

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

Analyzing the potential of the History and Philosophy of Science as an approach to teaching basic genetics in a high school class

Hugo Cássio Aquino [hugo.cassio@ufvjm.edu.br]

*Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)
Campus JK - Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000 - Alto da Jacuba
CEP 39100-000. Diamantina-Minas Gerais*

Iury Henrique Fernandes[iury.henrique@ufvjm.edu.br]

*Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)
Campus JK - Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000 - Alto da Jacuba
CEP 39100-000. Diamantina-Minas Gerais*

Geraldo Wellington Rocha Fernandes [geraldo.fernandes@ufvjm.edu.br]

*Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM)
Campus JK - Rodovia MGT 367 - Km 583, nº 5000 - Alto da Jacuba
CEP 39100-000. Diamantina-Minas Gerais*

Recebido em: 22/01/2024

Aceito em: 15/08/2024

Resumo

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a percepção dos estudantes de uma escola pública no 3º ano do ensino médio, acerca dos conteúdos conceituais relacionados à Genética Básica (Hereditariedade, Genética Mendeliana e Estrutura e Função do DNA), utilizando a História e Filosofia da Ciência (HFC) como abordagem de ensino. Para isso, foi elaborada e desenvolvida uma Sequência Didática (SD) acompanhada por diversas estratégias e recursos didáticos. 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* e o *Kahoot*, e um questionário impresso contendo perguntas abertas sobre a estrutura e função do DNA, com base na HFC. Para analisar os dados desta pesquisa, utilizou-se a Análise Textual Discursiva (ATD), a partir de três categorias pré-estabelecidas com suas respectivas subcategorias emergentes: 1. Incorporação da HFC no ensino de Genética Básica; 2. Potencialidades da abordagem histórica e filosófica para o ensino de Genética; 3. Avaliação do impacto da HFC como abordagem de ensino para a compreensão dos conteúdos de Genética Básica. A análise da primeira categoria indicou que os estudantes demonstraram compreensão e análise crítica dos conteúdos quando se utilizou a HFC como abordagem de ensino. Na segunda categoria, o estudo de alguns conceitos de Genética, na perspectiva histórica, permitiu aos estudantes expressarem suas percepções sobre as questões éticas, sociais e culturais do conteúdo proposto. Na última categoria, as ferramentas digitais *Mozaik 3D* e *Kahoot* foram essenciais para avaliar a compreensão dos conteúdos, resultando em maior participação e motivação dos estudantes.

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

Abstract

The present work aimed to evaluate the perception of students at a public school, in the 3rd year of Brazilian high school, about the conceptual contents related to Basic Genetics (Heredity, Mendelian Genetics, and Structure and Function of DNA), using History and Philosophy of Science (HPS) as a teaching approach. To this end, a Didactic Sequence (SD) was designed and developed, accompanied by various teaching strategies and resources. The methodological procedures of the research were characterized by a qualitative and exploratory explanatory approach. The following were used as instruments and techniques for data collection: student responses and statements regarding problematizations and perceptions about the content throughout classes, in addition to responses from the use of digital tools, such as Mozaik 3D and Kahoot, and a printed questionnaire containing open-ended questions about the structure and function of DNA, based on the HPS. To analyze the data from this research, Discursive Textual Analysis (ATD) was used, based on three pre-established categories with their respective emerging subcategories: 1. Incorporation of HPS in the teaching of Basic Genetics; 2. The potential of the historical and philosophical approach to teaching genetics; 3. Assessment of the impact of HPS as a teaching approach for understanding Basic Genetics content. Analysis of the first category indicated that students demonstrated understanding and critical analysis of content when HPS was used as a teaching approach. In the second category, the study of some Genetics concepts, from a historical perspective, allowed students to express their perceptions about the ethical, social, and cultural issues of the proposed content. In the last category, the digital tools Mozaik 3D and Kahoot were essential for assessing understanding of the content, resulting in greater student participation and motivation.

Keywords: History and Philosophy of Science. Didactic Sequence. Basic Genetics. Teaching Approach.

1. INTRODUÇÃO

No cenário da educação atual, com foco na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018; Minas Gerais, 2020), percebe-se que, em diversos momentos, ainda prevalece uma abordagem de ensino tradicional, que é adotada por muitos professores. Nessa perspectiva, em outras palavras, Oliveira (2022) 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 e Biologia, Física e Química no ensino médio, tornando as aulas pouco atrativas (Fernandes; Allain; Dias, 2022).

Em oposição ao ensino tradicional, uma sugestão é tornar as aulas das disciplinas de Ciências da Natureza mais dinâmicas e atrativas para os estudantes e que o professor utilize diversas estratégias, recursos, abordagens e metodologias (Fernandes; Allain; Dias, 2022) de modo a proporcionar maior aprendizagem e motivação para os estudantes. Pensando nesta perspectiva, uma das possíveis abordagens para se trabalhar no ensino de Ciências, dentre as várias existentes, seria a História e a Filosofia da Ciência (HFC). A HFC, segundo Sousa, Costa e Sgarbi (2022, p. 123), “enquanto campo do conhecimento, preocupa-se em refletir e interpretar os aspectos sociais, históricos e filosóficos no processo de construção da ciência e do conhecimento científico”. Assim, a HFC se caracteriza por ser um campo de estudo bastante vasto, 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 da HFC como abordagem de ensino de Ciências é capaz de tornar o conteúdo científico mais interessante para os estudantes, favorecendo uma visão crítica a respeito da ciência e da tecnologia (Fernandes, 2007). Partindo desse pressuposto, este trabalho apresenta a seguinte questão-problema: *Como a inserção da HFC pode favorecer uma compreensão mais ampla do objeto de conhecimento “Genética Mendeliana” e demais conceitos de Genética Básica presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e no Currículo Referência de Minas Gerais (CRMG)?*

Nesse sentido, o objetivo geral 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 Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais. Utilizando a HFC como abordagem para o ensino de Ciências e considerando a questão-problema como norteadora da pesquisa, bem como o alcance do objetivo geral, este trabalho apresenta os seguintes objetivos específicos:

a) Verificar a percepção dos estudantes acerca do conteúdo 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, 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.

A verdadeira contribuição deste trabalho para o desenvolvimento da Educação em Ciências reside na compreensão dos efeitos da HFC como abordagem de ensino para os conteúdos e objetos de conhecimento da BNCC. Em outras palavras, busca proporcionar uma compreensão mais aprofundada sobre o ensino de Genética Básica, utilizando a historicidade como meio para estimular o pensamento crítico dos estudantes em relação a temas frequentemente tratados superficialmente no ambiente escolar.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O papel da HFC como abordagem para ensinar Ciências e Biologia

Para o ensino de Ciências, a 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 analisamos a HFC no cenário do ensino de Ciências, Hidalgo e Júnior (2016, p. 26) afirmam 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 & Junior, 2016, p. 26).

Nesse sentido, de acordo com Hidalgo e Júnior (2016) e Leite, Gatti e Cortela (2019), a HFC 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 e aos acontecimentos sociais, políticos, econômicos e culturais, que enriquecem ainda mais o processo de construção do conhecimento (Leite, Gatti & Cortela, 2019). 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.

A HFC, como *abordagem de ensino*¹, pode ser considerada um método ou técnica significativa para o 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 em que está inserido, complementando, muitas vezes, a metodologia aplicada ao ensino de Ciências atualmente. Nesse sentido, Pagliarini e Silva (2006, p. 9) relatam 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 & Silva, 2006, p. 9).

Também é importante ressaltar que, como salienta Martins (2007), a HFC, como abordagem para o ensino de Ciências e Biologia, proporciona aos estudantes uma compreensão mais exploratória dos aspectos apresentados, tornando o ensino mais flexível ao possibilitar uma análise sob diversas vertentes e 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 dentro dos conteúdos de Ciências a serem estudados.

Autores como Matthews (1995) e Assis (2014) afirmam que “a introdução da HFC, portanto, favorecerá um ensino de Ciências de melhor qualidade e mais de acordo com a sua verdadeira natureza” (Matthews, 1995 citado em Assis, 2014, p. 154). Em virtude disso, é importante ressaltar que a HFC permite aos estudantes compreenderem leis, conceitos, métodos e teorias que, muitas vezes, são desenvolvidos nas aulas de Ciências sem nenhum contexto histórico ou de forma superficial pelo professor. É nesse sentido que Santos (2001), citado em Martins (2012, p. 7), afirma que “[...] não basta saber ciência, é preciso saber sobre a ciência”, ou seja, é crucial entender como a ciência é produzida, seus métodos, suas limitações e a natureza do conhecimento científico (Gatti & Nardi, 2016).

Por conseguinte, para Pagliarini (2007, p. 103):

[...] 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

¹ Para este texto, considera-se a definição de Fernandes, Allain e Dias (2002), em que abordagem de ensino é considerada como “à maneira através da qual um conteúdo de Ciências, uma unidade temática ou objetos de conhecimento serão abordados (p. 20)”. Neste sentido, a HFC, aqui apresentada, é considerada como abordagem de ensino, ou seja, uma maneira de se trabalhar diferentes conteúdos de Ciências, levando em consideração os acontecimentos sociais, políticos, econômicos e culturais, que agregam os conceitos, teorias e leis científicas para a construção do conhecimento científico.

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).

Tendo isso em consideração, Hidalgo e Junior (2016, p. 28) afirmam que 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 & Junior, 2016, p.28).

Ribeiro e Moreira (2018) referem-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. Assim, na próxima seção, abordaremos 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. Nesse sentido, Silva, Ferreira e Vieira (2017) afirmam que, atualmente, o ensino de Ciências persiste em práticas que 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 destacar é a maneira como os conteúdos científicos são apresentados aos estudantes, em que ainda existe a tendência e exigência de memorizar conceitos, teorias, leis e regras, sem atribuir-lhes significados (Gatti & Nardi, 2016; Ribeiro & Moreira, 2018; Silva, Ferreira & Vieira, 2017). Por conseguinte, Ribeiro e Moreira (2018) salientam que, dentre tais desafios, também há a falta de material didático adequado e a integração entre os conteúdos históricos e filosóficos com os conteúdos científicos.

Nessa perspectiva, Gatti e Nardi (2016) apresentam a problemática da ausência da HFC no livro didático, já que este é uma das principais fontes de consulta dos professores. É nesse contexto que Beltran, Saito e Trindade (2014) destacam que a maioria dos materiais de História da Ciência disponíveis para os professores está defasada. 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, já que, muitas vezes, eles não tiveram contato com disciplinas que abordassem a HFC durante sua formação (Auler, 2007). O segundo aspecto refere-se à maneira como esses conteúdos são abordados, ou seja, de forma que o conhecimento científico atual é sempre considerado o resultado linear de conhecimentos preexistentes e desconexo com a vida do aluno na sociedade (Auler, 2007). Segundo Ribeiro e Moreira (2018), muitos professores 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.

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

Foi apresentado anteriormente que existem inúmeros aspectos que impedem o uso da HFC no ensino de Ciências. Partindo desse pressuposto, de acordo com Nardi e Gatti (2016), o currículo prescrito também é um dos principais empecilhos para o desenvolvimento da HFC como abordagem no âmbito do ensino de Ciências. As orientações curriculares frequentemente ignoram a importância da HFC no processo de aprender ciência e aprender sobre a ciência (Martins, 2012).

Nessa perspectiva, autores como Siqueira e Pinheiro (2022, p. 524) destacam 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; contudo, não indicam ‘como’ e tampouco se a HFC seria uma possibilidade. Cavalheiro e Fernandes (2021) afirmam que as informações sobre a HFC presentes na BNCC são mencionadas com certa incoerência e, na maioria das vezes, sem explicações adequadas. Guarnieri et al. (2021) apontam que os textos introdutórios da área de Ciências da Natureza na BNCC, relacionados ao ensino médio, demonstram uma apropriação associada à 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 percepção de diferentes autores a respeito da presença da HFC no CRMG (Minas Gerais, 2020), encontra-se uma escassez de trabalhos que discutem tal problemática. Nesse sentido, ao analisar a área de Ciências da Natureza, o CRMG, em relação a 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).

Neste trabalho, serão abordados os objetos de conhecimento/conteúdos relacionados à Genética, que estarão baseados na HFC. No entanto, ao analisar a BNCC, esses objetos englobam 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” (Brasil, 2018, p. 9). Para que os estudantes possam atingir essas competências, considera-se também a habilidade indicada pela BNCC:

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 diferentes Unidades Temáticas (UT) e que estão presentes no Plano de Curso do professor da educação básica (Minas Gerais, 2020). A UT que mais se aproxima ao nosso propósito está resumida por: 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, 2022, p. 12-15).

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

Atualmente, o ensino de Genética estabelece conexões com várias questões cotidianas. Fabrício et al. (2006), citados por Brão e Pereira (2015), salientam que a Genética faz parte do nosso dia a dia de várias maneiras, desde os alimentos que consumimos, que podem ser oriundos de organismos geneticamente modificados, até discussões sobre temas como bebês de proveta, testes de paternidade, terapia gênica, organismos transgênicos, células-tronco, entre muitos outros. No entanto, autores como Scheid e Ferrari (2006) 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. Por conseguinte, Araújo e Leite (2020) salientam que os alunos frequentemente percebem a Genética como uma disciplina abstrata e de difícil compreensão, devido à complexidade dos temas abordados durante as aulas.

Nota-se a presença de diversos problemas no cenário educacional relacionados ao ensino de Genética Básica. Por exemplo, Camargo e Malachias (2007) 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) 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).

É nesse contexto que Araújo e Gusmão (2017) salientam que a forma como os conteúdos e conceitos de Genética são abordados dificulta a integração entre o conhecimento escolar e a vida cotidiana, tornando o aprendizado menos relevante e engajador para os alunos.

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 importante na superação desses desafios e facilitar uma melhor aprendizagem dessa área de conhecimento pelos estudantes.

3 METODOLOGIA DE ENSINO: PROPOSIÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A ABORDAGEM HISTÓRICA DE GENÉTICA

Para a coleta de dados da presente pesquisa, foi elaborada e aplicada uma Sequência Didática (SD), sintetizada no Quadro 1. Entre as ações que compreendem e fundamentam uma SD, há atividades de leitura, escrita e interpretação que auxiliam na apresentação dos conteúdos científicos pelo professor de maneira organizada e ordenada. Conforme apresentado por Mantovani (2015), uma SD pode ser composta de atividades encadeadas de questionamentos, bem como discussões que fortalecem a interação entre alunos e professores, sendo estes sujeitos com papéis de mediadores. Nesse sentido, as atividades que compõem uma SD buscam o aprofundamento de um determinado tema que está sendo estudado, utilizando diversos recursos, como aulas dialogadas, simulações, experimentos, entre outros (Mantovani, 2015).

A partir do que foi mencionado anteriormente, a aplicação da atividade foi realizada no mês de maio do ano de 2023. É importante destacar que a SD elaborada (Quadro 1) foi desenvolvida com

base na proposição de Fernandes, Allain e Dias (2022). A partir da definição da temática, a proposta dos autores foi adaptada, utilizando uma abordagem dos conteúdos de Genética por meio da HFC no ensino de Ciências.

Quadro 1 - Síntese da SD para desenvolver a BNCC utilizando a HFC como abordagem de ensino

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.			
ETAPAS	Descrição das Atividades	Nº Aulas/ Tempo	Estratégias Didáticas e Recursos para a abordagem HFC
Etapa 1	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?	1 aula de aproximadamente 50 minutos.	Indagações feitas aos estudantes visando saber os conhecimentos prévios deles.
Etapa 2	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.	1 aula de aproximadamente 50 minutos.	Apresentação de textos, imagens e livros históricos, esquemas, vídeos, simulações e entre outros. <i>Plataforma Prezi.</i> <i>Mozaik 3D.</i>
Etapa 3	Reforço do conteúdo e novos conhecimentos: Aplicação de uma atividade na plataforma <i>Kahoot</i> e um questionário impresso.	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 a partir de Fernandes, Allain e Dias (2022).

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: a aula foi iniciada com questionamentos aos estudantes sobre o que eles entendiam pelo termo 'Genética', bem como as teorias e os conteúdos que embasam essa área de conhecimento. Ao longo da apresentação dos conteúdos de Genética, utilizando a HFC, foram apresentados diversos cientistas, pesquisadores e estudiosos significativos para a evolução desse campo de estudo. 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 substituídos pela teoria da seleção natural de Charles Darwin. Além disso, foram apresentadas as controvérsias e os desafios enfrentados para que essas teorias fossem aceitas, bem como os erros cometidos por Lamarck e o que a teoria de Darwin não conseguia explicar acerca do princípio da hereditariedade. A partir disso, buscou-se apresentar as contribuições de Gregor Mendel, suas leis da hereditariedade e a importância de suas descobertas para a compreensão desses aspectos.

Etapa 2 - Estudo de Genética Básica a partir da abordagem HFC: esta etapa consistiu na apresentação dos conteúdos teóricos. Além disso, foram introduzidos novos problemas com o

objetivo de diagnosticar o entendimento dos estudantes. Nessa fase, os estudantes foram avaliados quanto ao conhecimento dos termos: gene, genoma, cromossomo, gametas, genótipo e fenótipo. Também foi debatido sobre diversos autores e pesquisadores da época que propuseram a utilização desses termos por meio de suas pesquisas e trabalhos publicados, destacando a importância dessas definições para o estudo da Genética. Utilizou-se a HFC como abordagem de ensino para proporcionar aos estudantes 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, buscou-se desenvolver um entendimento mais crítico e contextualizado acerca dos diversos aspectos que permeiam a Genética, fazendo com que eles compreendessem a importância histórica do conteúdo proposto, questionassem seus fundamentos teóricos e considerassem suas implicações na sociedade contemporânea. Ao trabalhar a estrutura do DNA, foi apresentado aos estudantes o contexto histórico ligado à sua identificação, incluindo a história dos estudos de Rosalind Franklin, a elucidação da estrutura do DNA e as adversidades e desafios enfrentados por ela. Além disso, explorou-se o impacto da contribuição de James Watson e Francis Crick, que se apropriaram indevidamente dos méritos dos estudos de Rosalind Franklin. Também nesta etapa, foram utilizadas ferramentas como vídeos do YouTube, trazendo a história de Rosalind Franklin, para debater questões que envolvem bioética e o lugar da mulher na ciência, mostrando aos estudantes que o campo científico sofre influências sociais, culturais, éticas, políticas, entre outras.

Para finalizar esta etapa, foi apresentada uma simulação elucidando a estrutura da dupla hélice do DNA por meio da utilização *Mozaik 3D* (Figura 1), um software que oferece apresentações interativas, simulações em 3D e vídeos educacionais (Mozaik, 2024). O objetivo foi despertar o interesse dos alunos e facilitar a compreensão e o desenvolvimento dos conteúdos. A plataforma está disponível em: <https://bit.ly/Mozaik3D>.

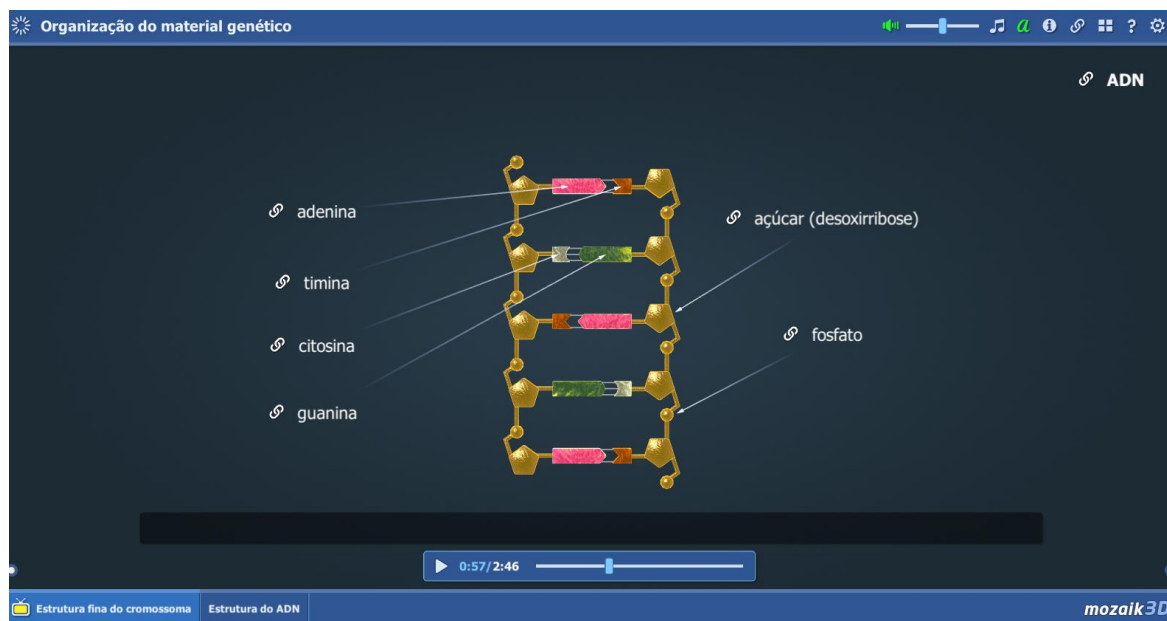


Figura 1- Apresentação da estrutura do DNA pela plataforma *Mozaik 3D*

Fonte: <https://bit.ly/Mozaik3D>

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 da plataforma *Kahoot*, que foi disponibilizado ao longo das aulas, para responder às questões propostas sobre a temática de Genética Básica (Figura 2).

A ferramenta Prezi é um software que permite uma maior organização dos conteúdos, garantindo mais dinâmica em comparação com outros softwares, podendo ser utilizado tanto a nível escolar quanto em atividades empresariais (Prezi, 2024). O *Kahoot* é um jogo em formato de *game show*, onde os estudantes precisam responder às perguntas apresentadas pela plataforma. Por se tratar de um formato de jogo, o professor desempenha o papel de apresentador, utilizando seu computador para exibir as perguntas às quais os estudantes devem responder, sendo estes os competidores. Vence aquele que responder em menor tempo e com o maior número de acertos (Wang, 2015).

A partir do questionário apresentado no *Kahoot* (Figura 2), os estudantes tiveram que responder a questões de múltipla escolha relacionadas à temática. Destaca-se que, no *Kahoot*, foram utilizados esquemas e imagens para facilitar a compreensão do conteúdo apresentado.

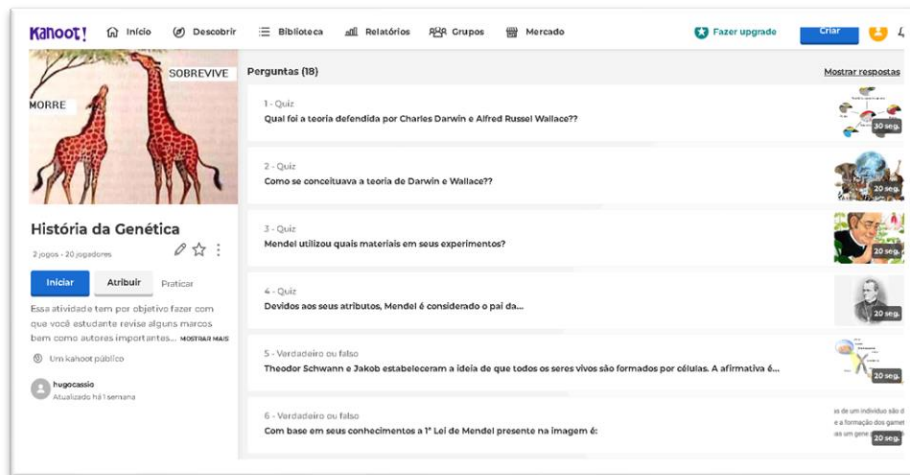


Figura 2 - Plataforma *Kahoot* contendo atividades para os estudantes

Fonte: Acervo dos autores (2023).

Além disso, ao final da última aula, foi entregue um questionário com questões dissertativas sobre o conteúdo estudado, que buscavam estabelecer uma relação intrínseca com a HFC (Quadro 2). Por fim, foram analisadas as respostas dos estudantes, com o objetivo de entender se a HFC, como abordagem de ensino, foi relevante para a compreensão dos conteúdos e conceitos científicos sobre Genética Básica.

Quadro 2 - Perguntas do formulário impresso entregue aos estudantes

1. Como estudado 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 estudados 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?
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:
 - A) O que é o DNA e qual sua função?
 - B) O que é RNA e qual sua função?

- | |
|--|
| 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? |
| 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?
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. |

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

4 ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

4.1 Caracterização da pesquisa

Este estudo consiste em uma pesquisa de abordagem qualitativa. Nesse sentido, Neves (1996) afirma que estudos qualitativos utilizam diferentes técnicas para interpretar e compreender fenômenos do nosso cotidiano. Este trabalho também se caracteriza como uma pesquisa exploratória explicativa (Trivinos, 1987).

Quanto ao método, este estudo é uma pesquisa-ação, ou seja, envolve o pesquisador diretamente. Em relação ao delineamento da pesquisa, trata-se de uma pesquisa de campo, uma vez que busca realizar a coleta de dados junto aos estudantes de uma escola pública.

Por fim, no que diz respeito à ética da pesquisa, o estudo foi conduzido respeitando a privacidade dos participantes e faz parte de um conjunto de ações voltadas para fortalecer e compreender a educação básica, estando respaldado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP). Este estudo integra 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.

4.2 Cenário e Sujeitos da Pesquisa

O local para a realização da pesquisa é uma escola estadual na cidade de Gouveia, no estado de Minas Gerais. Essa instituição de ensino comporta 430 estudantes, subdivididos em turmas do ensino médio (1º ao 3º ano). A coleta de dados para a pesquisa foi realizada no primeiro semestre de 2023, com o auxílio do professor de Biologia. Foi selecionada para este estudo uma turma do 3º ano do ensino médio, composta por 23 estudantes, com idades variando entre 16 e 18 anos. Para preservar a identidade dos estudantes participantes, seus nomes não serão divulgados. Portanto, ao longo do estudo, eles serão identificados como Estudante 1, Estudante 2, Estudante 3, e assim por diante.

4.3 Instrumentos de coleta de dados

Os instrumentos e técnicas de coleta de dados foram aplicados junto com a SD (Quadro 1), detalhada no tópico anterior, como um produto educacional que propôs o ensino de Genética a partir da HFC como abordagem de ensino. Dentre os principais métodos utilizados para a coleta de dados, incluem-se: análise das respostas e falas dos estudantes em relação às problematizações e percepções sobre o conteúdo abordado ao longo das aulas; um *quiz online* composto por questões de múltipla

escolha que avaliavam os conhecimentos adquiridos sobre o estudo de Genética Básica a partir da HFC como abordagem de ensino; e um questionário impresso contendo perguntas abertas sobre a estrutura e função do DNA (Quadro 2).

4.4 Metodologia para análise dos dados

Para analisar os dados desta pesquisa, foi utilizada a Análise Textual Discursiva – ATD de Moraes e Galiazzi (2006) e que pode ser resumida da seguinte maneira:

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 suas respostas 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 às interlocuções empíricas e/ou teóricas, sendo também interpretadas pelo pesquisador. Neste contexto, a etapa de *unitarização* neste estudo consistiu em unitarizar e fragmentar as respostas dos estudantes participantes em unidades de significado.

3) *Categorização*: para Moraes e Galiazzi (2006), a categorização 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, 2006, p. 75).

Assim, nesta pesquisa, as unidades de significado e sentido, definidas no processo de unitarização, foram agrupadas e reagrupadas em diferentes momentos, permitindo sua organização em três categorias pré-estabelecidas, juntamente com suas respectivas subcategorias emergentes, amparadas por definições, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – 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 da 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. 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 da 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 como abordagem de ensino para a 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 tópico “Resultados e Discussão da Pesquisa”.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este tópico tem por objetivo apresentar e discutir os resultados obtidos, organizados em categorias e subcategorias, conforme o Quadro 3, através de *metatextos*.

5.1 Incorporação da HFC no ensino de Genética Básica

Nesta categoria, busca-se compreender a percepção dos estudantes 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, a partir da abordagem HFC, visando a emergência dos 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

Esta subcategoria emerge do desenvolvimento da Etapa 1 da SD. Essa etapa foi constituída por problematizações, interações entre professor e aluno, indagações e respostas verbalizadas, visando compreender as respostas e percepções dos estudantes. Utilizando a HFC como abordagem de ensino, buscou-se apresentar aos estudantes como diferentes cientistas e estudiosos do passado contribuíram para a formação dos conceitos de Genética Básica, destacando os diversos aspectos que foram fundamentais para a emergência desses conceitos, bem como analisar casos históricos.

Na primeira etapa da SD, foi apresentada a história de Charles Darwin e seus estudos, que culminaram na formulação de uma nova teoria da evolução, contrapondo-se à teoria estabelecida por Jean-Baptiste Lamarck. Sob essa perspectiva, foi perguntado à turma: *Qual é a teoria proposta por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace?* Os estudantes responderam corretamente à pergunta, como exemplificado nas verbalizações transcritas dos Estudantes 1 e 3.

Estudante 1: A teoria da seleção natural.

Estudante 3: A seleção natural.

As respostas iniciais dos estudantes demonstram que a turma possui conhecimento sobre a teoria proposta por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace, mas não fica claro o processo histórico dessa teoria. Nesse contexto, Griffiths et al. (2008) enfatizam que Charles Darwin ofereceu uma explicação minuciosa sobre o mecanismo subjacente ao processo evolutivo, o que, por vezes, não é abordado na educação básica (Scheid e Ferrari, 2006). Dando continuidade à Etapa 1 da SD, foram introduzidos aos estudantes os temas relacionados à estrutura e função do DNA, começando com a

apresentação dos estudos de Gregor Mendel e suas contribuições iniciais. Em seguida, foram debatidas e problematizadas com os estudantes as leis propostas por Mendel, os métodos que ele utilizou 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?* Os estudantes apresentaram respostas coerentes e que podem ser exemplificadas por E3 e E4:

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.

Ao analisar as respostas dos Estudantes 3 e 4, foi possível identificar os termos 'homozigoto dominante', 'heterozigoto' e 'homozigoto recessivo'. Essas respostas são coerentes e corretas, uma vez que, segundo Griffiths et al. (2008), um indivíduo com um par de alelos idênticos é caracterizado como homozigoto, seja ele recessivo ou dominante, enquanto um indivíduo com um par de alelos diferentes é chamado de heterozigoto.

Em seguida, ao explorar os estudos de Walter Flemming e Eduard Adolf Strasburger no campo da histologia, que postularam que o número de cromossomos na célula germinativa se reduz pela metade em um estágio específico de maturação, foi questionado aos estudantes sobre seu conhecimento sobre mitose e meiose: *Vocês sabem o que é a mitose e a meiose?* A partir dessa pergunta, foram evidenciadas algumas unidades de significado. Para exemplificar essa subcategoria, apresentam-se as respostas dos Estudantes 5 e 7:

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 pelo Estudante 7 está em conformidade com o que Griffiths et al. (2013, p. 31) enfatizam, ou seja, “a divisão das células somáticas para aumentar sua quantidade é um processo denominado mitose, uma etapa predefinida em todos os ciclos de divisão celular”. No entanto, ao mencionar o processo de meiose, observa-se que o Estudante 7 apresentou sua percepção de maneira equivocada em relação ao que salientam Mathé, Matta e Moreno (2010, p. 40), que afirmam que a meiose “é um processo complexo em que, ao final da divisão celular, são formadas quatro células filhas com metade dos cromossomos da célula mãe, tornando as células filhas haploides”.

Nesta subcategoria, as respostas orais dos estudantes 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 é eficaz para trabalhar o conteúdo de Genética Básica, superando a forma *a-histórica* comumente empregada no ensino diário.

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, foram apresentados aos estudantes os diferentes estudiosos que fizeram contribuições significativas para a compreensão da estrutura e função do DNA, como os estudos de Thomas Hunt Morgan com as Drosófilas e sua relação com os trabalhos de Mendel. Também foram abordadas as contribuições de Robert Feulgen e Frederick Griffith, que estudaram as transformações genéticas a partir de experimentos com ratos. Outro cientista mencionado foi Phoebus Aaron Theodore Levene, que determinou a composição dos ácidos nucleicos. Com base nisso, os estudantes foram questionados sobre: *O que é um ácido nucleico?* Imediatamente após essa pergunta, os estudantes manifestaram dúvidas em responder, mas os Estudantes 1 e 2 disseram 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.

A partir dessas respostas iniciais, iniciou-se a discussão sobre a história de Phoebus Aaron Theodore Levene, que em 1931 identificou a composição das bases nitrogenadas do açúcar e do fosfato. Com base nisso, foi apresentada aos estudantes a seguinte pergunta: *Sabe-se que o DNA é uma dupla hélice composta por pontes de hidrogênio entre 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 elas estão em conformidade com alguns autores, como Pimentel, Rebouças e Gallo (2013):

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 pentose, um grupo fosfato e uma base nitrogenada (Pimentel, Rebouças & Gallo, 2013, p. 13).

Em continuação, foi apresentado o seguinte questionamento aos estudantes: *Quando pergunto sobre a estrutura do DNA, como vocês imaginam que ela seja?* Alguns estudantes tentaram responder esta pergunta, porém, como exemplos de unidades de significado, tem-se as respostas dos Estudantes 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.

Ao questionar os estudantes sobre a estrutura do DNA, o Estudante 2 respondeu corretamente, conforme destacado por Snustad e Simmons (2017), que ressaltam que o DNA é constituído por ácidos nucleicos, compostos por unidades estruturais fundamentais conhecidas como nucleotídeos. Cada nucleotídeo é composto por três elementos: uma molécula de açúcar, uma molécula de fosfato e uma base nitrogenada. Em contraste, a resposta do Estudante 4 mostrou uma assimilação parcial

com o que é mencionado por Mathé, Matta e Moreno (2010), que afirmam que a molécula de DNA possui dois filamentos longos enrolados formando uma estrutura helicoidal. Cada uma dessas cadeias é composta por milhares de nucleotídeos unidos por ligações de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

De acordo com Pedrancini et al. (2007), apesar de os estudantes usarem termos como cromossomos, genes, alelos, dominância e recessividade, muitas vezes ainda não demonstram uma 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, com a utilização da HFC como abordagem de ensino, foi possível explorar, compreender e caracterizar aspectos históricos e filosóficos dos conceitos de hereditariedade e da estrutura e função do DNA, proporcionando um entendimento mais profundo e contextualizado dos conteúdos de Genética.

5.2 Potencialidades da abordagem histórica e filosófica para o ensino de Genética

Esta categoria busca compreender o entendimento dos estudantes sobre os conceitos de Genética Básica, considerando os diversos aspectos históricos e as controvérsias relacionadas a determinados conceitos científicos, como bioética, entre outros aspectos relevantes que permeiam a temática da Genética.

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

Nesta subcategoria, buscou-se obter respostas sobre as implicações sociais, culturais, tecnológicas e éticas que influenciam determinados conceitos científicos, com o objetivo de avaliar a compreensão dos estudantes sobre o tema em questão. Nesse contexto, para compreender a percepção dos estudantes sobre as contribuições de Gregor Mendel e os fatores que influenciaram seus estudos na época, foi feita a seguinte pergunta: *Considerando os vários aspectos que discutimos sobre as influências que a ciência sofre em uma determinada época, explique por que as contribuições de Mendel foram “esquecidas” por cerca de 35 anos?*

A turma apresentou respostas do tipo: *Estudante 7 - As ideias de Mendel eram contrárias às postuladas por Darwin; Estudante 4 - A comunidade científica da época não era capaz de absorver suas ideias que se opunham a noção darwiniana vigente.* Para que se possa compreender esta subcategoria, tem-se como exemplo 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, observa-se que eles levantam questões relevantes. Apesar dos grandes avanços da época, parte considerável da comunidade científica não estava devidamente preparada, tanto em termos de conhecimento quanto de estrutura tecnológica. Isso evidencia o esquecimento ou descaso em relação ao trabalho apresentado por Mendel, como exemplificado pelo Estudante 8:

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.

Posteriormente, buscou-se compreender a percepção dos estudantes em relação às diversas influências e controvérsias que envolveram os estudos relacionados à estrutura do DNA. Nessa perspectiva, foi solicitado aos estudantes que 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, os estudantes apresentaram respostas do tipo: *“Estudante 9 - Através de seus estudos, concluíram que o DNA possui uma estrutura helicoidal e de dupla hélice.”*. Eles também mencionaram ter *“Estudante 11 – (...) produzido uma fotografia da estrutura do DNA, confirmando sua dupla hélice.”*. Outro estudante salientou que *“Estudante 8 – (...) extraiu fibras do DNA para realizar uma análise de sua estrutura por meio da técnica de raio X.”*. Para compreender esta subcategoria, tem-se como exemplo 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, impulsionaram 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 sobre o trabalho experimental de Rosalind Franklin (1920-1958) com a difração de raios X do DNA”*. Essa observação apareceu também na resposta do 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) relata 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, p. 69).

Dentro dessa perspectiva, na quarta pergunta do questionário (Quadro 2) foi solicitado 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, os estudantes apresentaram reflexões e indagações do tipo: *“Estudante 4 - O machismo científico presente naquela época fez com que, por ser mulher, ela não recebesse créditos nem reconhecimento pelo seu trabalho”*. *“Estudante 5 - A fotografia roubada de Rosalind Franklin permitiu que outros cientistas ganhassem o Prêmio Nobel”*. No entanto, para

ilustrar melhor essa questão, apresentam-se como exemplos as unidades de significado dos Estudantes 1 e 3 que responderam:

Estudante 1: Devido ao "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 Estudante 1 e do Estudante 3, o termo “descoberta” é recorrente. É importante destacar que, no campo da HFC, esse termo é muitas vezes visto de maneira positivista e simplista, agregando mérito a determinado indivíduo e/ou grupo, desvalorizando o contexto e os conflitos sociais, bem como os processos históricos que culminaram na promulgação e fundamentação desses estudos.

5.3 Avaliação do impacto da HFC como abordagem de ensino para a compreensão dos conteúdos de Genética Básica

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

Nessa subcategoria foi realizada a análise da Etapa 2 da SD, utilizou-se uma simulação do programa *Mozaiik 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 as respostas dos Estudantes 6 e 8:

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 pelos Estudantes 6 e 8 estão de acordo com o que Griffiths et al. (2013) 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).

Dando continuidade, também foram apresentados aos estudantes, por meio do simulador, as bases nitrogenadas que constituem o DNA. Posteriormente, foram questionados sobre: *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 dos Estudantes 4, 7 e 8, nota-se que estão de acordo com o conceito apresentado por Griffiths et al. (2013), no qual os autores destacam que existem quatro bases nitrogenadas distintas: 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):

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 conseguiram compreender os conceitos abordados por meio da plataforma *Mozaik 3D*. Sua utilização possibilitou explorar aspectos relacionados à estrutura e função do DNA, discutidos na etapa anterior e abordados por meio da HFC. Assim, além de entenderem os vários estudos e pesquisas que fundamentam a estrutura e função do DNA, a simulação proporcionou aos estudantes uma visão clara dessa estrutura, permitindo o estabelecimento de uma conexão com o conteúdo trabalhado anteriormente.

Nesta subcategoria, destaca-se a utilização do *Mozaik 3D* como um importante recurso digital e visual para trabalhar e apresentar os conceitos e conteúdos estudados por meio de simulações em três dimensões.

Por fim, na Etapa 3 da SD, realizou-se uma atividade no *Kahoot*, cujos resultados 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, o que influenciou os resultados apresentados posteriormente.

Após a apresentação da ferramenta *Kahoot* aos estudantes, ela se tornou um recurso por meio do qual eles puderam demonstrar sua compreensão do conteúdo apresentado, funcionando como uma maneira de revisar a temática, os conceitos e os conteúdos discutidos nas duas etapas anteriores. Neste sentido, foram apresentadas algumas perguntas de múltipla escolha (Figura 3), abordando os conteúdos e conceitos de Genética Básica.

1. Qual foi a teoria defendida por Charles Darwin e Alfred Russel Wallace? Resposta: Seleção natural.
2. Como se conceituava a teoria de Charles Darwin e Alfred Russel Wallace? Resposta: Os mais aptos ao meio ambiente sobrevivem e reproduzem.
3. Gregor Mendel utilizou quais materiais em seus experimentos? Resposta: Ervilha - <i>Pisum sativum</i> .
4. Devido aos seus estudos e pesquisas Gregor Mendel é considerado o precursor de qual área? Resposta: Genética.
5. Theodor Schwann e Mattias Jacob estabeleceram a ideia de que todos os seres vivos são formados por células. A afirmativa é... Resposta: Verdadeira.
6. Com base em seus conhecimentos a 1ª lei de Gregor Mendel presente na imagem é verdadeira ou falsa? Resposta: Verdadeira.
7. Processo em que o número de cromossomos das células germinativas se reduzia a metade na maturação, é chamado... Resposta: Meiose.
8. Segundo Theodor Boveri, as partículas da hereditariedade estariam localizadas nos cromossomos. Esta afirmativa é... Resposta: Verdadeira.
9. Nos seres humanos possuímos 46 cromossomos. Essa afirmativa é... Resposta: Verdadeira.
10. Wilhelm Johannsen introduziu vários termos para estudo da genética dentre eles... (questão de múltipla escolha) Resposta: (a) Gene, (b) Fenótipo e (d) Genótipo.

Figura 3 - Questões de múltipla escolha propostas na plataforma *Kahoot*

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

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. Nesse 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 abordados nas etapas anteriores, trabalhados a partir de uma abordagem de HFC.

Quadro 4 – Respostas dos estudantes às questões propostas no *Kahoot*

Questões	Respostas corretas	Respostas incorretas	Não houve resposta
Questão 1	14	-	5
Questão 2	4	3	12
Questão 3	10	4	5
Questão 4	13	-	6
Questão 5	11	2	6
Questão 6	6	5	8
Questão 7	4	7	8
Questão 8	11	1	7
Questão 9	13	-	6
Questão 10	4	8	7

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Analisando as respostas dos estudantes no *Kahoot*, percebe-se que as questões 1, 4, 5, 8 e 9 tiveram um número maior de acertos (Quadro 4), sugerindo que os estudantes compreenderam melhor os tópicos relacionados à teoria da Seleção Natural e aos estudos e pesquisas de Gregor Mendel. Na questão 5, observa-se que a abordagem sobre diferentes estudos e contribuições, como os dos pesquisadores Theodor Schwann e Mattias Jacob sobre a constituição dos seres vivos por células, e na questão 8, acerca dos estudos de Theodor Heinrich Boveri sobre os cromossomos, foi importante para um maior entendimento dos estudantes. Nesse contexto, quando os estudantes conseguem

relacionar tais conceitos com aspectos abordados nas etapas anteriores sobre os estudos e pesquisas de diferentes estudiosos e pesquisadores, pode-se perceber que, a partir da abordagem da HFC, os estudantes conseguiram compreender melhor os conceitos presentes nas questões do *Kahoot*.

A questão 2 teve o menor número de respostas corretas (4). Além disso, percebe-se que muitos estudantes não responderam (12) dentro do tempo estipulado para cada questão (Quadro 4). Esse fator indica que essa questão foi a mais difícil, ou seja, os estudantes tiveram maior dificuldade em compreender aspectos relacionados à conceituação da teoria da Seleção Natural.

As questões 6, 7 e 10 também podem indicar maior dificuldade, o que pode estar relacionado aos altos números de respostas incorretas e ao fato de que muitos estudantes não conseguiram responder dentro do tempo estipulado. Na questão 6, é perceptível que os estudantes tiveram dificuldades na conceituação das leis mendelianas, com 6 respostas corretas, 5 incorretas e 8 não respondidas no tempo estipulado. Na questão 7, os estudantes apresentaram dificuldades na definição do termo meiose, com 4 respostas corretas, 7 incorretas e 8 não respondidas dentro do tempo. Na questão 10, os estudantes tiveram dificuldades em responder sobre aspectos relacionados à abordagem da HFC e aos estudos de Wilhelm Johannsen, que introduziu termos como gene, fenótipo e genótipo. Nesta questão, 4 respostas foram corretas, 8 incorretas e 7 não foram respondidas no tempo estipulado.

O *Kahoot* foi o recurso utilizado para avaliar a compreensão dos estudantes sobre os conteúdos abordados. É importante mencionar que, embora os estudantes tenham enfrentado dificuldades em algumas questões, a maioria respondeu corretamente ao que foi proposto. Além disso, em algumas situações, os estudantes não conseguiram responder dentro do tempo estipulado pela plataforma *Kahoot*, o que impactou a falta de respostas em determinadas perguntas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho, buscou-se, inicialmente, apresentar momentos históricos acerca dos conteúdos envolvendo Genética Básica, de tal maneira que se pudesse verificar as percepções e o entendimento dos estudantes sobre esses momentos. Nesse sentido, foi possível observar que, em diversos momentos, os estudantes apresentaram o que entendiam quando questionados sobre temas como hereditariedade, as Leis Mendelianas, e outros estudos e postulados, incluindo a estrutura e função do DNA, os processos importantes como meiose e mitose, genótipo e fenótipo, entre outros.

Além disso, ao analisar as percepções dos estudantes ao abordar questões-problema relacionadas às implicações sociais, culturais, históricas e éticas dos conteúdos de Genética, com base na HFC como abordagem de ensino, notou-se uma participação significativa, dialógica e crítica dos estudantes sobre o conteúdo estudado. Vale ressaltar que a maioria dos estudantes participou ativamente ao discutir o DNA a partir da história da pesquisadora Rosalind Franklin. Durante as discussões, os estudantes expressaram suas percepções sobre as questões vivenciadas pela pesquisadora, contextualizando sua história com outras formas de discriminação e desrespeito enfrentadas pelas mulheres na sociedade contemporânea.

Ao avaliar a eficácia das ferramentas digitais, como o *Mozaik 3D* e o *Kahoot*, para o ensino de Genética Básica, observou-se que ambas favoreceram a aprendizagem dos estudantes, evidenciada pela grande participação dos alunos, como demonstrado pelas respostas apresentadas na plataforma *Kahoot*, onde foi possível observar um índice significativo de respostas corretas. Vale ressaltar que essas ferramentas digitais são de suma importância no ambiente educativo, pois não apenas ensinam, mas também promovem interações entre todos os envolvidos no processo de ensino.

Por conseguinte, tornou-se evidente a importância da HFC como abordagem de ensino, especialmente ao abordar conteúdos de Genética Básica. Discutir a abordagem HFC no ensino de Ciências e Biologia é essencial para esclarecer que tal abordagem pode favorecer a interdisciplinaridade de diferentes campos de estudo, como Genética, Biologia Evolutiva, Ciências Ambientais, Biologia Molecular, Ecologia, entre outros, facilitando o processo educativo e a aprendizagem dos alunos. A HFC pode contribuir significativamente para a compreensão de ideias e conceitos, auxiliando tanto professores quanto alunos a esclarecer como as teorias foram construídas e aceitas, ampliando o pensamento sobre como elas podem mudar ao longo do tempo, influenciadas por diferentes fatores e moldando o desenvolvimento científico. Assim, a abordagem HFC no ensino de Ciências e Biologia favorece a formação dos estudantes, proporcionando uma visão mais holística da ciência, apresentando não apenas os conceitos e teorias, mas também os fundamentos, os processos, a história e os pesquisadores que contribuíram para a publicação e fortalecimento desses conhecimentos na comunidade científica.

Por fim, este trabalho buscou apresentar a abordagem HFC voltada para o campo da Genética, devido ao fato de que pouco se discute nos livros didáticos de Ciências e Biologia sobre a contextualização histórica dos conteúdos. Santos (2006) afirma que a história nos livros precisa ser apresentada de maneira mais compreensível para os estudantes, integrando conflitos, embates teóricos e outros interesses, de modo a desmitificar a ideia de ciência como algo imutável, favorecendo o entendimento real do que está sendo estudado. Neste contexto, a abordagem dos conteúdos de Genética com base na HFC no ensino médio ofereceu uma perspectiva que permitiu a exploração de vários aspectos sociais, políticos, culturais e éticos relacionados ao desenvolvimento da ciência e ao conhecimento científico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achterberg, A. R. R., Scremin, G. (2022) Análise Textual Discursiva em narrativas docentes: uma abordagem teórico-prática. *Revista Insignare Scientia-RIS*, 5(5), 60-75. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n5.13276>
- Andrade, M. M. (1995). *Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas*. São Paulo: Atlas.
- ARAÚJO, A. B., & Gusmão, F. A. F. (2017). As principais dificuldades encontradas no ensino de genética na educação básica brasileira. *Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional*, 10(1), 1-11.
- Araújo, M. S., & Leite, A. S. (2020). “O caminho das ervilhas”: recurso didático no ensino da genética mendeliana. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 11(6), 514-529. <https://doi.org/10.26843/rencima.v11i6.1878>
- Assis, K. R. (2014). História e filosofia da ciência no ensino de ciências e o debate universalismo versus relativismo. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 7(2), 149-166. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i2.214>
- Auler, D. (2007). Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, 1(esp), 1-20.
- Beltran, M. H. R., Saito, F., & Trindade, L. D. S. P. (2014). *História da Ciência para formação de professores*. São Paulo: Editora Livraria da Física.

- Brão, A. F. S., & Pereira, A. M. T. B. (2015). Biotecnética: Possibilidades do jogo no ensino de genética. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 55-76.
- Brasil. Ministério Da Educação. (1998). *Secretária de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental – Ciências Naturais*. Brasília.
- Brasil. Ministério Da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular – Educação é a base*. Brasília.
- Camargo, S. S., & Malachias, M. I. (2007). A genética humana no Ensino Médio: algumas propostas. *Genética na escola*, 2(1), 14-16. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2007.29>
- Da Silva, M. R. (2007). Rosalind Franklin e seu papel na construção do modelo da dupla-hélice do DNA. *Filosofia e história da biologia*, 2(1), 297-310.
- Cavalheiro, D. do N., & Fernandes, C. dos S. (2021). *A contextualização histórica na área das Ciências da Natureza e suas tecnologias na Base Nacional Comum Curricular (BNCC)* Conferência. Conferência apresentada no XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XIII ABRAPEC 2021, Enpec em Redes, Brasil, setembro de 2021. Recuperado de https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/enpec/2021/TRABALHO_COMPLETO_EV155_MD1_SA102_ID411_02082021212532.pdf
- Education, Mozaik. **Mozaik education**. 2024. Disponível em: <https://www.mozaweb.com/pt/mozaik3D>. Acesso em: 01 ago. 2024.
- Fernandes, G. W. R., Allain, L. R., & Dias, I. R. (2022). *Metodologias e abordagens diferenciadas em Ensino de Ciências*. São Paulo: Livraria da Física.
- Fernandes, G. W. R. (2007). *A História e Filosofia da Ciência e seu papel no Ensino de Física*. Diamantina: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, p. 1-11.
- Gatti, S. R. T., & Nardi, R. (2016). *A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências: a pesquisa e suas contribuições para a prática pedagógica em sala de aula* (1ª ed.). São Paulo: Escrituras.
- Griffiths, A. J. et al. (2008) Genética Evolutiva. In: Griffiths, A.J.et al. *Introdução à Genética*. (9a. ed. Cap. 19, pp. 0-712). Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan.
- Griffiths., A. J.et al. (2013). Genética Evolutiva. In: Griffiths, A. J. et al. *Introdução à Genética*. (10a. ed. Cap. 20. pp. 0-738). Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan.
- Guarnieri, P. V., Leite, M. R. V., Cortela, B. S. C., & Gatti, S. R. T. (2021). História e filosofia da ciência na educação básica: reflexões a partir da Base Nacional Comum Curricular. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 14(2), 331-356. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2021.e76590>
- Hidalgo, M. R., & Junior, Á. L. (2016). Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. *História da Ciência e Ensino: construindo interfaces*, 14, 19-38. Recuperado de: <https://revistas.pucsp.br/hcensino/article/view/26106>.
- Leite, M. R. V., Gatti, S. R. T., & Cortela, B. S. C. (2019). Abordagem da História e Filosofia da Ciência por meio das Histórias em Quadrinhos. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 3(2), 35-52. <https://doi.org/10.30691/relus.v3i2.1668>

- Mantovani, S. R. (2015). Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico. [Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”]. Recuperado de https://www2.fct.unesp.br/pos/ensino_fisica/dissertacoes/2015/sergio.pdf
- Martins, A. F. P. (2007). História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 24(1), 112-131. Recuperado de: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6056>
- Martins, A. F. P. (2012). História, filosofia, ensino de ciências e formação de professores: desafios, obstáculos e possibilidades. *Educação: Teoria e Prática*, 22(40), 5-25. Recuperado de: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S1981-81062012000200002&script=sci_abstract&tlng=en
- Mathé, B.C. B., Matta, B. P.a; Moreno, P. G. 2010. *Genética básica*. Rio de Janeiro, RJ: Fundação Cecierj.
- Matthews, M. S. (1995). História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 12(3), 164-214. Recuperado de: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>
- Minas Gerais. (2020). Currículo Referência de Minas Gerais. Recuperado de <https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/plano-de-cursos-crmg>. Acesso em: 4 de novembro de 2022.
- Moraes, R. (2003). Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação (Bauru)*, 9(2), 191-211. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200004>
- Moraes, R., & Galiuzzi, M. do C. (2007). *Análise textual: discursiva*. Editora Unijuí.
- Moraes, R., & Galiuzzi, M. do C. (2006). Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação (Bauru)*, 12(1), 117-128. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132006000100009>
- Munaretto, L. F., Corrêa, H. L., Cunha, J. A. C. (2013). 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*, 6(1), 9-24. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273428927002>
- Neves, J. L. (1996). Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. *Caderno de pesquisas em administração*, São Paulo, 1(3), 1-5.
- Oliveira, A. J. (2022). A Educação Brasileira entre a visão de ensino tradicional e construtivismo. *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 4270-4286. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-283>
- Pagliarini, C. R., & Silva, C. C. (2006). A estrutura dos mitos históricos em livros de física: um estudo de caso. In: *Caderno de Resumos*. São Carlos: Instituto de Física de São Carlos - USP. Recuperado de: <https://repositorio.usp.br/item/001555600>
- Pagliarini, C. R. (2007). *Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio* (Dissertação de mestrado). Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. <https://doi.org/10.11606/D.76.2007.tde-20092007-164233>

- Pedrancini, V. D., Corazza-Nunes, M. J., Galuch, M. T. B., Moreira, A. L. O. R., & Ribeiro, A. C. (2007). Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, 6(2), 299-309.
- Pimentel, M., Rebouças C. S., Gallo, C. (2017). *Genética Essencial*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Prezi (org.). **O que é o Prezi**. 2024. Recuperado de: https://prezi.com/j_fbohwtljom/o-que-e-o-prezi-para-que-serve/. Acesso em: 01 ago. 2024.
- Ramalho, R. N. (2021). *Do Calórico à Teoria Atual do Calor: Uma Abordagem HFC na Escola Cidadã Integral* [Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, Curso de Licenciatura em Física]. Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza, Cajazeiras. Recuperado de: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/24259>
- Ribeiro, S. C. I., & Moreira, M. C. A. (2018). 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 *Anais do 5º Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente*, Niterói.
- Santos, C. H. V. D. (2024). *História e filosofia da ciência nos livros didáticos de biologia do ensino médio: Análise do conteúdo sobre a origem da vida*. Recuperado de: <https://repositorio.uel.br/handle/123456789/10720>
- Santos, M. E. (2001). *A cidadania na “Voz” dos Manuais Escolares*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Scheid, N. M. J., & Ferrari, N. (2006). A história da ciência como aliada no ensino de genética. *Genética na escola*, 1(1), 17-18. <https://doi.org/10.55838/1980-3540.ge.2006.3>
- Sheatsley, P. B. (1983). Questionnaire construction and item writing. *Handbook of survey research*, 4(1), 195-230.
- Silva, A. F. D., Ferreira, J. H., & Viera, C. A. (2017). O ensino de Ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. *Revista Exitus*, 7(2), 283-304. <https://doi.org/10.24065/2237-9460.2017v7n2id314>
- Silva, M. R. D. (2010). As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice. *Scientiae Studia*, 8, 69-92. • <https://doi.org/10.1590/S1678-31662010000100004>
- Siqueira, R. M., & Pinheiro, L. R. (2022). 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*, 39(2), 518-550. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2022.e85851>
- Snustad, D. P., Simmons, M. J. (2017). *Fundamentos de genética*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Sousa, J. R., da Costa, P. R. B., & Sgarbi, A. D. (2022). 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*, 25, 122-139. <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2022v25espp122-139>
- Souza, P. de., & Fernandes, G. W. R. (2022). 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*, 13(6), 1–23. <https://doi.org/10.26843/rencima.v13n6a28>

TRIVIÑOS, A. N. S. (1987). Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas.

Wang, A. I. (2015). The wear out effect of a game-based student response system. *Computers & Education*, 82, 217-227. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.004>