma cadeia enunciativa como a de sala de aula, dependendo do contexto que se cria, os significados contidos nas enunciações vão evoluindo e se reconstruindo. É o que Bakhtin chama de dialogia. (Machado; Sasseron, 2012, p.32)

Além disso, foram analisadas as respostas escritas apresentadas no formulário aplicado. Vale ressaltar que neste tópico, analisaremos as respostas dos estudantes por meio de perguntas de caráter aberto presentes no formulário, tendo em vista que como salienta Sheatsley (1983) *apud* Günther (1990) “a principal vantagem da pergunta aberta é o fato de que o respondente não é influenciado pelo referencial do entrevistador na formulação da sua resposta mostra o que fator mais saliente na resposta do entrevistador”. Questões de caráter aberto não possuem respostas simples ou diretas, eles requerem uma reflexão mais profunda e elaborada por parte da pessoa que responde. Partindo deste pressuposto, Günther e Júnior (2012, p. 205) enfatizam que as questões de caráter aberto:

(1) Permitem ao respondente dar uma opinião completa, com todas as nuances possíveis; (2) permitem fazer distinções que geralmente não são possíveis em perguntas fechadas; e (3) permitem que o respondente se expresse em suas próprias palavras, portanto, estando mais à vontade. Enfim, a pergunta aberta permite explorar um tema com profundidade. (Günther; Junior, 2012, p.205)

5.1 Incorporação da HFC no ensino de Genética Básica

Nesta categoria, buscamos compreender a percepção dos estudantes a partir da abordagem HFC, sobre as temáticas relacionadas às Teorias da Evolução Biológica, Lamarckismo, Darwinismo, genética básica e a história da estrutura e função do DNA com enfoque em aspectos históricos e filosóficos, visando emergir os conceitos científicos.

5.1.1 A compreensão e reflexão crítica dos estudantes acerca de conceitos, leis e teorias, a partir da abordagem HFC e suas implicações para o estudo de genética

A princípio, a aula envolveu uma abordagem de ensino, baseada na HFC, que buscou analisar casos históricos, apresentando aos estudantes como diferentes cientistas e estudiosos do passado contribuíram para a formação dos conceitos científicos, destacando os diversos aspectos que foram fundamentais para a emergência desses conceitos.

Na primeira etapa da aula, foram apresentados aos estudantes aspectos da história das teorias evolucionistas, como o fixismo e, posteriormente, o lamarckismo, abordando os contextos históricos que moldaram as visões até então existentes. Assim, enfatizou-se aos estudantes que, para uma teoria ser considerada um erro ou equívoco, alguém precisa comprovar que esta esteja incorreta com base em novos dados que contradigam essa teoria. Nesse contexto, apresentou-se a história de Charles Darwin e seus estudos, que culminaram na compreensão e na formulação de uma nova teoria da evolução, contrapondo-se àquela estabelecida por Jean-Baptiste de Lamarck. Sob essa perspectiva, foi perguntado a turma: *Qual é a teoria proposta por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace?* A partir dessa pergunta, os estudantes da turma responderam corretamente a pergunta, sendo evidenciado nas respostas dos estudantes 1 e 3:

Estudante 1: A teoria da seleção natural.

Estudante 3: A seleção natural.

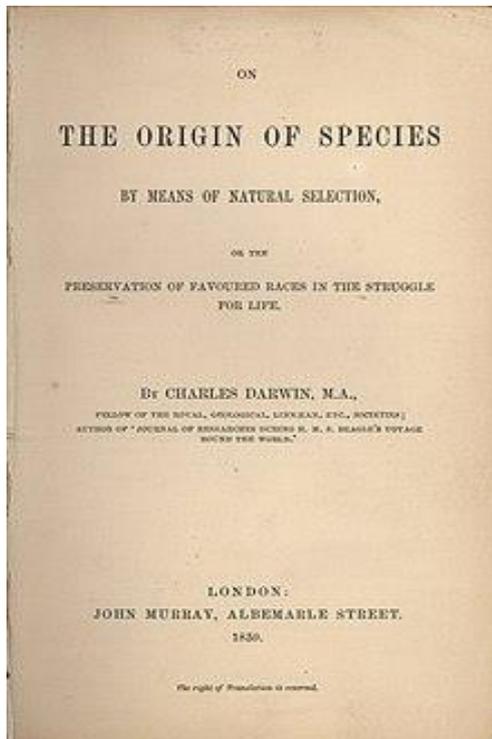
Quando comparamos as respostas dos estudantes com as informações apresentadas nos livros, como a obra “Introdução à Genética do autor Griffiths”, Griffiths *et al.* (2013, p.36) afirmam que:

No século XIX, os ingleses Charles Darwin e Alfred Russel Wallace propuseram uma explicação para origem natural das espécies. Ambos ficaram impressionados não apenas com a vasta diversidade da vida, como também pelos nítidos padrões de similaridades entre as espécies. {...}a interpretação foi a de que essas similaridades entre as espécies devem –se a um ancestral comum e que as diferenças se devem à força da seleção natural em diferentes habitats. (Griffiths *et al.*, 2013, p.36)

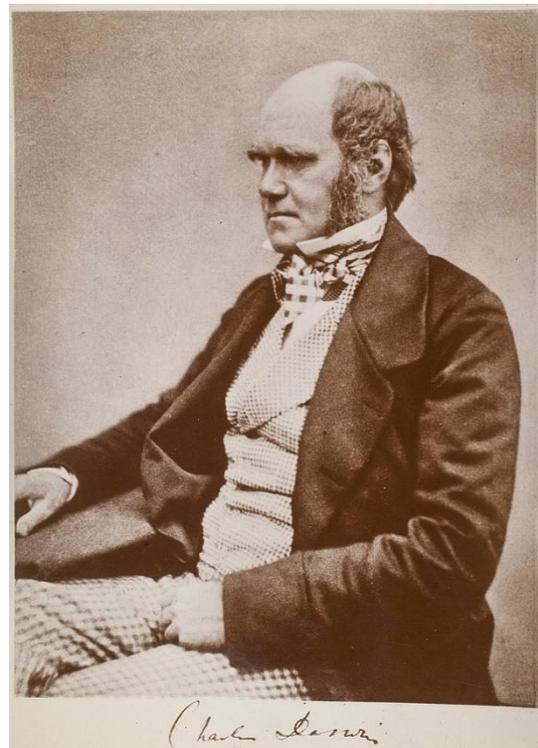
Vale ressaltar que no livro “A Origem das Espécies”, escrito por Darwin em 1859 (Figura 11), o termo “seleção natural” é empregado em sua teoria, como:

Chamei a esta preservação das diferenças e das variações favoráveis aos indivíduos, e destruição das prejudiciais, seleção natural, ou sobrevivência dos mais aptos. As variações que não são úteis nem prejudiciais também não são afetadas pela seleção natural; poderão permanecer características flutuantes (poderá ser o que acontece em certas espécies polimórficas), ou então acabar por fixar-se, consoante a natureza de cada organismo e das condições em que vive. (Darwin, 2009, p. 88)

Figura 11 – Página de título da primeira edição do livro "A Origem das Espécies", escrito por Darwin em 1859



(a) Página de título da edição de 1859.



(b) Fotografia de Darwin tirada pouco antes da publicação de “*The Origin of Species*” em 1859.

Fonte: Livraria aberta, 2023. Disponível em: https://openlibrary.org/works/OL515051W/On_the_origin_of_species_by_means_of_natural_selection?edition=originofspeciesdarw.

Comparando as respostas dos Estudantes 1 e 3 com os dados apresentados nos livros mencionados, foi observado que os estudantes responderam corretamente à pergunta solicitada, tendo em vista que autores como Griffiths *et al.* (2013) afirmam o termo “seleção natural” foi o utilizado pelos pesquisadores da época, para descrever indivíduos com uma característica

específica que os diferenciava dos demais de sua espécie e que poderiam transmitir essa característica para seus descendentes.

É nesta perspectiva que Griffiths *et al.* (2008, p. 579) enfatiza que Charles Darwin proporcionou uma explicação minuciosa acerca do mecanismo subjacente ao processo evolutivo. Sua teoria acerca desse processo evolutivo teve início com a observação da variabilidade existente entre os organismos dentro de uma mesma espécie. Os indivíduos pertencentes a uma mesma geração apresentam distinções qualitativas entre si. A evolução da espécie como um todo decorre da discrepância nas taxas de sobrevivência e reprodução entre os diversos tipos existentes, ocasionando, assim, mudanças ao longo do tempo nas frequências relativas desses tipos. Partindo deste pressuposto, a evolução é, essencialmente, um processo de variação.

Assim, basicamente a seleção natural consiste no processo no qual os indivíduos que possuem características mais adaptadas ao ambiente têm uma maior probabilidade de sobrevivência e de transmitir suas características para as próximas gerações (Griffiths *et al.*, 2013). A partir desse ponto, foram apresentados aos estudantes os estudos de Charles Darwin e Alfred Russel Wallace, bem como a dificuldade que ambos encontravam para explicar a origem da diversidade genética existente e a maneira como essas características eram transmitidas às gerações seguintes.

No contexto educacional, torna-se evidente que o ensino desse conceito enfrenta desafios significativos. É importante ressaltar que abordar essa temática é particularmente complexa e desafiadora devido aos conceitos envolvidos. Muitos dos princípios e processos ligados à evolução são de difícil visualização e compreensão por parte dos estudantes. Portanto, Vargens e Niño-El-Hani (2011, p. 145) observam que ao lidar com esse tema, eles notam respostas equivocadas, especialmente em questões relacionadas à teoria da Seleção Natural.

Dando continuação à Etapa 1, foram introduzidas juntamente aos estudantes a temática de estrutura e função do DNA, começando com a apresentação dos estudos de Gregor Mendel e suas contribuições iniciais. Também foi discutido com os estudantes que, apesar das contribuições de Mendel, seus estudos permaneceram desconhecidos por mais de 35 anos. Logo, foram debatidas e problematizadas com os estudantes as leis propostas por Mendel, os métodos que ele empregou e como ele formulou essas leis. Nesse sentido, questionou-se aos estudantes: *Mendel trabalhou com uma variedade de ervilha chamada Pisum sativum, que ele denominou de parentais puros; quando ele cruzava essas ervilhas entre si, elas sempre manifestavam a mesma característica. No entanto, ao cruzá-las novamente, ele observou uma proporção de 3 para 1. Por que vocês acham que havia essa proporção?*

Algumas hipóteses foram apresentadas pela turma, e os Estudantes 3 e 4 responderam que:

Estudante 3: Primeiro ele cruzou amarelo com amarelo, assim quando ocorreu o cruzamento dessas ervilhas ele obteve essa proporção. Uma era Homozigota dominante, duas heterozigotas e uma homozigota recessiva.

Estudante 4: Na primeira geração que ele obteve, todos os descendentes apresentavam as características dominantes. Na segunda geração, já havia essa proporção que ele fala em sua primeira lei.

Tal temática abordada por meio da HFC foi de grande importância, pois como enfatiza Souza (2012), é comum notarmos que muitos alunos do ensino médio enfrentam desafios ao aprender alguns temas. Entre esses temas, um dos mais difíceis para os alunos é a genética mendeliana. Neste contexto, os autores salientam que é “necessário dispor de mecanismos que despertem o interesse pelo conteúdo a ser trabalhado a fim de garantir uma aprendizagem eficaz” (Souza, 2012, p. 3).

As respostas fornecidas pelos Estudantes 3 e 4, de fato evidenciam o entendimento correto acerca da primeira lei que foi postulada por Mendel. Para esta perspectiva Snustad e Simmons (2012 p. 45) trazem um experimento que foi feito por Mendel, onde eles salientam que Mendel cruzou plantas altas e baixas para investigar a herança da altura. As sementes resultantes dessas cruzas foram semeadas no ano seguinte, dando origem a plantas híbridas que eram uniformemente altas. Assim, os autores ainda enfatizam que, independentemente do cruzamento realizado por Mendel, o resultado foi sempre o mesmo. No entanto, quando Mendel examinou a prole resultante, percebeu que ela consistia tanto em plantas altas quanto em plantas baixas, com uma proporção de 3 para 1.

Outros pontos importantes presentes na resposta dos Estudantes 3 e 4 foram os termos homozigota dominante, heterozigota e homozigota recessiva, que segundo Griffiths *et al.* (2008), um indivíduo que tem um par de alelos idênticos se caracteriza como homozigota, sendo ele recessivo ou dominante, ao passo que um indivíduo com um par de alelos que se diferem é chamado de heterozigota.

Posteriormente, apresentamos aos estudantes que havia outros estudos que aprofundaram ainda mais a pesquisa de Mendel. Nesse contexto, exploramos os estudos de Johann Friedrich Miescher (figura 12) que investigou a composição dos linfócitos. Também foram abordados os estudos de Theodor Schwann e Mattias Jacob (figura13), que tiveram contribuições significativas no campo da genética. Esses pesquisadores demonstraram que os

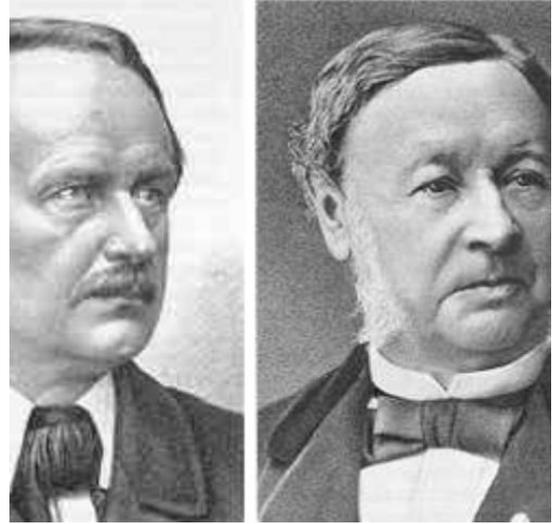
tecidos animais são compostos por células e que estas representam a unidade básica da estrutura e função dos organismos.

Figura 12 - Johann Friedrich Miescher



Fonte: Wikipédia, 2023. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Johann_Friedrich_Miescher

Figura 13 - Theodor Schwann e Mattias Jacob



Fonte: Time Graphics, 2023. Disponível em: <https://time.graphics/pt/event/2482952>

Em seguida, foi apresentado aos estudantes que, ao longo dos anos, vários autores, pesquisadores e estudiosos, após compreenderem melhor a Seleção Natural, começaram a questionar a seguinte dúvida: *O que seria responsável pela variabilidade genética e pela transmissão de características às próximas gerações?*

Nessa perspectiva, foram apresentados aos estudantes os trabalhos de Walter Flemming (figura 14) e Eduard Adolf Strasburger (figura 15), nos quais eles compreenderam, por meio de seus estudos, que as células animais são reconhecidas através dos cromossomos.

Figura 14 - Walter Flemming



Fonte: Wikipédia, 2023. Disponível em:
https://en.wikipedia.org/wiki/Walther_Flemming

Figura 15 - Eduard Adolf Strasburger



Fonte: Wikipédia, 2023. Disponível em:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Eduard_Adolf_Strasburger

Por conseguinte, foi questionado aos estudantes: *O que vocês entendem sobre o que seria um cromossomo?* Os exemplos de unidades de significados dos estudantes 5 e 6 expressam que:

Estudante 5: Não sei, eu lembro que existem os cromossomos homólogos, que ocupam o locus, seu significado eu não sei.

Estudante 6: É um pedaço do DNA condensado.

A partir desses exemplos de falas, o Estudante 6, mesmo que de forma incompleta, fornece uma resposta de forma correta. Para esta perspectiva, Johnson e Walter (2011, p. 179) destacam que:

Nos eucariotos, como nós, o DNA do núcleo está distribuído em um grupo de diferentes cromossomos. O genoma humano, por exemplo, contém aproximadamente $3,2 \times 10^9$ nucleotídeos distribuídos em 24 cromossomos. Cada cromossomo consiste em uma única e enorme molécula de DNA linear associada a proteínas que compactam e dobram o fino cordão de DNA em uma estrutura mais compacta. (Johnson; Walter, 2011, p. 179)

Em seguida, continuando a explorar os estudos de Walter Flemming e Eduard Adolf Strasburger, no campo da histologia, em que o número de cromossomos na célula germinativa se reduzia pela metade em um estágio específico de maturação, foi questionado aos estudantes conceitos importantes acerca da mitose e a meiose: *Vocês sabem o que é a Mitose e a Meiose?*

A partir dessa pergunta, foram evidenciadas algumas unidades de significado, porém, demos destaque ao Estudante 5 e 7 que responderam:

Estudante 5: Não tenho certeza mais acho que na mitose, uma célula mãe vai se dividir em duas células filhas, já na meiose, uma célula mãe vai se dividir em quatro células filhas.

Estudante 7: É a divisão celular. Na mitose dá origem a duas células filhas da célula mãe e a meiose quatro células filhas da célula mãe, elas possuem a mesma quantidade de material genético da célula mãe.

Percebe-se que a resposta fornecida pelos Estudante 7 está em conformidade com o que Griffiths *et al.* (2013, p. 31) enfatizam, ou seja, a divisão das células somáticas visando aumentar sua quantidade é um processo denominado mitose, uma etapa pré-definida em todos os ciclos de divisão celular. A mitose pode ser observada em células com dois conjuntos de cromossomos (células diploides) ou em células com apenas um conjunto (células haploides). Como resultado, uma célula genitora se divide em duas. Além disso, os autores destacam que a meiose é o nome dado a um processo que envolve duas divisões celulares consecutivas, acompanhadas por duas divisões nucleares, o que resulta na formação de um total de quatro células (Griffiths *et al.* 2013, p. 31).

Posteriormente, foi abordado novamente acerca das contribuições de Mendel, salientando que seus estudos ficaram ocultos por cerca de 35 anos, assim destacamos que os pesquisadores Hugo de Vries, Carl Correns e Erich von Tschermak (figura 16), que trabalhando de maneira isolada conseguiram chegar nos mesmos resultados que Mendel. Nesta perspectiva, foi importante destacar que na época o conhecimento era constituído de contribuições de áreas que não interagiam entre si, pois a comunicação entre os cientistas era bastante restrita, sendo este um fator preponderante para que os estudos de Mendel ficassem por tanto tempo sem ser citados.

Figura 16 - Hugo de Vries, Carl Correns e Erich von Tschermak



Hugo Marie de Vries



Carl Franz Joseph Erich Correns



Erich von Tschermak-Seysenegg

Fonte: Google adaptado, 2023.

Em seguida, discutimos a história dos cientistas William Sutton (figura 17) e Teodor Boveri (figura 18), que, a partir de seus estudos, perceberam que as moléculas responsáveis pela hereditariedade estavam localizadas nos cromossomos. Também abordamos as contribuições de William Johansen (figura 19), que introduziu o termo “gene” para designar a unidade anteriormente conhecida como “fator”, além de apresentar os conceitos de genótipo e fenótipo.

Com base nisso, questionamos aos estudantes: *O que vocês compreendem por genótipo? E fenótipo?* A partir dessa pergunta, os Estudantes 8, 9 e 10 responderam que:

Estudante 8: É a característica manifestada, por exemplo a cor dos olhos, cabelo...

Professor: E o genótipo, seria o que?

Estudante 8: Acho que seria a carga genética.

Estudante 9: É a característica armazenada em nós.

Estudante 10: É algo que fica na nossa linguagem genética, o fenótipo é a manifestação dessa linguagem que está presente no DNA.

As respostas dos estudantes estão em conformidade com o que afirma Osório e Robinson (2013, p. 152) “em outras palavras, o genótipo seria o conjunto de genes do indivíduo, e o fenótipo o conjunto de características físicas, bioquímicas e fisiológicas determinadas por esses genes, sendo influenciado ou não pelo meio ambiente” (Osório; Robinson; 2013, p. 152). Em consonância com este autor, Griffiths *et al.* (2013, p. 27) salienta que fenótipo é uma forma de característica, já o genótipo é a combinação alélica subjacentes ao fenótipo (Griffiths *et al.* 2013).

Posteriormente, discutimos os estudos desenvolvidos a partir das moscas de fruta (*Drosófilas*), no qual Thomas Hunt Morgan observou que, ao trabalhar com essas moscas, os resultados dos cruzamentos estavam relacionados com o que foi observado nas leis de Mendel, nas proporções de 3/1 e posteriormente nas proporções de 9/3/3/1. A partir disso, questionamos aos estudantes: *O que Mendel percebeu quando realizou cruzamentos com ervilhas?*

Com base nessa pergunta, os estudantes apresentaram justificativas nem sempre coerentes, mas damos destaque à resposta dos Estudantes 9 e 11, que responderam:

Estudante 11: Que ele não ia ter mais indivíduos puros, então ele teria variedade das características.

Professor. Mas para além disso, quando ele cruzou a ervilha amarela com a verde, o que ele obteve?

Estudante 11: Ele obteve todas as ervilhas da mesma cor.

Estudante 9: Ele percebeu que, ao cruzar diferentes espécies entre si, elas, sendo parentais puros na primeira geração, nascem todas iguais. No entanto, ao cruzá-las novamente, surgem uma nova proporção e características diferentes.

A partir das respostas dos Estudantes 9 e 11, foi possível observar que ele expressa os dois princípios que o pesquisador apresentou em sua teoria. Incluindo o princípio da dominância, o qual, segundo Snustad e Simmons (2017, p.74), afirma que “em um heterozigoto, um alelo pode ocultar a presença de outro. Esse princípio é uma afirmação sobre a função genética, onde alguns alelos controlam claramente o fenótipo mesmo quando estão presentes em uma única cópia” (Snustad; Simmons; 2017, p.74).

O Estudante 11 também utilizou outro termo, o princípio da segregação: “E11: *Que ele não ia ter mais indivíduos puros, então ele teria variedade das características.*”, como mencionado por Snustad e Simmons (2017, p. 74):

Em um heterozigoto, dois alelos diferentes segregam-se um do outro durante a formação dos gametas. Esse princípio é uma afirmação sobre a transmissão genética. Um alelo é transmitido fielmente à próxima geração, mesmo que esteja presente com um alelo diferente em um heterozigoto. A base biológica desse fenômeno é o pareamento e a subsequente separação de cromossomos homólogos durante a meiose. (Snustad; Simmons, 2017, p.74)

Por conseguinte, nesta subcategoria, também foram analisadas algumas respostas escritas pelos estudantes, presentes no questionário (Quadro 3), durante as aulas, com o objetivo de verificar se eles compreenderam o que foi trabalhado e apresentado. Uma das questões do questionário consistia em: *Com suas palavras, expliquem como a teoria da evolução de Darwin e Wallace abordava a origem das variedades e a transmissão das características hereditárias.* Para esta pergunta, selecionamos as respostas dos Estudantes 1, 5, 7 e 9, como exemplos de unidades de significado.

Estudante 1. Em poucos termos ambos defendiam que indivíduos da mesma espécie mesmo que parentes próximos possuem variações entre si. Sendo algumas delas hereditárias, permitindo que indivíduos com características mais aptas para sobreviverem em determinado ambiente possam às transmitir para sua prole.

Estudante 5. Mesmo que não estivessem assim definidos os termos (gene, variabilidade genética e hereditariedade) Darwin e Wallace defendiam a variabilidade genética como ponto importantíssimo para a evolução das espécies, justamente por permitir diferentes respostas às diversas mudanças que ocorrem no nosso meio.

Estudante 7. Na teoria de Darwin, o principal conceito referenciado pelos autores é o da Seleção Natural. Na de Wallace, a herança das características adquiridas. Um dos princípios utilizados pelos 2 na formulação da teoria da evolução por Seleção Natural é o princípio da hereditariedade.

Estudante 9. Um dos princípios utilizados por Darwin e Wallace na formulação da teoria Da evolução por seleção natural é um princípio da hereditariedade, para que haja a seleção natural, é fundamental que os organismos transmitem para seus descendentes as características que lhes propiciem mais vantagens no meio em que vive.

Nas respostas dos estudantes, são destacadas a presença de alguns termos e conceitos importantes. Os estudantes concebem a teoria de Darwin e Wallace como responsável por questões relacionadas à “Evolução”, “Hereditariedade” e, principalmente, ambos os termos relacionados à “Seleção Natural”: “*Estudante 7: Na teoria de Darwin, o principal conceito referenciado pelos autores é o da Seleção Natural. Na de Wallace, a herança das características adquiridas {...}*”. Ainda é perceptível que as respostas dos estudantes estão corretas e em conformidade com o que é salientado por Snustad e Simmons (2017, p. 34),

À medida que as mutações se acumulam no DNA ao longo de muitas gerações, nós vemos seus efeitos como diferenças entre os organismos. As linhagens de ervilhas de Mendel tinham diferentes genes mutantes, assim como as pessoas de diferentes grupos ancestrais. Em quase todas as espécies, ao menos parte da variação observável tem base genética. Em meados do século 19, Charles Darwin e Alfred Wallace, ambos contemporâneos de Mendel, propuseram que essa variação torna possível à espécie modificar-- se – isto é, evoluir – com o tempo. As ideias de Darwin e Wallace revolucionaram o pensamento científico. Eles introduziram uma perspectiva histórica na biologia e deram credibilidade ao conceito da existência de um parentesco entre todos os seres vivos em razão da descendência de um ancestral comum. No entanto, quando essas ideias foram propostas, o trabalho de Mendel sobre hereditariedade ainda estava em curso e a ciência da genética ainda não nascera. As pesquisas sobre evolução biológica foram estimuladas quando as descobertas de Mendel vieram à tona no início do século 2. (Snustad; Simmons, 2017, p. 34)

Por conseguinte, na segunda questão do questionário (Quadro 3), foi apresentada aos estudantes a seguinte pergunta: “*Alguns anos depois, um monge chamado Gregor Mendel teve uma grande contribuição para a compreensão das variedades e a transmissão das características hereditárias. Neste sentido, responda: como os experimentos de Mendel influenciaram o entendimento dos princípios da hereditariedade?*” E, em virtude dessa pergunta, obtivemos diferentes respostas, e algumas podem ser exemplificadas pelas respostas dos Estudantes 1, 6, 8 e 10.

Estudante 1. A partir desses experimentos, Mendel chegou à conclusão de que os filhos herdam características dos seus pais por meio dos seus genes. Além disso, ele descobriu que algumas características são dominantes sobre outras.

Estudante 6. Influenciaram, de modo que existem fatores responsáveis por uma determinada característica. Cada indivíduo possui 2 fatores que determinam uma característica, sendo fatos herdados do pai e outro da mãe. Existência de fatores dominantes e recessivos. Cada indivíduo possui apenas um fator para cada característica, como cada gameta.

Estudante 8. A realizar estudos com ervilhas, Mendel observou que tinha fatores que levavam uma determinada característica que era fornecida pelos pais, ou sejam, eram hereditárias.

Estudante 10. Influenciam de modo que existem fatores responsáveis por uma determinada característica. Cada indivíduo possui 2 fatores que determinam uma característica, sendo um fator herdado do pai e outro da mãe. Existem fatores dominantes e recessivos, cada indivíduo possui apenas um fator para cada característica em cada gameta.

Ao analisar os exemplos de respostas dos estudantes, observamos o emprego de vários termos científicos que se originaram a partir dos estudos de Mendel. Existem respostas dos estudantes que estão relacionadas ao termo “geração parental”, ou seja, aos progenitores que compartilham seu material genético com seus descendentes (geração filial): “*estudante 1. {...} filhos herdaram características dos seus pais por meio dos seus genes{...}. Estudante 8. {...} uma determinada característica que era fornecida pelos pais, ou sejam, eram hereditárias{...}”.* Neste sentido, quando os progenitores compartilham seu material genético, algumas características se destacam em relação às outras, o que é denominado genes recessivos e dominantes. De acordo com Snustad e Simmons (2017, p.70), “Ele afirmou que o fator latente era recessivo e que o fator expresso era dominante. Também inferiu que esses fatores recessivos e dominante se separaram quando as plantas híbridas se reproduziram. Isso tornou possível que explicasse o reaparecimento da característica anã na geração seguinte” (Snustad; Simmons, 2017, p. 70).

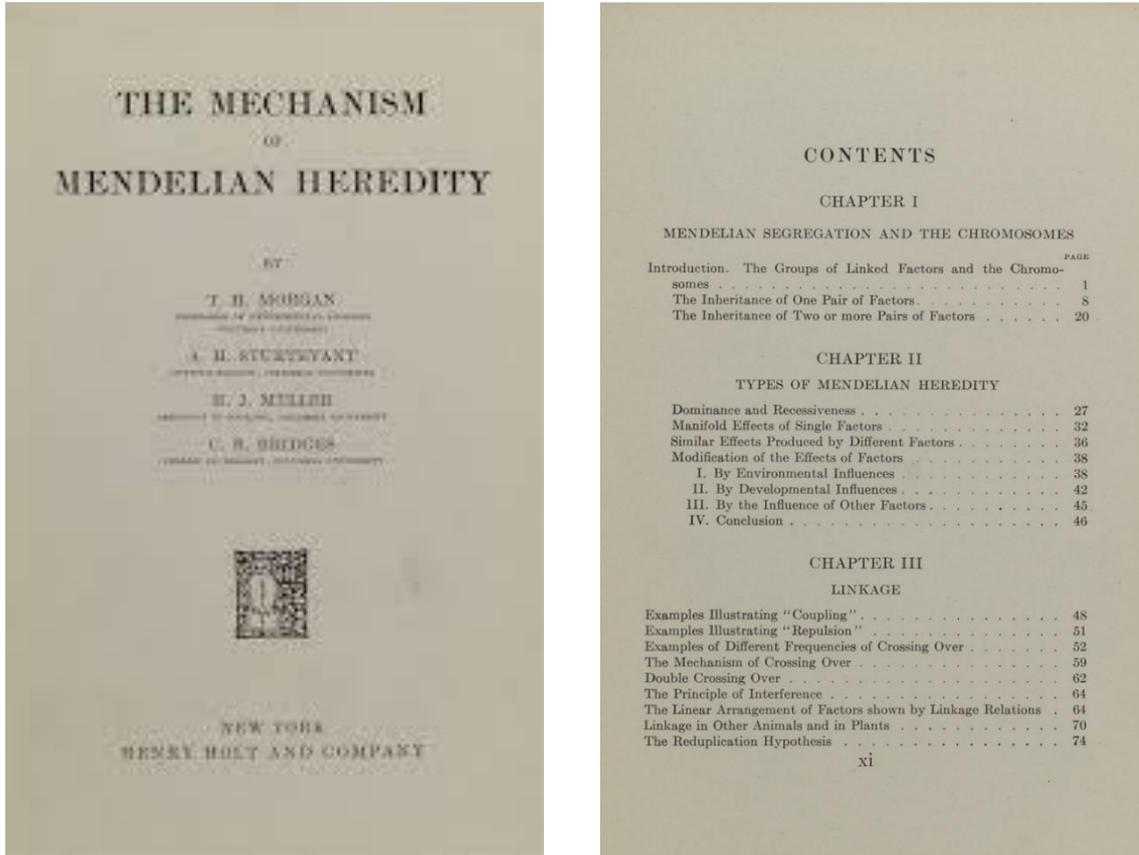
Nesta subcategoria, as respostas dos estudantes, tanto de forma oral quanto por escrito, demonstram uma compreensão dos conteúdos abordados com base na HFC. Assim, fica evidente que a utilização da HFC como abordagem de ensino de Ciências/Biologia se mostra eficaz para trabalhar o conteúdo de Genética Básica, superando a forma *a-histórica* do ensino comumente empregada no dia a dia.

5.1.2 Percepções dos estudantes acerca da estrutura e função do DNA ao longo do tempo

Em um segundo momento da aula, com base na HFC, discutimos a respeito dos diferentes estudiosos que fizeram contribuições significativas para a estrutura e função do DNA.

Neste sentido, retomamos a discussão sobre os estudos de Thomas Hunt Morgan com as drosófilas e sua relação com os trabalhos de Mendel. Em 1915, ele publicou o livro “Mecanismos da hereditariedade Mendeliana” (Figura 17).

Figura 17 – Livro “*The Mechanism of Mendelian Heredity*” publicado pela equipe de Thomas Hunt Morgan em 1915



Fonte: Columbia University Libraries, 2023. Disponível em: http://www.columbia.edu/cu/lweb/digital/collections/cul/texts/ldpd_5998129_000/pages/ldpd_5998129_000_0000002.html?toggle=image&menu=maximize&top=&left=

Em seguida, foi abordado as contribuições de Robert Feugen (Figura 18) e apresentado os experimentos com ratos realizados por Frederick Griffith (Figura 20), nos quais foram estudadas as transformações genéticas. Outro cientista mencionado foi Phoebus Aaron Theodore Levene (Figura 19), que determinou a composição dos ácidos nucleicos.

Figura 18 - Robert Feugen



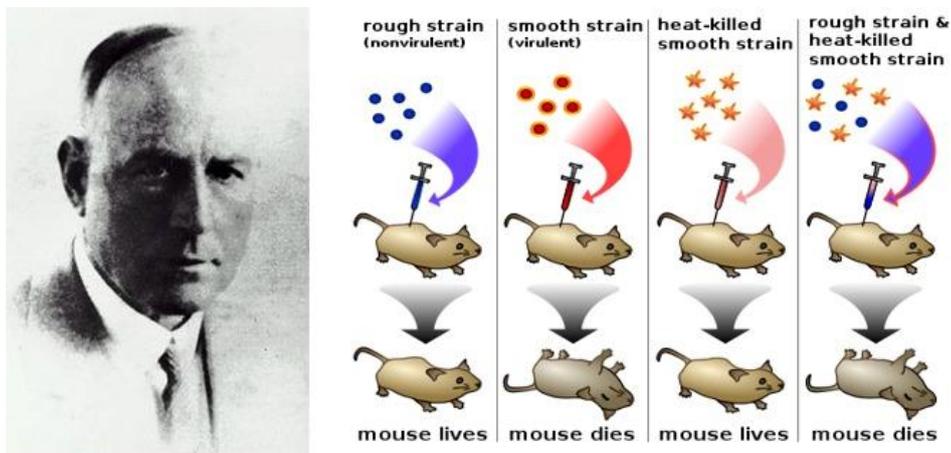
Fonte: Taylor and Francis Online homepage, 2023.
Disponível em:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10520290312120009>

Figura 19 - Phoebus Aaron Theodore Levene



Fonte: Storia Della Medicina, 2023. Disponível em: <http://www.storiadellamedicina.net/le-indagini-di-phoebus-levene-sulla-struttura-del-dna/>

Figura 20 - Os experimentos com ratos realizados por Griffith



Fonte: Wikipédia, 2023. Adaptado.

Com base nisso, questionamos os estudantes sobre: *O que é um ácido nucleico?* Logo após essa pergunta, os estudantes manifestaram dúvidas em responder, porém, os Estudantes 1 e 2 responderam que:

Estudante 1. O DNA que é um Ácido desoxirribonucleico e o RNA que é um ácido ribonucleico.

Estudante 2: O DNA responsável pela questão da hereditariedade e o RNA pela síntese de proteínas.

Nessa perspectiva, contextualizamos a história de Phoebus Aaron Theodore Levene, que em 1931 identificou a composição das bases nitrogenadas do açúcar e do fosfato. Com base nisso, fizemos aos estudantes a seguinte pergunta: *Sabe-se que o DNA é uma dupla hélice composta por pontes de hidrogênio com bases nitrogenadas, vocês sabem me dizer quais são essas bases nitrogenadas?*

Estudante 3: No DNA é a adenina, timina, citosina e guanina. No RNA é a adenina, guanina, citosina e uracila.

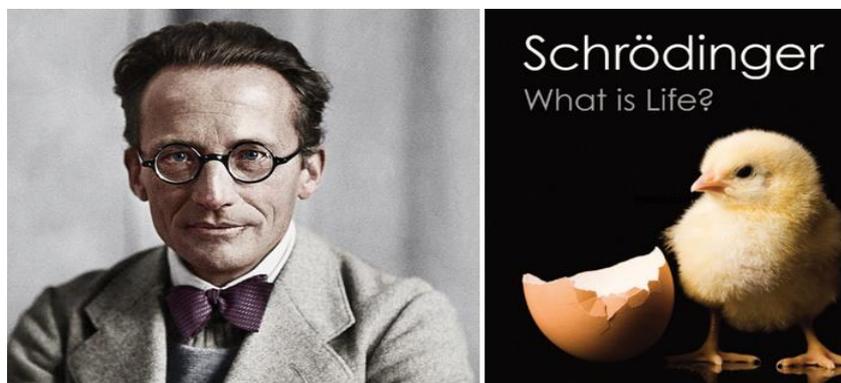
Estudante 6: O RNA possui bases nitrogenadas semelhantes às do DNA; o que muda é que, o RNA contém uracila, enquanto o DNA contém timina.

Ao analisar as respostas dos estudantes 3 e 6, foi possível verificar que estas estão em conformidade com alguns autores, como Pimentel, Santos-Rebouças e Gallo (2013, p. 13):

os ácidos nucleicos (DNA e RNA) são longos polímeros formados por subunidades denominadas nucleotídeos. Cada nucleotídeo é formado pela união de três moléculas: um açúcar com cinco átomos de carbono denominado pentoses, um grupo fosfato e uma base nitrogenada. (Pimentel; Rebouças; Gallo, 2013, p. 13)

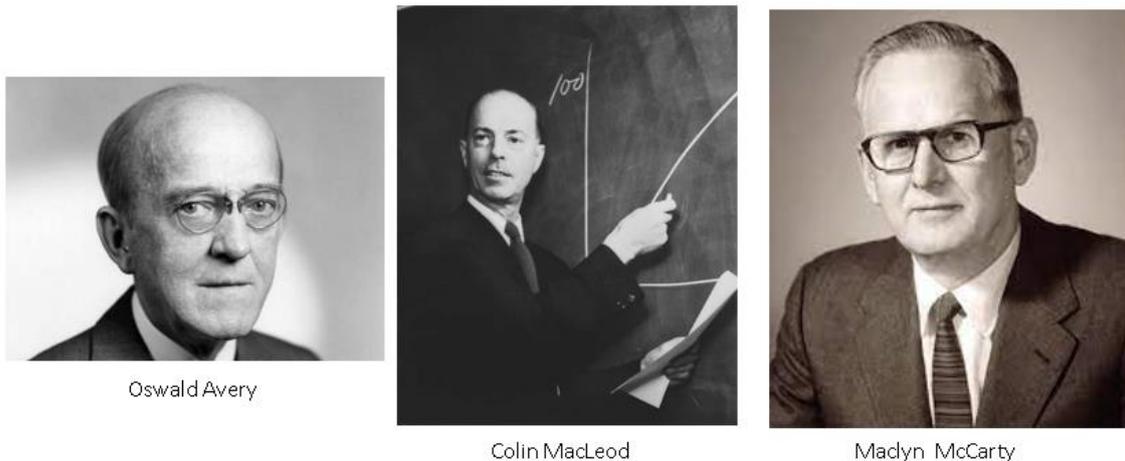
Posteriormente, discutimos a respeito dos estudos de Erwin Schrödinger e contextualizamos seu livro "*What is life*" de 1944 (Figura 21), no qual ele apresentou o conceito de que os genes são os componentes-chave das células vivas. Entretanto, cometeu um equívoco ao supor que os genes fossem uma classe especial de proteínas. Diversos estudos nos anos seguintes refutaram essa teoria de Erwin Schrödinger. Assim, em seguida, abordamos Oswald Avery e seus colaboradores Colin MacLeod e Mcllyn MacCarty (Figura 22), que realizaram um experimento com a bactéria *Streptococcus pneumoniae*, demonstrando que o DNA era o material genético responsável pela hereditariedade, contrariando a ideia de que a proteína desempenhava esse papel, como postulava Erwin Schrödinger.

Figura 21 - Erwin Schrödinger



Fonte: Universo Racionalista, 2023. Disponível em: <https://universoracionalista.org/schrodinger-um-quantico-atras-do-segredo-da-vida/>

Figura 22 - Oswald Avery e seus colaboradores Colin MacLeod e Mclyn MacCart



Fonte: Google imagens, 2023. Adaptado.

Após abordarmos a função do DNA, iniciou-se uma busca por compreender a sua estrutura. Quando se observa tais aspectos, Oliveira, Dos Santos e Beltramini (2004, p. 13) salientam que:

Crick e Watson iniciaram a construção de um modelo molecular que atingiria dois metros de altura, mostrando duas cadeias polinucleotídicas antiparalelas ligadas por pontes de hidrogênio e dispostas de forma helicoidal. Sendo autoexplicativa, a estrutura concebida mostrava de forma compreensível que o DNA era realmente o verdadeiro transmissor das informações genéticas, em oposição à ideia de que as proteínas possuíam essa função. (Oliveira; Dos Santos; Beltramini, 2004, p. 13)

Dessa maneira, apresentamos o seguinte questionamento aos estudantes: *Quando pergunto sobre a estrutura do DNA, como vocês imaginam que ela seja?* Com base nessa pergunta, notamos que alguns estudantes tentaram respondê-la, porém, como exemplo de unidade de significado, trazemos a resposta do Estudante 2 e 4:

Estudante 2: É uma molécula de dupla hélice que possui em sua estrutura bases nitrogenadas e aquele esqueleto de açúcar e fosfato.

Estudante 4: Correntes ligadas por proteínas e bases nitrogenadas que ligam essas correntes.

Percebe-se que, ao questionar os estudantes acerca da estrutura do DNA, o E4 responde de forma correta, conforme destacado por Snustad e Simmons (2017, p. 24), onde os autores ressaltam que o DNA é constituído por ácidos nucleicos, que são compostos por unidades estruturais fundamentais conhecidas como nucleotídeos, sendo que cada nucleotídeo é composto por três elementos constituintes: uma molécula de açúcar, uma molécula de fosfato e uma molécula nitrogenada (Snustad; Simmons, 2017, p. 24).

Em seguida, apresentou-se a seguinte pergunta aos estudantes: *Com base em diversos estudos e inúmeras contribuições de diferentes cientistas até o momento, como se definiu a função do DNA?* A partir deste questionamento, observaram-se respostas que indicavam que: o DNA é responsável pela transmissão de características de uma geração para a próxima, outros estudantes responderam que a função do DNA é transmitir as características dos pais para serem herdadas pelos filhos; porém, como exemplo de unidade de significado, o Estudante 5 respondeu que a função do DNA é:

Estudante 5: Ele era responsável pela hereditariedade, a partir dele passavam características para a prole seguinte.

Ao considerar este contexto, Snustad e Simmons, (2017, p. 22) ressaltam que,

Em 1953, a estrutura do DNA foi elucidada e a genética teve seu grande momento de esclarecimento. Em um período relativamente curto, os pesquisadores descobriram de que maneira o DNA funciona como material hereditário, isto é, como se replica, como codifica e expressa informações e como se altera. Essas descobertas inauguraram uma nova fase da genética, na qual os fenômenos poderiam ser explicados em nível molecular. (Snustad; Simmons, 2017, p. 22)

Conforme os estudos apresentados por Pedrancini *et al.* (2007, p. 300), a partir das características das aulas, de metodologias, abordagens e estratégias empregadas pelo professor, e em algumas ocasiões, que mesmo os estudantes empreguem termos como cromossomos, genes, alelos, dominância e recessividade, tal autor afirma que os estudantes em suas respostas tendem a mostrar que não há compreensão clara dos processos de divisão celular, localização, estrutura e função do material genético, nem de sua relação com a transmissão de características hereditárias.

No entanto, refutando a visão apresentada por Pedrancini *et al.* (2007, p. 300), foi perceptível que ao abordarmos esses conceitos por meio da HFC, conseguimos explorar, durante o desenvolvimento da SD na turma participante, aspectos que destacam a relação de tais conceitos com a compreensão de questões ligadas à hereditariedade, bem como o entendimento da estrutura e função do DNA. Dessa forma, houve um maior entendimento e aprofundamento nos conteúdos, utilizando da abordagem de ensino baseada na HFC.

5.2 As potencialidades da abordagem histórica e filosófica para o ensino de genética

Esta categoria busca compreender o entendimento dos estudantes sobre os conceitos abordados de Genética Básica, considerando os diversos aspectos históricos e as controvérsias por traz de determinados conceitos científicos relacionados à bioética e entre outros aspectos relevantes que permeiam a temática de genética.

5.2.1 A compreensão e reflexão dos estudantes acerca das implicações sociais, culturais, tecnológicas, éticas e entre outras de genética

Nesta subcategoria, foram analisadas as respostas dos estudantes ao longo das aulas, apresentando o conteúdo científico e suas diversas implicações com base na HFC. Através das diversas discussões realizadas em sala de aula e do questionário do Quadro 3, buscamos respostas sobre as implicações sociais, culturais, tecnológicas e éticas que influenciam um determinado conceito científico, com o objetivo de avaliar a compreensão dos estudantes sobre o tema em questão. Assim, Gagliardi e Giordan (1986, p.257) *apud* Castro (2016, p. 34) salienta que

A discussão sobre a História da Ciências pode ser ao mesmo tempo uma discussão sobre o que é o conhecimento e como se conhece. Ao mostrar que cada conhecimento atual é resultado de um longo processo, que não bastam algumas experiências para mudar uma teoria, que os fatores sociais têm muito peso, podemos começar a desmistificar a imagem da Ciência. (Gagliardi; Giordan, 1986, p.257 *apud* Castro, 2016, p. 34)

Nesse contexto, com o objetivo de compreender a percepção dos estudantes sobre as contribuições de Mendel e os fatores que influenciaram seus estudos na época, foi solicitado que os estudantes respondessem a seguinte pergunta: *Considerando os vários aspectos que discutimos sobre as influências que a ciência sofre em uma determinada época, explique, com suas próprias palavras, por que as contribuições de Mendel foram “esquecidas” por cerca de 35 anos.*

A turma apresentou respostas do tipo: as ideias de Mendel eram contrárias às postuladas por Darwin, a comunidade científica da época não era capaz de absorver suas ideias que se opunham a noção darwiniana vigente, porém, para compreendermos esta categoria, trazemos as unidades de significado dos Estudantes 3 e 6, que responderam:

Estudante 3: Por causa de seus estudos e experimentos com ervilhas, a genética avançou e hoje temos uma infinidade de artigos e pesquisas nessa área que são úteis para o entendimento da vida. A comunidade científica da época não foi capaz de absorver as ideias de Mendel, que se opunham à noção darwiniana vigente.

Estudante 6: Apresentação de resultados em uma comunidade científica pequena, além do trabalho ter sido feito com ervilhas.

Ao analisar as respostas desses estudantes, observamos que eles levantam questões relevantes. Tendo em vista que, mesmo com os grandes avanços da época, parte considerável da comunidade científica não estava devidamente preparada, tanto em termos de conhecimento quanto de estrutura tecnológica, o que evidencia o esquecimento ou descaso em relação ao trabalho apresentado por Mendel:

Estudante 8: Acredito que foi pelo fato de ter sido apresentada numa sociedade científica pequena e limitada, além de ter seus estudos considerados à frente de seu tempo, o que contrariava vertentes científicas da época.

Corroborando e completando E8, Osório e Robinson (2013, p. 9) enfatizam que:

A descoberta dos princípios da hereditariedade por Mendel praticamente não foi reconhecida por outros cientistas, nem mesmo pelos biólogos da época. Até mesmo Charles Darwin, que, em seu livro *A origem das espécies* (publicado em 1859), enfatizava a natureza hereditária da variabilidade entre os membros de uma espécie como importante fator de evolução, não tinha a menor ideia de como a herança atuava. {...} A verdade, seus relatos passaram despercebidos na literatura científica durante 35 anos. Por uma curiosa coincidência, três pesquisadores – Hugo De Vries (na Holanda), Carl Correns (na Alemanha) e Erich von Tschermak (na Áustria) – redescobriram independente e simultaneamente as leis de Mendel. (Osório; Robinson, 2013 p.9)

Outros autores, como Snustad e Simmons (2017, p. 24), enfatizam que os resultados dos estudos e pesquisas de Mendel foram publicados em 1866 nos anais da revista da sociedade científica em que Mendel viveu e trabalhou, a *Natural History Society de Brno*. No entanto, mesmo com essa publicação, seus estudos não tiveram uma repercussão significativa na época. Somente após 16 anos de sua morte é que o artigo ganhou destaque e a ciência da genética se consolidou.

Posteriormente, buscamos compreender a percepção dos estudantes em relação às diversas influências e controvérsias que envolveram os estudos relacionados à estrutura do DNA. Nessa perspectiva, solicitamos que os estudantes respondessem a seguinte pergunta: *Na década de 50, Rosalind Franklin obteve imagens do DNA de excelente qualidade por meio da difração dos raios X. Qual foi a contribuição de Rosalind Franklin que forneceu a base instrumental para a compreensão da estrutura do DNA?* A partir deste questionamento, tornou-se evidente que os estudantes apresentaram respostas do tipo: “Através de seus estudos, concluíram que o DNA possui uma estrutura helicoidal e de dupla hélice.” Eles também mencionaram ter “produzido uma fotografia da estrutura do DNA, confirmando sua dupla hélice”. Outro estudante salientou que “extraíu fibras do DNA para realizar uma análise de sua estrutura por meio da técnica de raio X”. Para compreendermos esta categoria, trazemos as unidades de significado dos Estudantes 3 e 7, que responderam:

Estudante 3: Ela usou a técnica de difração de raios x para estudar a estrutura do DNA, uma técnica que ela mesmo aprimorou e desenvolveu ao longo dos anos. Então Franklin obteve imagens da difração de raios x, que mostrava forma helicoidal da molécula de DNA, permitindo que os outros cientistas pudessem estudá-la em mais detalhes.

Estudante 7: Com a técnica de difração de raios x, ela estudou a estrutura do DNA. Com isso, ela obteve imagens de difração de raios x, que mostravam a forma da molécula de DNA.

Com base nesses exemplos de respostas, os estudantes 3 e 7 expressaram suas percepções sobre os estudos significativos realizados pela pesquisadora, que, de certa forma, impulsionou ainda mais os estudos e pesquisas relacionados à genética. Nesse contexto, Silva (2007, p. 297) destaca que “entre os momentos mais importantes da história do modelo da dupla hélice do DNA, merece a atenção dos historiadores o trabalho experimental de Rosalind Franklin (1920-1958) com a difração de raios X do DNA”. Essa observação apareceu na resposta de Estudante 13:

Estudante 13: Ela usou a técnica de difração de raios x para estudar a estrutura do DNA. Uma técnica que ela mesma aprimorou e desenvolveu ao longo de anos. Então obteve imagens de difração de raios x, que mostravam a forma helicoidal da molécula de DNA.

Assim, por conseguinte, Silva (2010) *apud* Faria e Ferreira (2021, p. 7) relatam que:

Franklin e Wilkins integravam um grupo de físicos que trabalhavam no King’s College em Londres. Ainda que trabalhassem no mesmo local e com a mesma técnica, os dois não estabeleceram uma cooperação científica. Assim, suas investigações foram conduzidas separadamente e Franklin obteve resultados mais vantajosos. (Silva, 2010 *apud* Faria; Ferreira, 2021, p. 7)

Dentro dessa perspectiva, na quarta pergunta do questionário (Quadro 3) solicitamos que os estudantes respondessem outra questão para problematizar a ética na ciência: *Como as injustiças enfrentadas por Rosalind Franklin em relação ao reconhecimento de suas contribuições para a estrutura do DNA impactaram na sua carreira e o reconhecimento de suas realizações naquela época?* A partir deste questionamento, termos presentes nas repostas dos estudantes: “O machismo científico presente naquela época fez com que, por ser mulher, ela não recebesse créditos nem reconhecimento pelo seu trabalho”. “A fotografia roubada de Rosalind Franklin permitiu que outros cientistas ganhassem o Prêmio Nobel”. No entanto, para ilustrar melhor essa questão, apresentamos as unidades de significado dos Estudantes 1 e 3 que responderam:

Estudante 1: Pelo “machismo” científico naquele momento, Rosalind, que não teve suas experiências e estudos devidamente reconhecidos chegando em alguns momentos a ter sua autoria, as pesquisas questionadas. Tanto que apesar de brilhante, Rosalind, nunca ganhou o prêmio Nobel por suas pesquisas só foram reconhecidas anos após a sua morte.

Estudante 3: A história dos estudos envolvendo a estrutura do DNA poderia ser contada sob essa ótica com mais orgulho e entusiasmo. Se não fosse a injustiça que

Rosalind Franklin sofreu. Ela não recebeu reconhecimento nenhum e nem sequer foi citada em seu artigo. Não há exatamente um consenso quanto ao que aconteceu, mas independentemente da versão correta, uma coisa de fato, em nenhum momento foram dadas a cientista, os devidos créditos por sua notável contribuição.

Com base nas respostas do E1 e E3, o termo “descoberta” é recorrente. É importante destacar que no campo da HFC, este termo é de certa forma visto muitas vezes com o caráter positivista e simplista agregando mérito sobre determinado indivíduo e/ou grupo desvalorizando o contexto e conflitos bem como os processos históricos que culminaram para a promulgação e fundamentação de tais estudos. Neste sentido, Martins (2001) *apud* Silva e Miltão (2021, p. 3) afirmam que:

Até o final do século XIX a história da ciência era escrita por cientistas [...] e por alguns filósofos. Quase sempre eles exibiam uma visão simplista e anacrônica do passado, separando os “bons” dos “maus” cientistas, interpretando e julgando o passado a partir das crenças mais recentes e desprezando as ideias que não haviam sido incorporadas ao corpo de conhecimentos de seu tempo, não existia muito cuidado na análise de fontes, e muitos trabalhos eram escritos sem apresentar referências bibliográficas. Os melhores historiadores da ciência do final do século XIX eram pessoas que estudavam a evolução histórica das teorias científicas aceitas, focalizando quase exclusivamente os “grandes pesquisadores” do passado e as ideias “vitoriosas”. (Martins, 2001, p. 23 *apud* Da Silva; Miltão, 2021, p. 3)

Os E1 e E3 também manifestam sobre a situação de desrespeito em relação à pesquisadora e cientista Rosalind Franklin, bem como a negligência em relação ao seu trabalho. Tomando como referência Silva (2007, p. 298):

Para Watson, a despeito de ter produzido os dados experimentais que fornecerem uma primeira evidência empírica para o modelo (Watson, 1997, p. 164), ela não teria nenhuma inclinação teórica para a representação helicoidal da molécula (Watson, 1997, pp. 61-62; 79); já para Crick, Rosalind não era uma cientista muito imaginativa (Judson, 1979, p. 149), e suas escolhas metodológicas a impediam de tentar descobrir algo sobre a estrutura do DNA sem utilizar muita experimentação (Crick, 1988, p. 68). (Silva, 2007, p.298)

Essa reflexão sobre a misoginia, a negligência e o desrespeito da mulher na ciência, também aparece na resposta de E7, quando relata que:

Estudantes 7: A fotografia feita por Rosalind Franklin permitiu aos ganhadores do prêmio Nobel concluírem seus estudos. Um de seus alunos teria roubado a foto e mostrado ao chefe do laboratório, que acabou compartilhando a outros 2 cientistas. Ou seja, em nenhum momento sequer foi dado a cientista os seus devidos créditos por sua notável contribuição.

Assim, para Silva (2007), Rosalind Franklin deveria ter recebido consideração histórica devido ao fato de que a obtenção dos dados empíricos fundamentais para a proposição da dupla

hélice do DNA exigiu da pesquisadora grande parte de seu tempo, bem como a utilização de técnicas sofisticadas.

Por fim, ainda abordando as controvérsias por trás do modelo da estrutura do DNA, foi solicitado aos estudantes, na questão 4, (letra b) do questionário (Quadro 3), que expressassem suas concepções sobre o tema. Assim, os estudantes deveriam discorrer sobre: *Em suas próprias palavras, disserte sobre como a falta de reconhecimento das contribuições científicas de Rosalind Franklin destaca questões de desigualdade de gênero no campo científico daquela época e como tais aspectos ainda estão presentes na sociedade atual.* A partir deste questionamento, tornou-se evidente, nas reflexões dos estudantes, respostas que abordam o não reconhecimento das mulheres na sociedade, o preconceito relacionado às mulheres, a desvalorização delas no ambiente de trabalho, na política, entre outras áreas. Também foram observadas respostas relacionadas às questões de desigualdade de gênero, não apenas no campo científico, mas também em diversos âmbitos da sociedade, o caráter machista de nossa sociedade, onde as mulheres são frequentemente vistas como incapazes em diferentes áreas. Neste sentido, para ilustrar melhor essa questão, trazemos as unidades de significado dos Estudantes 1 e 5, que responderam:

Estudante 1: Ainda nas décadas de 50 e 60, as mulheres não eram totalmente aceitas nos meios científicos, tendo como exemplo do mesmo a justiça cometida com Rosalind Franklin. Apesar de tanto tempo passado, o meio científico ainda carrega uma discriminação com as mulheres tendo como um exemplo um número íntimo de mulheres que atuam nas áreas respectivas.

Estudante 5: Na época, o homem se sentia no direito de autoridade e que podia comandar tudo e por isso ocorreu isso com Rosalind, que ficou sem o seu verdadeiro reconhecimento. Mas ainda hoje existe a desigualdade de gênero, onde os homens estão em cargos de chefia e recebem mais do que as mulheres. O que muda é que agora, com muitas forças, mulheres estão tendo o reconhecimento.

Dessa maneira, a partir das respostas dos estudantes E1 e E5, é notável como eles expressaram seus pontos de vista ao abordar o papel da mulher na sociedade e relacioná-lo à situação vivenciada por Rosalind Franklin em suas pesquisas. Fica evidente que os estudantes percebem que as mulheres não receberam o reconhecimento que mereciam e eram subordinadas em várias esferas da sociedade. Essa reflexão também aparece na resposta de E7, quando relata que:

Estudante 7: Por mais que Rosalind fosse a resposta chave para a proposição do DNA, ela não teve conhecimento algum sobre isso, pois na época as mulheres, principalmente, não eram muito respeitadas, mesmo no meio científico e por mais que tenha ocorrido uma evolução consideravelmente boa nos dias de hoje, ainda ocorre certas questões de desigualdade de gênero no campo científico, mas não tanto. Como

antes, agora, cada vez mais as mulheres não só se tornam cientistas, como também são respeitadas em seu meio.

Nesse caso, a situação de Rosalind Franklin ilustra como, “para muitos historiadores e biógrafos de Franklin, a importância do trabalho não foi devidamente reconhecida por Crick e Watson, o que teria gerado a indesejável consequência de que o trabalho empírico de Franklin ficasse à margem da história” (Silva, 2010 p. 70).

Por fim, esta categoria buscou investigar os diferentes aspectos para contextualizar a história por trás dos conceitos científicos e abordar questões relacionadas a aspectos éticos, sociais, culturais, entre outros. A abordagem HFC evidencia a importância de permitir que os estudantes não apenas compreendam os conceitos, mas também expressem suas percepções sobre questões que vão além do conteúdo trabalhado.

5.3 Avaliação do impacto da HFC na compreensão dos conteúdos de Genética Básica

Nesta categoria, pretendemos analisar os dados de uma atividade realizada através do *Kahoot*, uma plataforma de aprendizado que visa envolver os estudantes por meio de jogos em formato de perguntas de múltipla escolha. Além disso, serão analisados os dados obtidos a partir das discussões mediadas pelo uso da ferramenta *Mozaik 3D*.

5.3.1 A integração das Ferramentas Digitais com a abordagem HFC para o ensino dos conteúdos de Genética Básica

A utilização de ferramentas digitais no ensino de Ciências contribui para uma educação científica de qualidade, “dinamizando e reconduzindo antigas técnicas de ensinar com as atuais” (Barbosa, 2018, p. 22). Nesse sentido, o uso de tecnologias digitais como o *Kahhot*, murais digitais, entre outras, favorece o ensino por meio de diversos pilares que, juntos facilitam a dinâmica de aprendizagem em sala de aula, ao passo que:

quando professor e aluno interagem de modo a construir, com o uso das mídias, um ambiente de aprendizagem colaborativo, isso significa que ambos passam a ser responsáveis pela construção de conhecimentos e pelo desenvolvimento de atividades educacionais. (Barroso, 2015, p. 02)

Nesse contexto, a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Ciências se configura como uma grande facilitadora para as metodologias, estratégias e práticas educacionais aplicadas em sala de aula. É importante destacar que as TICs devem ser

integradas a outros modelos de ensino, a fim de evitar que se tornem ferramentas isoladas ou repetitivas, mas sim componentes fundamentais desse processo educacional.

Dessa maneira, para finalizar a Etapa 2 da SD, utilizou-se uma simulação do programa *Mozaik 3D*, que tinha como objetivo apresentar aos estudantes como seria a estrutura do DNA. Durante a explicação de sua composição, propusemos a seguinte pergunta aos alunos: *Por que vocês acham que o DNA é chamado de uma molécula semiconservativa?* A partir desse questionamento, obtivemos algumas respostas, porém, a título de exemplificação desta categoria, trazemos a resposta do E6 e do E8:

Estudante 6: Porque no processo de replicação do DNA uma das fitas duplas é do DNA antigo e a outra está sendo gerada a partir dela.

Estudante 8: Porque, durante a replicação, cada parte da molécula original serve como um molde para a nova cadeia que vai ser complementar.

As respostas fornecidas por E6 e E8 estão de acordo com o que Griffiths *et al.* (2013, p. 227) destacam. Os autores afirmam que “na replicação semiconservativa, a dupla hélice de cada molécula-filha de DNA contém um filamento da molécula original de DNA e um filamento recém-sintetizado” (Griffiths *et al.*, 2013, p. 227).

À continuação, também foi apresentado aos estudantes, por meio do simulador, as bases nitrogenadas que constituem o DNA, e posteriormente questionamos a eles: *Quais seriam essas bases observadas na simulação?* Os Estudantes 4, 7 e 8 responderam que:

Estudante 7: Timina, guanina.

Estudante 8: Adenina, timina, citosina e guanina.

Estudante 4: Na imagem mostra A com T e C com G, seria Adenina ligando com Timina e Citosina com Guanina?

Ao analisar as respostas de E7, E8 e E4, nota-se que elas estão de acordo com o conceito apresentado por Griffiths *et al.* (2013, p. 3), no qual os autores destacam que existem quatro bases nitrogenadas distintas, que são adenina (A), timina (T), guanina (G) e citosina (C).

Ao questionar: *qual a diferença das bases nitrogenadas que compõem o DNA para o RNA?* Pode-se perceber que o estudante 9 respondeu que:

Estudante- 9: RNA tem uracila no lugar timina e o DNA tem timina no lugar de uracila.

Percebe-se que o estudante respondeu de maneira correta quando questionado pelo professor. Sua resposta está em conformidade com o que é apresentado por Snustad e Simmons (2017, p. 25):

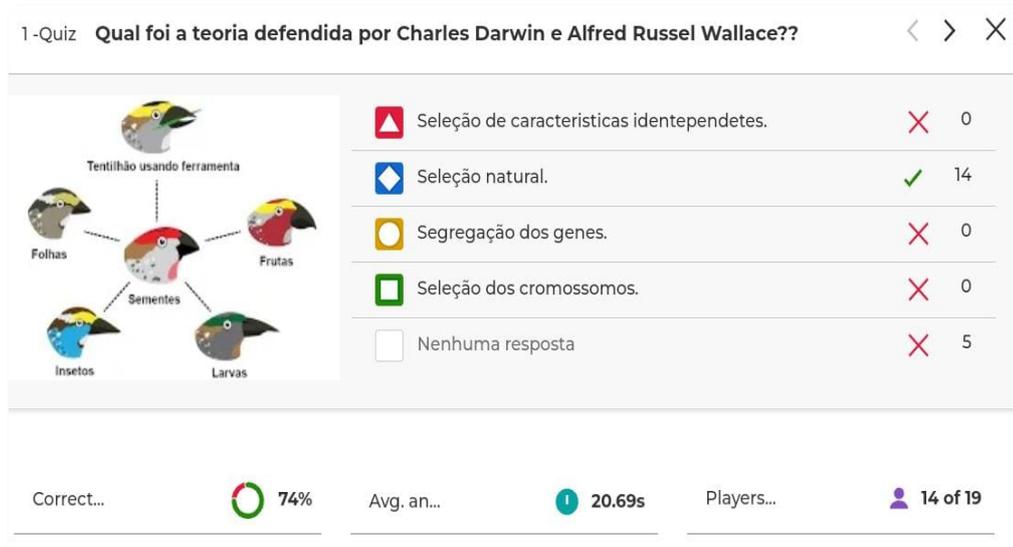
No RNA, os quatro tipos de bases são adenina (A), guanina (G), citosina (C) e uracila (U); no DNA, são A, G, C e timina (T). Assim, tanto o DNA quanto o RNA têm quatro tipos de nucleotídeos, e três deles são comuns aos dois tipos de moléculas de ácido nucleico. (Snustad; Simmons, 2017, p. 25)

Ao analisar os dados coletados nesta etapa, nota-se que, de modo geral, os estudantes conseguiam compreender os conceitos abordados por meio da plataforma *Mozaik* 3D. A sua utilização nos possibilitou explorar aspectos relacionados à estrutura e função do DNA, que foram discutidos na etapa anterior abordados por meio da HFC. Assim, além dos estudantes entenderem os vários estudos e pesquisas que fundamentam a estrutura e função do DNA, a simulação proporcionou a eles uma visão clara da estrutura do DNA, permitindo o estabelecimento de uma conexão com o conteúdo trabalhado anteriormente. É importante ressaltar também a baixa participação dos estudantes. Quando questionados, apenas uma pequena parte respondeu corretamente, demonstrando os conceitos e conteúdos previamente abordados.

Por fim, na Etapa 3 da SD, realizou-se uma atividade no *Kahoot*, cujos resultados da aplicação da tecnologia digital também foram analisados. É relevante destacar que, por ser uma ferramenta pouco utilizada na escola e/ou de conhecimento restrito dos estudantes, muitos deles, inicialmente, não compreenderam seu funcionamento, mas tal problemática não influenciou diretamente na obtenção e na análise dos resultados.

Após a apresentação da ferramenta *Kahoot* aos estudantes, e considerando que a ferramenta se tornou um método pelo qual os estudantes puderam demonstrar sua compreensão do conteúdo apresentado, ou seja, uma maneira de retomar o conteúdo previamente discutido nas duas etapas anteriores. Foram apresentadas algumas perguntas de múltipla escolha. A primeira pergunta mencionada está exemplificada na Figura 23.

Figura 23 - Primeira pergunta apresentada aos estudantes na plataforma Kahoot



Fonte: Acervo dos autores.

Percebe-se que, quando os estudantes foram questionados sobre a teoria proposta por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace, grande parte (14 de 19) responderam corretamente, identificando-a como a teoria da Seleção Natural.

Outro ponto a ser destacado é que os estudantes tinham vinte e cinco segundos para responder a cada pergunta, pois se tratava de um *quiz* interativo e competitivo, neste sentido quem respondesse mais rapidamente ganharia uma pontuação maior, ou seja, tratava-se de uma atividade gamificada. É fundamental ressaltar que, apesar da existência de um *ranking* e da competição, o objetivo desta etapa era avaliar a compreensão dos estudantes em relação aos conteúdos relacionados à temática trabalhada ao longo das etapas.

Dessa forma, foi observado que cinco estudantes não conseguiram responder à pergunta proposta dentro do tempo estipulado, como é evidenciado na Figura 23. No *Kahoot*, quando o estudante não consegue responder dentro do tempo determinado, a questão é computada como “nenhuma resposta”.

A segunda pergunta do questionário (Figura 24) tinha o objetivo de compreender como os estudantes conceituavam a teoria da Seleção Natural de Charles Darwin e Alfred Russel Wallace. Nesse contexto, a Figura 24 mostra que apenas uma pequena parcela dos estudantes respondeu corretamente (4 de 19). Três estudantes responderam incorretamente, sugerindo que eles não entenderam completamente ou enfrentaram dificuldades ao serem questionados sobre a teoria proposta por Darwin e Wallace. Por conseguinte, essa dificuldade também pode ser atribuída ao tempo limitado para cada questão, o que se torna evidente ao observar a quantidade de estudantes que não conseguiu responder (doze estudantes).

Figura 24 - Segunda pergunta apresentada aos estudantes na plataforma Kahoot

2 -Quiz Como se conceituava a teoria de Darwin e Wallace??



<input checked="" type="checkbox"/>	Os mais aptos ao meio ambiente sobrevivem e reproduz...	✓	4
<input checked="" type="checkbox"/>	Os individuos com menores caracteres são mais aptos ao...	✗	3
<input checked="" type="checkbox"/>	Os individuos mais adaptados deixam menos numeros d...	✗	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Os indivudos mais adaptados ao meio possuem menor c...	✗	0
<input type="checkbox"/>	Nenhuma resposta	✗	12

Correct... 21% Avg. an... 18.14s Players... 7 of 19

Fonte: Acervo dos autores.

Dando continuidade às questões apresentadas na plataforma, foi feita aos estudantes a seguinte pergunta: “Mendel utilizou quais materiais em seus experimentos?” (Figura 25). A Figura 25 indica que a maioria dos participantes (10 de 19) responderam corretamente à questão. Cinco estudantes não conseguiram responder à questão dentro do tempo estipulado. Quatro estudantes não tiveram êxito na resposta correta. Para esta perspectiva, percebe-se que 3 estudantes responderam que Mendel utilizou a ervilha *Phaseolus vulgaris*, e 1 estudante respondeu de forma incorreta dizendo que Mendel trabalhava com uma soja chamada de *Pisusn Sativun*. Com foco nesta perspectiva, Griffiths *et al.* (2022) salienta que:

Mendel escolheu a ervilha-de-cheiro, *Pisum sativum*, como seu organismo de pesquisa. A escolha do organismo para qualquer pesquisa biológica é crucial, e a opção de Mendel provou ser boa porque o cultivo e a reprodução das ervilhas são fáceis. (Griffiths *et al.* 2022)

Figura 25 - Terceira pergunta apresentada aos estudantes na plataforma Kahoot

3 -Quiz Mendel utilizou quais materiais em seus experimentos?



<input checked="" type="checkbox"/>	Feijão - Phaseolus vulgaris.	✗	0
<input checked="" type="checkbox"/>	Ervilha - Pisum sativum.	✓	10
<input checked="" type="checkbox"/>	Soja - Pisum sativum.	✗	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Ervilha - Phaseolus vulgaris.	✗	3
<input type="checkbox"/>	Nenhuma resposta	✗	5

Correct... 53% Avg. an... 8.86s Players... 14 of 19

Fonte: Acervo dos autores.

Em seguida, quando os estudantes foram questionados sobre os atributos que permitiram que o pesquisador Mendel fosse considerado o pai da Genética (Figura 26), a maioria respondeu corretamente (13 de 19). Nenhum estudante respondeu de forma incorreta, mas seis deles não conseguiram responder à questão dentro do tempo estipulado.

Figura 26 - Quarta pergunta apresentada aos estudantes na plataforma Kahoot



Fonte: Acervo dos autores.

Dando continuidade à revisão da temática estudada, por meio das questões apresentadas na plataforma, foi feita aos estudantes a seguinte pergunta: "*Theodor Schwann e Jakob estabeleceram a ideia de que todos os seres vivos são formados por células. A afirmação é verdadeira ou falsa?*" (Figura 27). A maioria dos participantes respondeu corretamente à questão (11 de 19). Por outro lado, dois estudantes não responderam de forma correta e seis estudantes não conseguiram responder à questão dentro do tempo estipulado.

Figura 27 - Quinta pergunta apresentada aos estudantes



Fonte: Acervo dos autores.

Na questão seguinte, quando os estudantes foram questionados sobre a Primeira Lei de Mendel (Figura 28), oito estudantes responderam de forma correta (8 de 19) cinco responderam de forma incorreta e seis estudantes não conseguiram responder à questão dentro do tempo estipulado. Isso sugere que parte dos estudantes enfrentam dificuldades em compreender questões relacionadas à primeira lei de Mendel, e o fator “tempo” também desempenhou um papel preponderante no resultado dessa questão.

Figura 28 - Sétima pergunta apresentada aos estudantes na plataforma Kahoot



Fonte: Acervo dos autores.

Outra questão apresentada aos estudantes estava relacionada a um dos processos importantes para que ocorra a divisão celular. Nesse contexto, quando foram questionados sobre qual processo estava sendo mencionado, apenas 4 dos 19 estudantes responderam corretamente, enquanto sete estudantes marcaram a resposta incorreta e oito estudantes não conseguiram responder no tempo estipulado. Isso evidencia que os estudantes ainda não têm certeza sobre qual processo se tratava, ou seja, existiam dificuldades em compreender o conteúdo apresentado, conforme mostrado na Figura 29.

Figura 29 - Oitava pergunta apresentada aos estudantes na plataforma Kahoot

8 -Quiz **Processo em que o números de cromossomos das células germinativas s...** < > X



<input type="checkbox"/>	Mitose.	✗	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Meiose.	✓	4
<input type="checkbox"/>	Duplicidade.	✗	0
<input type="checkbox"/>	Divisão celular.	✗	6
<input type="checkbox"/>	Nenhuma resposta	✗	8

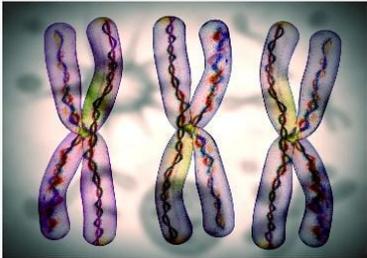
Correct...  21% Avg. an...  16.18s Players...  11 of 19

Fonte: Acervo dos autores.

Assim sendo, a nona questão exigia que os estudantes indicassem se a afirmação “As partículas das hereditariedades estariam localizadas nos cromossomos” (Figura 30) era verdadeira ou falsa. A maioria dos estudantes afirmou que a afirmação era verdadeira, totalizando (11 de 19) respostas corretas, enquanto uma resposta foi considerada incorreta e sete estudantes não conseguiram responder dentro do tempo estipulado.

Figura 30 - Nona pergunta apresentada aos estudantes na plataforma Kahoot

9 -Verdadeiro ou falso **Segundo Boveri, as partículas da hereditariedades estariam ...** < > X



<input checked="" type="checkbox"/>	True	✓	11
<input type="checkbox"/>	False	✗	1
<input type="checkbox"/>	Nenhuma resposta	✗	7

Correct...  58% Avg. an...  10.97s Players...  12 of 19

Fonte: Acervo dos autores.

Na última questão, o questionamento foi o seguinte: “*Nós, seres humanos, possuímos 46 cromossomos. Essa afirmação é verdadeira ou falsa?*”. Nesse contexto, 13 de 19 estudantes responderam corretamente ao que foi proposto na questão, nenhum estudante errou a questão, e seis estudantes não conseguiram responder dentro do tempo estipulado (Figura 31).

Figura 31 - Décima pergunta apresentada aos estudantes

10 -Verdadeiro ou falso **Nos seres humanos possuímos 46 cromossomos. Essa afir...**

<input checked="" type="checkbox"/>	True	✓	13
<input type="checkbox"/>	False	✗	0
<input type="checkbox"/>	Nenhuma resposta	✗	6

Correct... **68%** Avg. an... **8.13s** Players... **13 of 19**

Fonte: Acervo dos autores.

Nesta categoria, nota-se a significativa importância da utilização do *Mozaik 3D*. Por meio dele, conseguimos discutir abordar os conceitos trabalhados nos momentos anteriores por meio de simulações em 3 Dimensões.

Outro ponto notável nesta categoria é a utilização do *Kahoot* para avaliar a compreensão dos estudantes sobre os conteúdos abordados. É importante mencionar que em algumas questões, os estudantes enfrentaram certa dificuldade, no entanto, a maioria respondeu corretamente o que foi proposto.

Por conseguinte, percebe-se de forma geral que os estudantes conseguiram realizar as questões propostas, respondendo corretamente, em sua grande maioria, o que foi abordado. É notável a importância da utilização desta ferramenta para avaliar a compreensão dos estudantes acerca do conteúdo abordado na SD.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, buscamos compreender como a utilização da HFC, como abordagem de ensino, poderia favorecer a compreensão mais ampla da temática relacionada à Genética Básica e de seus conteúdos, assim, este trabalho apresentou como objetivo geral a avaliação da percepção dos estudantes acerca dos conteúdos conceituais relacionados à Genética Básica (Hereditariedade, Genética Mendeliana e Estrutura e Função do DNA) por meio da HFC, como abordagem de ensino.

Assim, conseguimos inicialmente verificar as percepções históricas dos estudantes acerca dos conteúdos de Genética Básica. Nesse sentido, foi possível observar que, em diversos momentos, os estudantes expressaram suas opiniões quando questionados sobre temas de

hereditariedade, as Leis Mendelianas, bem como durante outros estudos e postulados apresentados, tais como a compreensão dos estudantes sobre a estrutura e função do DNA, processos importantes como Meiose e Mitose, Genótipo e Fenótipo, entre outros, que frequentemente são de difícil compreensão no âmbito do ensino de Ciências.

Além disso, quando analisamos as percepções dos estudantes ao abordar diferentes questões problema, tais como as implicações sociais, culturais, históricas e éticas relacionadas aos conteúdos de Genética com base na HFC, como abordagem de ensino, notamos uma participação significativa dos estudantes quando os termos empregados nos estudos de Genética foram mencionados. Vale ressaltar que a maioria dos estudantes participou ativamente ao discutir a situação vivenciada pela pesquisadora Rosalind Franklin. Durante essas discussões, os estudantes expressaram suas percepções sobre a questão vivenciada pela autora, contextualizando essa situação com outras formas de discriminação e desrespeito enfrentadas pelas mulheres na sociedade contemporânea.

Ao avaliar a eficácia da utilização das ferramentas digitais, como o *Mozaik 3D* e o *Kahoot*, para o ensino de Genética Básica, observa-se que ambas favoreceram a aprendizagem dos estudantes. Ficou evidente uma grande participação e interação dos alunos, já que essas ferramentas digitais não apenas ensinam, mas também promovem interações entre todos os envolvidos no processo de ensino.

Em contrapartida, vale salientar que, inicialmente, enfrentamos algumas limitações durante as aulas. Essas limitações foram superadas ao longo de todo o processo de aprendizagem do conteúdo, ao utilizar a HFC como abordagem de ensino. No primeiro contato com a turma, os estudantes não participaram de forma significativa. Nos momentos posteriores, especialmente quando começamos a utilizar as ferramentas digitais como o *Mozaik 3D* e o *Kahoot*, houve uma participação mais ativa por parte da turma. A aplicação do *Kahoot*, e consequentemente o entendimento da plataforma pelos estudantes, foi crucial para estimular a participação deles.

Esta SD, por meio da abordagem da HFC, foi importante para o contexto de sua aplicação. Destaca-se que foi aplicada no Estágio em Biologia, no qual os estudantes possuíam dificuldades na compreensão da temática de Genética Básica. Assim, a utilização da HFC para abordar tal temática foi de fundamental importância para a compreensão desses conteúdos.

Por fim, a partir deste trabalho, tornou-se evidente a importância da aplicação da HFC no ambiente de ensino, especialmente ao abordar os conteúdos de Genética Básica. Ao invés de tratar os conceitos e processos de forma separada, a abordagem em conjunto com a HFC adotada foi crucial, apresentando não apenas os conceitos e teorias, mas também os

fundamentos, os processos e pesquisadores que contribuíram para a publicação e fortalecimento desses conhecimentos na comunidade científica. Neste contexto, a abordagem dos conteúdos de Genética, com base na HFC, nesta turma do ensino médio, ofereceu uma perspectiva que permitiu a exploração de vários aspectos sociais, políticos, culturais, éticos e outros relacionados ao desenvolvimento da ciência e do conhecimento científico. Ao adotar esta abordagem, conseguimos proporcionar aos estudantes uma compreensão mais profunda dos conteúdos de genética, estimulando o pensamento crítico em relação a temas que frequentemente são abordados de maneira superficial.

7 REFERÊNCIAS

ACHTERBERG, Alana Rodrigues Rigão; SCREMIN, Greice. Análise Textual Discursiva em narrativas docentes: uma abordagem teórico-prática. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 5, n. 5, p. 60-75, 2022.

ALUÍSIO, Sandra Maria; ALMEIDA, Gladis Maria de Barcellos. O que é e como se constrói um corpus? Lições aprendidas na compilação de vários corpora para pesquisa linguística. **Calidoscópio**, v. 4, n. 3, p. 156-178, 2006.

ARAGON, Glaucia Torres; MARTINEZ, Silvia Alicia; GIGLIO, Luciana Bockorni Gamis. O Ensino Tradicional e Conceitos Perpetuados como Senso Comum: alguns exemplos em Geociências. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, 11 out. 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: 21 abr. 2023.

ASSIS, Kleyson Rosário. História e filosofia da ciência no ensino de ciências e o debate universalismo versus relativismo. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p. 149–166, 27 dez. 2014.

BALDISSERA, Adelina. Pesquisa-Ação: Uma Metodologia do “Conhecer” e do “Agir” Coletivo. **Sociedade em Debate**, v. 7, n. 2, p. 5–25, 2001.

BARROSO, Felipe; ANTUNES, Mariana. Tecnologia na educação: ferramentas digitais facilitadoras da prática docente. **Pesquisa e Debate em Educação**, v. 5, n. 1, p. 124-131, 2015.

BARBOSA, Flávio Tajima; AIRES, Joanez Aparecida. A abordagem HFC por meio de estudos de casos históricos: propostas didáticas para o Ensino de Química. **Educação Química em Punto de Vista**, v. 1, n. 2, 2017.

BARBOSA, Vivian Antunes. **A importância da utilização de ferramentas digitais no Ensino Fundamental**. 2018. 52 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino, Campus Medianeira, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, São José dos Campos, 2018.

BASTOS, Fernando; TAKAHASHI, Bruno Tadashi; LABARCE, Eliane Cerdas; PEDRO, Alessando. A história da Ciência na formação continuada de professores do ensino de Ciências. In: GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto. **A História e a Filosofia da Ciência no**

Ensino de Ciências: a pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula. São Paulo: Escrituras, 2016. Cap. 7. p. 157-170.

BELTRAN, Maria Helena Roxo; SAITO, Fumikazu; TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. **História da Ciência para formação de professores.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014. 127 p.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.

CAMARGO, S. S.; MALACHIAS, M. Infante. A genética humana no ensino médio: algumas propostas. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 14–16, 2007. DOI: 10.55838/1980-3540.ge.2007.29. Disponível em: <https://geneticanaescola.com/revista/article/view/29>. Acesso em: 10 nov. 2023.

CARNEIRO, Maria Helena da Silva; GASTAL Maria Luiza. História e Filosofia das Ciências no ensino de Biologia. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 11, p. 33–39, abr. 2005.

CASTRO, Ruth Schmitz de. Investigando as contribuições da Epistemologia e da História da Ciência no ensino das Ciências: de volta ao passado. *In:* GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto. **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências:** a pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula. São Paulo: Editora Escrituras, 2016. Cap. 2. p. 29-53.

CAVALHEIRO, Debora do Nascimento; FERNANDES, Carolina dos Santos. A Contextualização Histórica na Área das Ciências da Natureza e Suas Tecnologias na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). *In:* ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 13., 2021, Santa Catarina. **Anais [...].** Santa Catarina: Realize, 2021. p. 1-8.

CHEIRAM, Maryeli Corrêa; ALBARELLO, Patrícia Santos; CARLESSO, Janaína P.Pretto. A Interdisciplinaridade no Currículo Escolar. *In:* seminário internacional de educação superior, 11., 2018, Pelotas. **Anais [...].** Pelotas: {S.N.}, 2018. p. 1-2.

CUNHA, Emanuel Régis de Pontes. **História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física.** 2019. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Licenciatura em Física, Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

DARWIN, Charles. Seleção natural, ou a sobrevivência do mais apto. *In:* DARWIN, Charles. **A Origem das Espécies.** 6. ed. Portugal: Planeta Vivo, 2009. Cap. 15. p. 0-442. Ana Afonso.

DA SILVA, Monique Kely Lima; MILTÃO, Milton Souza Ribeiro. O uso da história e filosofia da ciência no ensino de física, aspectos teóricos e práticos: the use of the history and philosophy of science, theoretical and practical aspects. **Caderno de Física da UEFS**, v. 19, n. 2, p. 2601.1-11, 2021.

DE SOUSA, José Ramos; DA COSTA, Priscila Rosa Bandeira; 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**, v. 25, p. 122-139, 2022.

FARIA, Bianca Patrícia; FERREIRA, Gustavo Lopes. História da ciência no livro didático—investigando a contribuição de Rosalind Franklin para o entendimento da estrutura do DNA. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 20, n. 10, p. 1-18, 2021.

FERNANDES, Geraldo Wellington Rocha. **A História e Filosofia da Ciência e seu papel no Ensino de Física**. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, p. 1-11, 2007.

FERNANDES, Geraldo W. Rocha; ALLAIN, Luciana Resende; DIAS, Isabella Rocha. Práticas educativas numa perspectiva de organização e planejamento do conteúdo: práticas educativas. *In*: FERNANDES, Geraldo Wellington Rocha; ALLAIN, Luciana Resende; DIAS, Isabella Rocha. **Metodologias e Abordagens Diferenciadas em Ensino de Ciências**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022.

FERNANDES, Geraldo W. Rocha; ALLAIN, Luciana Resende; DIAS, Isabella Rocha. Os Três Momentos Pedagógicos e o Ensino de Ciências. *In*: FERNANDES, Geraldo Wellington Rocha; ALLAIN, Luciana Resende; DIAS, Isabella Rocha. **Metodologias e Abordagens Diferenciadas em Ensino de Ciências**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2022. Parte 1. p. 49-71.

FERNANDES, Geraldo W. Rocha; RODRIGUES, António. M; FERREIRA, Carlos Alberto Rosa. Reflexões sobre o papel do cientista e a natureza da Ciência e da Tecnologia. *In*: FERNANDES, Geraldo W. Rocha; RODRIGUES, António. M; FERREIRA, Carlos Alberto Rosa. (Aut.). **Olhares para o ensino de Ciências: tecnologias digitais, atividades investigativas, concepções e argumentação**. 1 ed. São Paulo: Livraria da Física, 2021. cap. 3. p. 95-140, ISBN: 978-65-5563-028-2.

FILIPE, Fabiana Alvarenga; SILVA, Dayane dos Santos; COSTA, Áurea de Carvalho. Uma Base Comum na Escola: análise do projeto educativo da base nacional comum curricular. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, [S.L.]**, v. 29, n. 112, p. 783-803, 22 fev. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-40362021002902296>.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 17^a ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto. **A História e a filosofia da ciência no ensino de ciências A pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula: as pesquisas e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula**. São Paulo: Escrituras, 2016. 240 p.

GRIFFITHS, Anthony J *et al.* Genética Evolutiva. *In*: GRIFFITHS, Anthony J. *et al.* **Introdução à Genética**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. Cap. 19. p. 0-712. Paulo A. Motta.

GRIFFITHS, Anthony J. *et al.* Genética Evolutiva. *In*: GRIFFITHS, Anthony J. *et al.* **Introdução à Genética**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. Cap. 20. p. 0-738. Idília Vanzellotti.

GUARNIERI, Patricia Vecchio; LEITE, Mônica Regina Vieira; CORTELA, Beatriz Saleme Corrêa; GATTI, Sandra Regina Teodoro. História e filosofia da ciência na educação básica: reflexões a partir da Base Nacional Comum Curricular. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 2, p. 331-356, 2021.

GUNTHER, Hartmut; JÚNIOR, Jair Lopes. Perguntas Abertas Versus Perguntas Fechadas: Uma Comparação Empírica. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 6, n. 2, p. 203-213, 1990.

HIDALGO, Maycon Raul; JUNIOR, Álvaro Lorencini. Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 14, p. 19-38, 2016.

JOHNSON, Alberts Bray Hopkin; WALTER, Lewis Raff Roberts. **Fundamentos da Biologia Celular**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 843 p.

JOHNSON, Alberts Bray Hopkin; WALTER, Lewis Raff Roberts. DNA e Cromossomos: os genes são feitos dna. *In*: JOHNSON, Alberts Bray Hopkin; WALTER, Lewis Raff Roberts. **Fundamentos da Biologia Celular**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. Cap. 5. p. 171-197.

JUNIOR, João Batista Bottentuit. O aplicativo Kahoot na educação: verificando os conhecimentos dos alunos em tempo real. *In*: **Livro de atas X Conferência Internacional de TIC na Educação—Clallenges**. 2017. p. 1587-1602.

KOVALESKI, Aline Bottega; ARAÚJO, Maria Cristina Pansera de. A história da ciência e a bioética no ensino de genética. **Investigações em Ensino de Genética**, [s. l], v. 8, n. 2, p. 154-167, 2013.

LEITE, Mônica Regina Vieira. Base Nacional Comum Curricular e História e Filosofia da Ciência: tipos de abordagens presentes no tópico Ciências da Natureza e suas Tecnologias. *In*: ENCONTRO PAULISTA DE PESQUISA EM ENSINO DE QUÍMICA, 10., 2019, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: {S.N.}, 2020. p. 35-42.

LEITE, Mônica Regina Vieira; GATTI, Sandra Regina Teodoro; CORTELA, Beatriz Saleme Corrêa. Abordagem da História e Filosofia da Ciência por meio das Histórias em Quadrinhos. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 3, n. 2, 2019.

MACHADO, Maria Amanda da Silva. **A Percepção dos Alunos sobre o Ensino de Ciências Naturais**. 2017. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Naturais, Universidade de Brasília, Planaltina, 2017.

MACHADO, Vitor Fabrício; SASSERON, Lucia Helena. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 29-44, 2012.

MANTOVANI, Sérgio Roberto. **Sequência Didática Como Instrumento Para a Aprendizagem Significativa do Efeito Fotoelétrico**. 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2015.

MANURETTO, Lorimar Francisco; CORRÊA, Hamilton Luiz; CARNEIRO DA CUNHA, Júlio Araújo. Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratórias. **Revista de Administração da UFSM**, v. 6, n. 1, p. 9-24, 7 jan. 2013.

MARANDINO, Martha; CONTIER, Djana; NAVAS, Ana Maria; BIZERRA, Alessandra; NEVES, Ana Luiza Cerqueira das. **Controvérsias em Museus de Ciências: reflexões e propostas para educadores**. São Paulo: Feusp, 2016. 56 p.

MARTINS, André Ferrer P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro do Ensino de Física**, Natal, v. 24, n. 1, p. 112-131, abr. 2007.

MARTINS, André Ferrer P. História, Filosofia, Ensino de Ciências e Formação de Professores: desafios, obstáculos e possibilidades. **Educação: Teoria e Prática**, Rio Grande do Norte, v. 22, n. 40, p. 5-25, jul. 2012.

MASCARENHAS, Marcia de Jesus Oliveira; DA SILVA, Vanessa da Silva Campos; MARTINS, Paula Regina Pereira; FRAGA, Elmary da Costa; BARROS, Maria Claudene. Estratégias Metodológicas para o Ensino de Genética em Escola Pública. **Pesquisa em Foco**, v. 21, n. 2, p. 05-24. 2016. ISSN: 2176-0136.

MATTHEWS, Michael S. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MAURENTE, Viviane Maciel Machado; MOLINA, Jorge Alberto; DA LUZ, Arisa Araujo. A história e filosofia da ciência na educação básica brasileira: por um processo de construção do conhecimento científico na escola. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, p. 2379-2394, 2021.

MELO, Énery. **Panorama da Abordagem Histórica e Filosófica da Ciência no Ensino de Ciências**. 2015. Disponível em: https://www.sbhc.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=851. Acesso em: 09 ago. 2023.

MINAS GERAIS. **Currículo Referência de Minas Gerais**. 2020. Disponível em: <https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/plano-de-cursos-crmg>. Acesso em: 4 nov. 2022.

MONTEIRO, Midiã M.; MARTINS, André Ferrer P. História da ciência na sala de aula: uma sequência didática sobre o conceito de inércia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 4501-1, dez. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-11173741919>.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, Rio Grande do Sul, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 9, p. 191-211, 2003.

MORAIS, Angelita; GUERRA, Andreia. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, p. 01-09, 2013.

MUNARETTO, Lorimar Francisco; CORRÊA, Hamilton Luiz; DA CUNHA, Júlio Araújo Carneiro. Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratórias. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 6, n. 1, p. 9-24, 2013.

NARDI, Roberto; GATTI, Sandra Regina Teodoro. A pesquisa em ensino de Ciências: aproximando aspectos de História e Filosofia da Ciência à sala de aula. *In*: GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto. **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências**: a pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula. São Paulo: Escrituras, 2016. Cap. 1. p. 1-29.

NEVES, José Luís. Pesquisa Qualitativa - Características, Usos e Possibilidades. **Caderno de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

- NICOLA, Jéssica Anese; PANIZ, Catiane Mazocco. A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no Ensino de Ciências e Biologia. **InFor**, v. 2, n. 1, p. 355-381, 2017.
- OLIVEIRA, Adriano José. A Educação Brasileira entre a visão de ensino tradicional e construtivismo. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 1, p. 4270-4286, 2022.
- OLIVEIRA, Talles Henrique G.; DOS SANTOS, Neusa Fernandes; BELTRAMINI, Leila Maria. O DNA: uma sinopse histórica. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 2, n. 1, p. 1-16, 2004.
- OSÓRIO, Maria Regina Borges; ROBINSON, Wanyce Miriam. **Genética Humana**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 783 p
- PACHECO, Renato Lucas; MARTINS-PACHECO, Lúcia Helena. **O que é ciência? uma abordagem para cursos tecnológicos**. 2008.
- PATTO, Maria Helena Souza (org.). **Introdução à Psicologia Escolar**. 3. ed. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1997. 430 p.
- PEDRANCINI, Vanessa Daiana; CORAZZA-NUNES, Maria Júlia; GALUCH, Maria Terezinha Bellanda; MOREIRA, Ana Lúcia Olivo Rosas; RIBEIRO, Alessandra Claudia. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, [s. l], v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.
- PEDUZZI, Luiz OQ; RAICIK, Anabel Cardoso. Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, p. 19-55, 2020.
- PENITENTE, Luciana Aparecida de Araújo; CASTRO, Rosane Michelli de. A História e Filosofia da Ciência: contribuições para o ensino de ciências e para a formação de professores. **Pesquiseduca**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 232-244, dez. 2010.
- PIFFERO, Eliane; SOARES, Renata; COELHO, Caroline; ROEHRS, Rafael. Metodologias Ativas e o ensino de Biologia: desafios e possibilidades no novo ensino médio. **Revista Ensino e Pesquisa**, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 48-63, 20 ago. 2020. Universidade Estadual do Parana - Unespar. <http://dx.doi.org/10.33871/23594381.2020.18.2.48-63>.
- PIMENTEL, Márcia; REBOUÇAS Cintia Santos; GALLO, Cláudia. **Genética Essencial**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. 306 p.
- PONTES, Geisse Kelly Soares Nery; et al. O Papel da História e Filosofia No Ensino De Ciência. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 6., 2019, Paraíba. **Anais [...]**. Paraíba: Realize, 2019. p. 1-12.
- PRECIOZO, Sidélia Ribeiro Neto; ADAMS, Fernanda Welter; NUNES, Simara Maria Tavares. Dificuldades e desafios dos professores do ensino fundamental 1 em relação ao ensino de ciências. **Devir Educação**, [S.L.], v. 6, n. 1, p. 1-16, 6 maio 2022. Devir Educacao. <http://dx.doi.org/10.30905/rde.v6i1.536>.
- RAMALHO, Renato Nunes. **Do Calórico à Teoria Atual do Calor: Uma Abordagem HFC na Escola Cidadã Integral**. 2021. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Licenciatura em Física, Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras-pb, 2021.

RIBEIRO, Suellen Cristine Isidoro; MOREIRA, Maria Cristina do Amaral. As dificuldades de inserir história e filosofia da ciência na educação básica: percepções a partir do encontro nacional de pesquisa em ensino de ciências. *In: Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente*, 5., 2018, Niterói. **Anais [...]**. Niterói: {S.N.}, 2018. p. 1-10.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da Ciência: da antiguidade ao renascimento científico**. 2. ed. Brasília: Fundação Alexandre de Gusmão, 2012. 476 p.

SANTOS, Laura Sued Brandão; PEIXOTO, Carine Alves dos Santos; BELLO, Maria Elvira do Rego Barros; FILHO, Neurivaldo José de Guzzi. As contribuições da história e filosofia da ciência na formação de professores: uma análise em periódicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 3, 31 dez. 2017.

SCHEID, Neusa Maria John; FERRARI, Nadir. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Genética na Escola**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 17-18, 22 fev. 2006. Sociedade Brasileira de Genética.

SCHIRMER, Saul Benhur; SAUERWEIN, Inés Prieto Schmidt. Recursos Didáticos e História e Filosofia da Ciência em sala de aula: uma análise em periódicos de ensino nacionais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, p. 061-077, 2014.

SILVA, Alexandre Fernando da; FERREIRA, José Heleno; VIERA, Carlos Alexandre. O Ensino de Ciências no Ensino Fundamental e Médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Revista Exitus**, Santarém, v. 7, n. 2, p. 283-304, 2017.

SILVA, Marcos Rodrigues. Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. **Filosofia e história da biologia**, v. 2, n. 1, p. 297-310, 2007.

SILVA, Marcos Rodrigues da. As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. **Scientiae Studia**, v. 8, p. 69-92, 2010.

SILVA, Mariane Tavares; SANTOS, Charles Morphy D. Uma análise histórica sobre a seleção natural: de Darwin-Wallace à Síntese Estendida da Evolução. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 11, n. 22, p. 46-61, 2015.

SILVEIRA, Luis Fernando dos Santos. **Uma contribuição para o ensino de Genética**. 2008. 116 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SIQUEIRA, Rafael Moreira; PINHEIRO, Laiza Ribeiro. História e Filosofia da Ciência e sua (não) presença na Base Nacional Comum para a Formação de Professores (BNC-Formação). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, p. 518-550, 2022.

SOUZA, Adriana de. **Primeira Lei de Mendel: jogos didáticos, uma proposta para favorecer a aprendizagem**. 2012. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2012/2012_uem_bio_artigo_adriana_de_souza.pdf. Acesso em: 20 set. 2023.

SOUZA, 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**, [S.L.], v. 25, p. 122-139, 29 set. 2022. Pontifical Catholic University of Sao Paulo (PUC-SP). <http://dx.doi.org/10.23925/2178-2911.2022v25espp122-139>.

SOUZA, Patrícia de; FERNANDES, Geraldo Wellington Rocha. Science Teaching in the Base Nacional Comum Curricular and in the Currículo Referência de Minas Gerais: analysis from the perceptions of in-service and pre-service teachers. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 1-23, 5 dez. 2022. Cruzeiro do Sul Educacional. <http://dx.doi.org/10.26843/rencima.v13n6a28>.

SNUSTAD, D. Peter; SIMMONS, Michael J. **Fundamentos de genética**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. 773 p.

TAKAHASHI, Bruno Tadashi; BASTOS, Fernando. Trabalho colaborativo entre universidade e escola: proporcionando a formação continuada através da História da Biologia. *In*: GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto. **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências: a pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula**. São Paulo: Escrituras, 2016. Cap. 6. p. 133-156

TEÓFILO, Francisco Breno Silva; GALLÃO, Maria Izabel. História e Filosofia da Ciência no ensino de Biologia Celular. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, p. 783-801, 2019.

VANNUCCHI, Andrea Infantsi. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**. 1997. 131 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Faculdade de Educação, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

VARGENS, Marta Moniz Freire; NIÑO-EL-HANI, Charbel. Análise dos efeitos do jogo Clipsitacédeos (Clipbirds) sobre a aprendizagem de estudantes do ensino médio acerca da evolução. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 1, p. 143-168, 2011.

VIECHENESLKI, Juliana Pinto; LORENZETTI, Leonir; CARLETTO, Marcia Regina. Desafios e Práticas para o Ensino de Ciências e Alfabetização Científica nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. **Ppge/Me: ATOS DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO**, Blumenau, v. 7, n. 3, p. 853-876, dez. 2012.

WALDHELM, Mônica de Cassia Vieira. **Como Aprendeu Ciências na Educação Básica Quem Hoje Produz Ciência?** 2003. 247 f. Tese (Doutorado) - Curso de Teologia, O Departamento de Educação do Centro de Teologia e Ciências Humanas, Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2007. Cap. 6.

8 APÊNDICES E ANEXOS

PLANO DE AULA – 3º ano – Genética Mendeliana e Hereditariedade

II. Dados de Identificação
<p>Escola: Escola Estadual Joviano de Aguiar</p> <p>Professor (a): Anselmo Dupim</p> <p>Estagiário: Iury Henrique Fernandes; Hugo Cássio Aquino.</p> <p>Disciplina: Ciências Biológicas.</p> <p>Ano: 2023.</p> <p>Turma: 3º ano.</p> <p>Período: Vespertino.</p>
III. Tema
<p>3.1) Unidade Temática (UT): Energia, Biodiversidade.</p> <p>3.2) Objetos do conhecimento (OC): Teorias da Evolução Biológica, Lamarckismo, Darwinismo, Evidências da Evolução Biológica</p> <p>3.3) Tempo estimado: 3 aulas de 50 minutos.</p>
IV. Objetivos e Habilidades
<p>4.1) Habilidades: Conhecer o modelo da molécula do DNA, de modo a explicar como se dá o processo de autoduplicação desta molécula e o significado desse processo na transmissão de caracteres.</p> <p>Estabelecer relação entre DNA, código genético, fabricação de proteínas e determinação das características dos organismos.</p> <p>Avaliar textos e discutir sobre patentes e tecnologias do DNA.</p> <p>Comparar as explicações utilizadas por Darwin e por Lamarck sobre as transformações dos seres vivos.</p> <p>Identificar as semelhanças e diferenças entre as teorias evolucionistas.</p> <p>Reconhecer que os seres vivos se transformam ao longo do tempo evolutivo.</p> <p>Reconhecer o papel das mutações e da recombinação como fonte de diversidade.</p> <p>4.2) Objetivos esperados:</p> <p style="padding-left: 20px;">a. ao nível de conhecimento:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Compreender como se deu o nascimento da “Genética”, de forma a entender o contexto social, histórico, cultural a respeito dos postulados de estudiosos importantes para esta área tais como Mendel, Miescher, Flemming e tantos outros estudiosos que tiveram profundas contribuições para o que entendemos sobre a genética atualmente 2. Identificar as datas em que foram feitas as contribuições para a área e o processo por trás da aceitação de uma determinada lei ou teoria, tais como o método científico utilizado, hipóteses, o processo para sua comprovação, experimentos e entre outros diversos aspectos relacionados. 3. Reconhecer que por trás dos diversos cientistas e estudiosos que contribuíram de alguma forma para o estabelecimento do que temos atualmente houve uma série de erros e acertos que culminaram na compreensão e estabelecimento do que entendemos acerca da Hereditariedade, o gene, DNA e entre outros. <p style="padding-left: 20px;">b. ao nível de aplicação:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Demonstrar entendimento acerca do contexto histórico, político, social e econômico ao qual diversos cientistas e estudiosos viviam e como isso exerceu influência sobre o que postulou na época. 2. Interpretar a ciência e o conhecimento científico como uma atividade humana e perceber que os erros cometidos são produtos de aspectos científicos e tecnológicos presentes em um determinado período histórico, e como a evolução científica e tecnológica influenciou e contribuiu para o avanço compreensão da genética. 3. Empregar em situações históricas questões relacionadas à Bioética. <p style="padding-left: 20px;">c. ao nível de solução de problemas:</p>

<ol style="list-style-type: none"> 1. Inferir que como a Genética teve a contribuição de vários autores para se formular e responder fatos como hereditariedade, variação genética entre os indivíduos. 2. Concluir a importância do estudo da Genética para a resolução de problemas sociais. 3. Compreender a importância do estudo da Genética para o desenvolvimento dos seres vivos. 			
V. Caracterização dos Conteúdos:			
<p>a. Conteúdos conceituais - O aluno deverá saber sobre:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Autores que contribuíram para a formulação de teorias e conceitos apresentados no estudo da Genética. 2. Os principais autores envolvidos no estudo da Genética. 3. Qual a importância do estudo da Genética para o entendimento das relações entre os seres vivos. <p>b. Conteúdos Procedimentais - O aluno deverá saber fazer:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ter a concepção das principais características envolvendo o estudo da Genética. 2. Reconhecer e identificar quais os principais termos e teorias apresentadas no estudo da Genética. 3. Entender a ciência como uma atividade humana que está também propícia a erros <p>c. Conteúdos Atitudinais- O aluno deverá demonstrar:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Compreender a importância do estudo da Genética para o entendimento de questões tanto de caráter social, cultural e econômico. 2. Interesse em participar das “aulas” e atividades propostas, como também na resposta ao questionário trazendo dúvidas relevantes, para a construção do conhecimento 3. Entendimento do conteúdo abordado. 			
VI. Procedimento Metodológico e Estratégias Didáticas:			
<p>Para o procedimento metodológico: Sequência didática a partir dos 3 MP. Será utilizado uma sequência didática (SD);</p>			
<p>Tema da dinâmica didático-pedagógica a partir da BNCC: Unidade Temática (UT): Biodiversidade Objetos do conhecimento (OC): Teorias da Evolução Biológica, Lamarckismo, Darwinismo, Evidências da Evolução Biológica. Tempo estimado total: 3 aulas com 50 minutos cada.</p>			
ETAPAS	Descrição das Atividades	Nº Aulas/ Tempo	Estratégias Didáticas e Recursos para a abordagem HFC
Etapa 1	<p>Problemas iniciais:</p> <p>O que é hereditariedade? Quais os cientistas, estudiosos e pesquisadores foram importantes para a compreensão do que é hereditariedade? Como explicar a origem das variedades e como as características eram transmitidas?</p>	1 aula de aproximadamente 50 minutos.	Indagações feitas aos estudantes visando saber os conhecimentos prévios dos mesmos.
	<p>Estudo de Genética Básica a partir da abordagem HFC:</p>	1 aula de aproximadamente 50 minutos	Apresentação de textos históricos, imagens e livros históricas, esquemas, vídeos, simulações e entre outros. Plataforma <i>Prezzi</i> .

Etapa 2	<p>1. Abordagem do conteúdo na plataforma de ensino <i>Prezi</i>.</p> <p>2. Vídeo acerca do modelo da Dupla Hélice do DNA, abordando a injustiça sofrida por Rosalind Franklin.</p> <p>3. Simulador (<i>Mozaik 3D</i>) apresentando a estrutura do DNA.</p>		<i>Mozaik 3D.</i>
Etapa 3	<p>Reforço do conteúdo e novos conhecimentos:</p> <p>Aplicação de uma atividade no <i>Kahoot</i> e um questionário impresso.</p>	1 aula de aproximadamente 50 minutos.	Questões sobre Genética básica, Genética Mendeliana e a estrutura e função do DNA na perspectiva da HFC.

Etapa 1: Para fazer uma abordagem inicial da temática, iniciamos a aula fazendo uma problematização inicial de aspectos que ao longo da apresentação dos conteúdos com base na HFC elucidam como diversos cientistas, pesquisadores e estudiosos tiveram suma importância. Neste sentido, fizemos um levantamento da compreensão que os estudantes possuíam do que era hereditariedade e como a concepção acerca de tais aspectos mudou ao longo da história. Por exemplo, discutimos as teorias pré-darwinianas como a herança dos caracteres adquiridos proposta por Jean-Baptiste Lamarck, e como elas foram posteriormente substituídas pela teoria da seleção natural de Charles Darwin. Além disso, apresentamos as controvérsias e os desafios enfrentados para que tais teorias fossem aceitas, mas também os erros cometidos por Lamarck e o que a teoria de Darwin não conseguia explicar acerca do princípio da hereditariedade, (figura 1 a 9). A partir disso, adentramos na temática de “genética básica” apresentando as contribuições de Gregor Mendel, suas leis da hereditariedade e a importância do mesmo para a compreensão de tais aspectos. Ao abordar o tema da hereditariedade com base na HFC, consideramos diferentes perspectivas, bem como as implicações éticas, sociais, culturais e entre outras relacionadas, visando que o estudante compreenda que os conceitos inicialmente trabalhados se constituem em um processo complexo e em constante evolução.

Etapa 2: Este momento consistiu na apresentação dos conteúdos teóricos presentes no software para criar apresentações o *Prezi*. Além disso, foram feitas novas problematizações acerca do tema em questão na perspectiva da HFC visando trazer uma compreensão mais ampla e crítica sobre esse campo científico específico. Destaca-se que, neste momento ao problematizar tais temáticas na perspectiva histórica, tínhamos o intuito de desenvolver nos estudantes um entendimento mais crítico e contextualizado desse campo científico fundamental, fazendo com que os mesmos compreendessem a importância histórica de tal temática, além de questionar seus fundamentos teóricos e considerar suas implicações na sociedade contemporânea.

Etapa 3: Neste momento, os estudantes após a apresentação das devidas ferramentas de auxílio já citadas, acessaram o link do *Kahoot* que foi disponibilizado ao longo das aulas e realizaram as questões propostas no formulário sobre a temática de Genética /Básica. Em meio a esse formulário, os estudantes tiveram que responder questões de múltipla escolha relacionadas à temática em questão (figura 10, 11 e 12) interpretaram imagens e esquemas para melhor compreensão e fixação do conteúdo apresentado.

Além disso, foi entregue um questionário com questões dissertativas a respeito da temática abordada, mas com questões que estabeleçam uma relação intrínseca com a HFC (figura 13 e 14). Por fim, foi observado as respostas dos estudantes, considerando suas similaridades e diferenças bem como a comparação dos resultados obtidos nas respostas fechadas, visando entender se a HFC foi relevante para a abordagem dos conteúdos científicos de Genética Básica fundamentada na HFC.

Para as estratégias didáticas: aulas expositivas dialogadas, discussões, debates. Também será utilizada de uma ferramenta digital o *Prezi* (<https://prezi.com>) para a abordagem mais interativa do conteúdo.

VII. Recursos didáticos

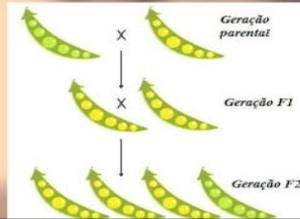
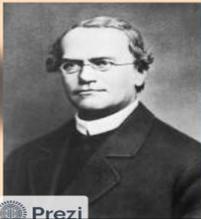
Artigos, Imagens, Apresentação de slides no Powerpoint, Vídeos, Sites da Internet, Plataforma *Prezi*.

VIII. Avaliação da Aprendizagem
<p>a. Diagnóstica: respostas às perguntas-problema no início e no decorrer da aula.</p> <p>b. Formativa: compreensão de gravuras, vídeo.</p>
IX. Bibliografia
<p>BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.</p> <p>CAMARGO, S. S.; MALACHIAS, M. E. I. A genética humana no ensino médio: algumas propostas. Genética na Escola, v. 2, n. 1, p. 14–16, 15 mar. 2007.</p> <p>SEE/MG. Currículo Referência de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2019. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/curriculos_estados/documento_curricular_mg.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2023.</p> <p>OLIVEIRA, Talles Henrique Gonçalves de; SANTOS, Neusa Fernandes dos; BELTRAMINI, Leila Maria. O DNA: uma sinopse histórica. Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, São Paulo, n. 01, p. 01-16, 2004.</p>

X. DESCRIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA AULA
<p>A aula foi realizada em três aulas de 50 minutos sendo na primeira aula foi questionado com os estudantes o que eles entendiam sobre hereditariedade bem como quais os cientistas e pesquisadores que contribuíram para a compreensão desta temática. Também foi questionado como os caracteres são transmitidos entre os indivíduos. Para isso adentramos na temática de “genética básica” apresentando as contribuições de Gregor Mendel, suas leis da hereditariedade e a importância do mesmo para a compreensão de tais aspectos.</p>


Como os caracteres podem ser transmitidos de uma geração para outra?

Gregor Johann Mendel - 1822- 1884



O nascimento da genética.

Material de estudo

Leis fundamentais

Já numa segunda aula, deu-se continuidade sobre a temática apresentada com foco mais na história de Rosalind Franklin com foco no debate envolvendo bioética e o lugar da mulher na ciência, dentre outras questões. Logo após a apresentação das questões envolvendo a Rosalind Franklin, foi apresentado um simulador reforçando a estrutura da estrutura da dupla hélice do DNA, por meio da utilização de um simulador em 3D e neste sentido que foi perceptível que trazer ferramentas que deixam a aula mais dinâmica como simulações, jogos, quizzes dentre outros são importantes pois refletem numa participação maior dos estudantes fugindo um pouco daquelas aulas monótonas.





Já na terceira aula foi mencionado aos estudantes o que eles entenderam sobre o conteúdo transmitido e neste sentido para deixar a aula um pouco mais interativa, foi utilizado a plataforma *Kahoot* com as questões propostas no formulário sobre a temática de Genética /Básica.

Em meio a esse formulário, os estudantes tiveram que responder questões de múltipla escolha relacionadas à temática em questão. Também foi entregue aos estudantes um foi entregue um questionário com questões dissertativas a respeito da temática abordada.