

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

CLARA BRUNA FERNANDES DA SILVA

ENSINO DE GENÉTICA MEDIADO POR TECNOLOGIAS DIGITAIS: ANÁLISE A  
PARTIR DOS TRABALHOS PUBLICADOS NOS ANAIS DO ENPEC E ENEBIO

Maceió  
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

CLARA BRUNA FERNANDES DA SILVA

ENSINO DE GENÉTICA MEDIADO POR TECNOLOGIAS DIGITAIS: ANÁLISE A  
PARTIR DOS TRABALHOS PUBLICADOS NOS ANAIS DO ENPEC E ENEBIO

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Ciências  
Biológicas e da Saúde (ICBS) da  
Universidade Federal de Alagoas como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Aleilson da Silva  
Rodrigues

Maceió

2024

## Folha de Aprovação

CLARA BRUNA FERNANDES DA SILVA

ENSINO DE GENÉTICA MEDIADO POR TECNOLOGIAS DIGITAIS: ANÁLISE DAS  
PUBLICAÇÕES NOS ANAIS DO ENPEC E ENEBIO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
banca examinadora do curso de Licenciatura em  
Ciências Biológicas da Universidade Federal de  
Alagoas e aprovada em 06 de fevereiro de 2024.

(Orientador(a) – Dr. Aleilson da Silva Rodrigues, Universidade Federal de Alagoas - UFAL)

### **Banca examinadora:**

(Examinador(a) Interno(a) – Dra. Giana Raquel Rosa, Universidade Federal de Alagoas - UFAL)

(Examinador(a) Interno(a) - MsC. Raiza Padilha Scanavaca, Universidade Federal de Alagoas -  
UFAL)

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

S586e Silva, Clara Bruna Fernandes da.  
Ensino de genética mediado por tecnologias digitais : análise a partir dos trabalhos publicados nos anais do ENPEC e ENEBIO / Clara Bruna Fernandes da Silva. – 2024.  
44 f. : il. color.

Orientador: Aleilson da Silva Rodrigues.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas: Licenciatura) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2024.

Bibliografia: f. 40-44.

1. Ensino de genética. 2. Tecnologias digitais. 3. Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências (ENPEC). 4. Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO). I. Título.

CDU: 575 : 371.3

## RESUMO

Diante dos crescentes avanços biotecnológicos, notícias envolvendo tópicos como transgênicos, terapia gênica, manipulação do DNA são cada vez mais comuns. Essa ampla difusão de conceitos da Genética, trazem à sociedade a necessidade de se posicionar criticamente frente a esses dilemas éticos. No entanto, o Ensino de Ciências centrado na mera transmissão de conteúdos pode não ser suficiente para superar a complexidade e nível de abstração dos conteúdos de Genética. As Tecnologias Digitais podem ser aliadas nessa problemática, pois viabilizam a visualização de processos que antes seriam apenas imaginados. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi investigar as tendências do Ensino de Genética mediado por tecnologias digitais nas últimas doze edições do Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências (ENPEC) e nas últimas oito edições do Encontro Nacional de Biologia (ENEBIO) a fim de refletir sobre as possibilidades e potencialidades dessa articulação. Para isso, realizou-se uma pesquisa bibliográfica nos anais destes eventos e, para a análise dos dados, utilizou-se a análise de conteúdo. Os resultados demonstraram que a genética é uma temática recorrente nos dois eventos, entretanto, sua articulação com as tecnologias digitais não é expressiva, portanto, ratifica-se a importância de ampliar as discussões acerca dessa temática a fim de garantir a alfabetização científico-tecnológica para uma sociedade engajada na tomada de decisões com responsabilidade social.

## ABSTRACT

In the face of growing biotechnological advances, news involving topics such as transgenics, gene therapy and DNA manipulation is becoming increasingly common. This widespread dissemination of genetic concepts means that society needs to take a critical stance on these ethical dilemmas. However, teaching science in a transmissive and decontextualized way may not be enough to overcome the complexity and level of abstraction of Genetics content. Digital technologies can be an ally in this problem, as they make it possible to visualize processes that were previously only imagined. With this in mind, the aim of this study was to investigate the trends in Genetics Teaching mediated by digital technologies in the last twelve editions of the National Meeting for Research and Education in Science (ENPEC) and the last eight editions of the National Biology Meeting (ENEBIO) in order to reflect on the possibilities and potential of this articulation. To do this, bibliographical survey was carried out in the annals of these events and content analysis was used to analyze the data. The results showed that genetics is a recurring theme in both events, however, its articulation with digital technologies is not expressive. Therefore, the importance of broadening discussions on this theme is ratified in order to guarantee scientific-technological literacy for a society engaged in decision-making with social responsibility.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>6</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>6</b>
2.1 Desafios para o Ensino de Genética	6
2.2 Tecnologias Digitais, currículo atual e Ensino de Genética	10
2.3 Relações CTSA no Ensino de Genética	16
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>20</b>
3.1 Delineamento do estudo	20
3.2 Amostra	21
3.3 Análise dos dados	22
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>25</b>
4.1 Objetivos dos trabalho, público-alvo, e temáticas abordadas	27
4.2 Recursos tecnológicos utilizados	29
4.3 Aproximações com o Movimento CTSA	32
4.4 Reflexões construídas a partir da experiência	34
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>37</b>
<b>1. REFERÊNCIAS</b>	<b>38</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O crescente avanço científico e tecnológico experimentado nas últimas décadas provocou profundas mudanças na sociedade. Desde a maneira de se comunicar ao surgimento de novas profissões, as tecnologias assumem grande protagonismo no cotidiano da humanidade, entretanto, apesar dos inegáveis benefícios, problemas como a intensa degradação ambiental e os dilemas éticos que surgiram a partir destes avanços evidenciaram a necessidade de se posicionar criticamente diante destes impasses (Auler; Delizoicov, 2001).

Na área da genética, notícias envolvendo os avanços biotecnológicos como transgênicos, células tronco, vacinas genéticas, clonagem etc. são cada vez mais comuns e, portanto, desencadeiam novas demandas à sociedade que deve estar presente na tomada de decisões acerca das questões tecnocientíficas atuais. Para tanto, emerge a necessidade de uma educação científica capaz de alfabetizar tecnologicamente para uma formação cidadã crítica e responsável (Bonis; Costa, 2009; Auler; Delizoicov, 2001).

Sob esta perspectiva, no contexto da educação básica, o Ensino de Genética se configura como um espaço essencial para o desenvolvimento dessas competências, contudo, a complexidade e o grau de abstração de seus conceitos muitas vezes se traduzem em dificuldades de compreensão e assimilação do conteúdo por parte dos estudantes (Martinez; Fujihara; Martins, 2008; Araújo *et al.* 2018).

Além disso, a educação tradicional altamente expositiva e verticalizada, ausente de contexto, pode não gerar envolvimento necessário para uma eficaz construção do conhecimento em genética. Nesse sentido, considerando as demandas da sociedade contemporânea, emerge a necessidade de superação dessas barreiras. Para isso, as Tecnologias Digitais podem atuar como aliadas, uma vez que há uma gama de softwares, aplicativos e ferramentas disponíveis que podem permitir a visualização de processos que, até então, precisariam ser apenas imaginados (Duré; Andrade; Abílio, 2018).

Sob esta perspectiva, o presente trabalho buscou responder a seguinte pergunta de pesquisa: **O que as pesquisas apontam acerca da relação entre o uso de**

**tecnologias educacionais digitais e o ensino de genética?** ao ter como objetivo geral investigar o que as pesquisas apontam sobre o Ensino de Genética mediado por tecnologias digitais nos anais de dois importantes eventos para o Ensino de Ciências e Biologia: o Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências (ENPEC) e o Encontro Nacional de Biologia (ENE BIO) a fim de traçar o perfil das publicações acerca da temática e refletir sobre suas possibilidades e potencialidades. Os objetivos específicos que nortearam o desenvolvimento deste estudo foram:

- a) Identificar o perfil das publicações no ENPEC e ENE BIO acerca do Ensino de Genética mediado por tecnologias digitais;
- b) Investigar as potencialidades e limitações trazidas nas pesquisas do uso das tecnologias educacionais digitais como uma ferramenta facilitadora na aprendizagem de genética;
- c) Verificar as relações estabelecidas entre o movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e o Ensino de Genética nas publicações analisadas.

Esta pesquisa está dividida em três partes principais. Inicialmente, como fundamentação teórica, há três seções que tratam respectivamente sobre: I: os desafios para o Ensino de Genética; II: as tecnologias digitais, o currículo atual e o Ensino de genética e III: as relações ciência-tecnologia-sociedade no Ensino de Genética. Em seguida é retratado o percurso metodológico adotado pelo trabalho e, por fim, os resultados obtidos a partir da análise dos trabalhos incluídos na presente revisão de literatura.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Desafios para o Ensino de Genética

O Ensino de Ciências oportuniza o entendimento do mundo natural e dos fenômenos naturais à luz dos conhecimentos científicos, contudo, até meados da década de 90, ainda era pautado na transmissão mecânica e excessiva de conteúdos, onde a educação bancária, tecnicista e alienante como definida por Freire (1996), prevalecia com o objetivo claro de atender as demandas do capitalismo, formando cidadãos submissos e obedientes preparados para servir a uma classe dominante despreocupada com a formação social para a cidadania (Pinhão; Martins, 2016).

Nesse contexto, no qual a escola era vista como detentora de todo conhecimento e o estudante tratado como um mero receptáculo de saberes, o Ensino de Ciências preocupava-se apenas com a memorização de teorias e conceitos ausentes de aplicação concreta na vida dos educandos. Como argumentado por Chassot, 2003:

Era preciso que os alunos se tornassem familiarizados (aqui, familiarizar poderia até significar simplesmente saber de cor) com as teorias, com os conceitos e com os processos científicos. Um estudante competente era aquele que sabia, isto é, que era depositário de conhecimentos (Chassot, 2003, p.90).

Este fluxo do conhecimento, que, até então, partia da escola para a sociedade, a partir do avanço científico e tecnológico decorrente da globalização, teve sua direcionalidade invertida, e passou a partir da comunidade para a escola, reformulando o ambiente escolar que, deixou de deter o título de centro de todos os saberes (Chassot, 2003).

Para além das paredes da escola, o avanço científico e tecnológico experienciado nos últimos anos fez emergir a necessidade de contextualização do Ensino de Ciências visando alfabetizar cientificamente os estudantes, de modo a permiti-los analisar as questões contemporâneas e se posicionar criticamente frente a elas (Auler; Bazzo, 2001).

De acordo com Leal e Gouveia, 2002, p.10:

Graças ao acentuado e acelerado progresso tecnológico, há uma exigência cada vez maior de cidadãos capazes de competências cognitivas específicas

para administrar o cotidiano. Na escola, essas competências precisam ser oferecidas às novas gerações, o que exige reformulação na cultura escolar.

Todavia, o ensino tradicional pautado em aulas expositivas guiadas pelos livros didáticos, que reforçam a transmissão de conteúdos, pode não ser o melhor caminho para atingir esse objetivo, uma vez que sua prática “tem contribuído para perpetuar o caráter memorizador e descontextualizado do ensino e do papel passivo dos alunos na aprendizagem (Silva et. al, 2020, p. 2)”.

A importância da contextualização dos saberes também é discutida por Morin, 2000, p. 16:

Devemos, pois, pensar o problema do ensino, considerando, por um lado, os efeitos cada vez mais graves da compartimentação dos saberes e da incapacidade de articulá-los, uns aos outros; por outro lado, considerando que a aptidão para contextualizar e integrar é uma qualidade fundamental da mente humana, que precisa ser desenvolvida, e não atrofiada.

Tal problemática se estende para a área de Ciências da Natureza (CNT), especialmente a Biologia, segundo De Sá *et al.*, 2010 o Ensino de Ciências e Biologia falha por valorizar uma educação enciclopédica e fragmentada que não estimula o pensamento científico no educando, o que acarreta em um ensino ausente de significado. O autor ainda argumenta que “O conhecimento é construído de forma descontínua não favorecendo ao estudante a construção da compreensão processual do fenômeno de uma forma orgânica (De Sá *et al.*, 2010, p. 567)”. Contudo, alcançar a contextualização no âmbito do Ensino de Ciências e Biologia é um desafio, uma vez que, apresenta diversos conteúdos que exigem dos estudantes a imaginação de processos que perpassam os níveis macroscópicos.

Essa dificuldade em compreender conceitos e conteúdos abstratos da Biologia é discutida por Duré; Andrade; Abílio, 2018, p.266:

Conteúdos abstratos e microscópicos exigem do educando uma alta capacidade de concentração e imaginação para acompanhar o raciocínio do professor e visualizar como as estruturas e os mecanismos moleculares da vida se comportam a nível microscópico. [...] É válido perceber que quanto mais abstrato e distante da realidade, maiores as chances do estudante imaginar que está entendendo, sem de fato alcançar o entendimento real do que está sendo trabalhado na aula.

Análogo a isso, evidencia-se que o conteúdo de genética, que adotaremos como especificidade, diante de dificuldades constatadas em experiências como os

componentes curriculares do curso, os estágios supervisionados, no que se diz respeito ao entendimento de conceitos desse campo. Tal conteúdo, na Educação Básica, situado nas disciplinas Ciências do Ensino Fundamental e Biologia no Ensino Médio, apresenta delimitações e especificidades em relação aos demais conteúdos e por essa razão, trazemos discussões em relação a conteúdos relacionados necessariamente à genética e adotamos como termo Ensino de Genética, conscientes de que é um tópico em meio à amplitude dos conteúdos em Biologia, mas considerando que seguiremos com essa especificidade. Tal campo do conhecimento, que se relaciona intrinsecamente com outros estudos como biologia celular, fisiologia, evolução, mas que em sua especificidade visa compreender os mecanismos de transmissão de características hereditárias entre as gerações, apresenta diversos conceitos abstratos considerados como de difícil assimilação pela maior parte dos estudantes (Martinez; Fujihara; Martins, 2008). De acordo com Araújo *et al.*, 2018, p.24:

Genética é um tema necessário para a compreensão de aspectos cruciais na Biologia, mas seus conteúdos tornam-se complicados de serem assimilados pelos alunos por ser algo difícil para se imaginar e ilustrar. O nível de complexidade aumenta quando o aluno tem que associar os diferentes níveis de pensamento do assunto como, por exemplo: características morfológicas são observadas nos seres; devem ser aliados aos conceitos complexos, que é difícil de ser imaginado e compreendido; e então, manipular esses dados em expressões matemáticas utilizadas para explicar numericamente a Genética.

Nesse sentido, no contexto da educação básica, a aprendizagem destes conceitos abstratos (como cromossomos, gene, alelos e gametas) pode ser um desafio, principalmente, quando são abordados de maneira descontextualizada, com apenas aulas expositivas e o livro didático como único recurso, segundo Araújo *et al.*, 2018, p.22:

A realidade nas escolas, muitas vezes é de um ensino desinteressante, com ensino embasado somente no livro didático e falta de contextualização dos assuntos com a realidade. Muito pouco se fala do emprego das tecnologias no contexto da Genética e os assuntos éticos que medeiam essas relações.

No entanto, as dificuldades no aprendizado de genética vão além da Educação Básica. A pesquisa de Fabrício *et al.*, 2006, que buscou identificar as dificuldades na compreensão das Leis de Mendel em estudantes do ensino médio e de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas da cidade de Recife-PE, verificou, a partir dos

resultados obtidos, que o nível de dificuldade dos estudantes de ensino médio e o de Ensino Superior são muito similares, evidenciando que a problemática na aprendizagem destes conteúdos vai além do grau de escolaridade.

Mediante ao crescente avanço científico e biotecnológico, as temáticas que envolvem a genética já se fazem presentes no cotidiano, dos noticiários às produções cinematográficas, o contato com tais conceitos genéticos é comum e costuma despertar a curiosidade das pessoas. Acerca de tal problemática, Loreto e Sepel argumentam que:

O resultado da formação inadequada nas áreas que envolvem Genética e Biologia Molecular é um distanciamento progressivo, e rápido, entre o ensino "escolar" e a assimilação de conceitos informais, não sistematizados, através da mídia. Atualmente, o termo "DNA" faz parte do universo cultural de todo brasileiro que assiste regularmente à televisão. Outros termos técnicos também são incluídos no vocabulário muito antes do ensino formal apresentá-los. Crianças de seis anos conhecem e usam termos como "mutantes", "organismos geneticamente modificados", "clones", "vírus emergente" e "transferência de DNA", simplesmente por assistirem aos desenhos animados (Loreto; Sepel, 2006, p.8).

Logo, mediante a relevância das temáticas relacionadas à genética na contemporaneidade, evidencia-se a urgência em superar os impasses que dificultam a aprendizagem destes conceitos a fim de promover uma aprendizagem contextualizada e emancipatória para a garantia da cidadania.

## **2.2 Tecnologias Digitais, currículo atual e Ensino de Genética**

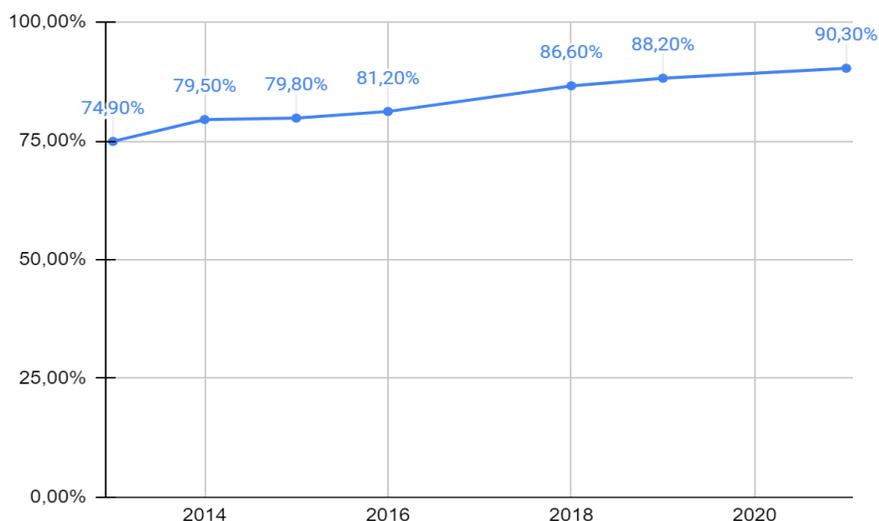
As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) revolucionaram a maneira de se comunicar e, a partir da *internet*, informar-se e comunicar-se em tempo real utilizando tais tecnologias que “têm suas próprias lógicas suas linguagens e maneiras particulares de comunicar-se com as capacidades perceptivas, emocionais, cognitivas, intuitivas e comunicativas das pessoas” (Kenski, 2012, p. 38), já é parte do cotidiano da humanidade.

No contexto da educação, tais avanços tecnológicos têm impactado diretamente o cotidiano escolar que se encontra cada vez mais conectado à rede digital, e vem transformando, a cada dia, a maneira como se ensina e como se aprende (Ribeiro; Santos, 2013). De acordo com Kenski, 2012 não é possível dissociar a educação da

tecnologia, portanto, é válido questionar as possibilidades de sua inserção nos processos educacionais.

Nesse cenário, a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios contínua (Pnad contínua), que investiga anualmente o uso das TICs no Brasil e é realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), verificou que entre os anos de 2013 e 2021, o acesso a *internet* por estudantes cresceu 15,4% (Gráfico 1)<sup>1</sup>.

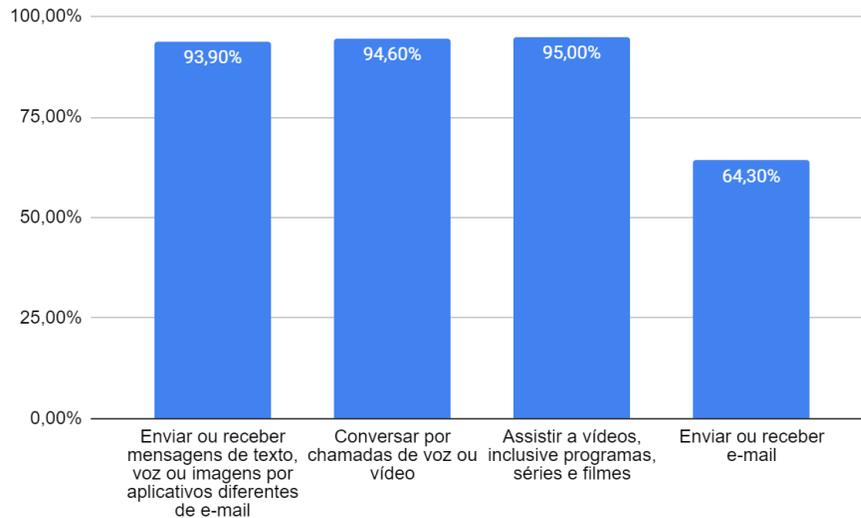
Gráfico 1 - Acesso à *internet* por estudantes 2013/2021



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2013/2021.

Além disso, no ano de 2021, a pesquisa ainda verificou qual a finalidade do acesso à *internet* por estes estudantes (Gráfico 2).

Gráfico 2 - finalidade de acesso à *internet* pelos estudantes



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2021.

Esse crescimento no acesso às TICs pelos estudantes afeta diretamente a educação, uma vez que, de acordo com Dos Santos; De Souza, 2019, p.41:

A inserção da informatização está gerando uma explosão de saberes, no entanto, é necessário reavaliar o papel do professor nesse cenário, uma vez que é preciso educar para a vida, para a significação, e nesse contexto o educando precisa encontrar sentido no que faz. [...] a inserção das novas tecnologias pode proporcionar uma educação de qualidade, possibilitando uma melhor aprendizagem por parte dos alunos, desde que inserida de forma organizada e adequada, pois essa pode ser utilizada como uma importante ferramenta pedagógica na nossa atual sociedade, já que torna o processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico (Santos; Souza, 2019, p. 41).

Sob esta perspectiva, a inclusão destas tecnologias no contexto educacional, segundo Paiva e Paiva, 2009, p. 6 e 7:

1. Ajudam o aluno a descobrir o conhecimento por si: é uma forma de ensino ativo em que o professor ocupa um lugar intermédio entre a informação e os alunos, apontando caminhos e avivando a criatividade, a autonomia e o pensamento crítico
2. Promovem o pensamento sobre si mesmo (meta cognição), a organização desse pensamento e o desenvolvimento cognitivo e intelectual, nomeadamente o raciocínio formal.
3. Impulsionam a utilização, por parte de professores e alunos, de diversas ferramentas intelectuais.
4. Enriquecem as próprias aulas pois diversifica as metodologias de ensino-aprendizagem.
5. Aumentam a motivação de alunos e professores.
6. Ampliam o volume de informação acessível aos alunos, que está disponível de forma rápida e simples.
7. Proporcionam a interdisciplinaridade.

8. Permitem formular hipóteses, testá-las, analisar resultados e reformular conceitos, estando assim de acordo com a investigação científica.
9. Possibilitam o trabalho em simultâneo com outras pessoas geograficamente distantes.
10. Criam micromundos de aprendizagem: é capaz de simular experiências que na realidade são rápidas ou lentas demais, que utilizam materiais perigosos e em condições impossíveis de conseguir.
11. A aprendizagem torna-se de fato significativa, dadas as inúmeras potencialidades gráficas.
12. Ajudam a detectar as dificuldades dos alunos.
13. Permitem ensinar através da utilização de jogos didáticos.

Diante disso, fica evidente as potencialidades do emprego das TICs na educação visto que desempenham um papel crucial no protagonismo e motivação do estudante. Além disso, como o acesso a essas tecnologias é amplamente difundido entre os estudantes, comunicar-se com eles por meios que eles conhecem pode ser um caminho para um maior engajamento.

Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento normativo que orienta os currículos e estabelece os conhecimentos, competências e habilidades essenciais que os estudantes brasileiros devem desenvolver durante a educação básica reconhece a importância da inserção dessas tecnologias na educação contemporânea e destaca a sua utilização na quinta competência geral da educação básica:

Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva (Brasil, 2018, p.9).

O referido documento ainda ressalta a necessidade iminente das escolas incorporarem de maneira significativa a cultura digital. Isso se torna evidente diante do notável avanço no acesso às Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), as quais já se consolidaram como elementos intrínsecos à sociedade e permeiam diversos segmentos, inclusive o ambiente escolar.

A cultura digital tem promovido mudanças sociais significativas nas sociedades contemporâneas. Em decorrência do avanço e da multiplicação das tecnologias de informação e comunicação e do crescente acesso a elas pela maior disponibilidade de computadores, telefones celulares, tablets e afins, os estudantes estão dinamicamente inseridos nessa cultura, não somente como consumidores. Os jovens têm se engajado cada vez mais como protagonistas da cultura digital, envolvendo-se diretamente em novas formas de interação

multimidiática e multimodal e de atuação social em rede, que se realizam de modo cada vez mais ágil. [...] é imprescindível que a escola compreenda e incorpore mais as novas linguagens e seus modos de funcionamento, desvendando possibilidades de comunicação (e também de manipulação), e que eduque para usos mais democráticos das tecnologias e para uma participação mais consciente na cultura digital. (Brasil, 2018, p.61).

Para etapa do Ensino Fundamental, na área de Ciências da Natureza, a BNCC traz com a sexta competência específica:

Utilizar diferentes linguagens e tecnologias digitais de informação e comunicação para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos e resolver problemas das Ciências da Natureza de forma crítica, significativa, reflexiva e ética (Brasil, 2018, p.324).

Para a etapa do Ensino Médio o documento reserva uma seção denominada “As Tecnologias Digitais e a Computação” que relata a influência que as TICs exercem na contemporaneidade em diversos contextos, incluindo o educacional. Além disso, a BNCC expressa uma preocupação com os impactos e as transformações que a digitalização massiva tem causado no funcionamento da sociedade, tanto no mundo do trabalho quanto nas formas de se comunicar, portanto, pontua que competências e habilidades devem ser desenvolvidas para garantir que os estudantes possam:

1. buscar dados e informações de forma crítica nas diferentes mídias, inclusive as sociais, analisando as vantagens do uso e da evolução da tecnologia na sociedade atual, como também seus riscos potenciais;
2. apropriar-se das linguagens da cultura digital, dos novos letramentos e dos multiletramentos para explorar e produzir conteúdos em diversas mídias, ampliando as possibilidades de acesso à ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho;
3. usar diversas ferramentas de software e aplicativos para compreender e produzir conteúdos em diversas mídias, simular fenômenos e processos das diferentes áreas do conhecimento, e elaborar e explorar diversos registros de representação matemática;
4. utilizar, propor e/ou implementar soluções (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e solucionar problemas complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a criatividade (Brasil, 2018, p.474-475).

Especificamente na Área de Ciências da Natureza, a temática é abordada na terceira competência específica para o Ensino Médio.

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por

meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (Brasil, 2018, p.553).

Além disso, nota-se que oito habilidades de Ciências da Natureza no Ensino Médio envolvem a utilização das TICs como instrumentos para coleta, análise, interpretação e representação de objetos estudados pela ciência, com um direcionamento para o entendimento dos sistemas na natureza, energia e sustentabilidade. Verifica-se também que sete destas habilidades flexibilizam o uso destas tecnologias:

(EM13CNT101) Analisar e representar, **com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos**, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas (Brasil, 2018, p.555).

(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, **considerando também o uso de tecnologias digitais** que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos (Brasil, 2018, p.555).

(EM13CNT106) Avaliar, **com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais**, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais (Brasil, 2018, p.555).

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – **com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais** –, para propor ações que visem a sustentabilidade (Brasil, 2018, p.555).

(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, **com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais** (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (Brasil, 2018, p.557).

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, **com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais** (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (Brasil, 2018, p.557).

(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, **com ou sem o uso**

**de dispositivos e aplicativos digitais** (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros) (Brasil, 2018, p.557).

Tal flexibilização é importante, pois reconhece que o ensino e a aprendizagem de Ciências da Natureza podem se beneficiar do uso das TICs, mas também considera que nem todas as instituições de ensino ou estudantes têm acesso a essas tecnologias. Além disso, permite que o professor, ao conhecer as potencialidades e limitações dos recursos, tenha a liberdade de adequar o processo educacional para utilizá-los ou não a depender dos objetivos a serem atingidos. Sobre a temática, Pereira e Freitas, 2009 argumenta que:

Considera-se importante ao professor conhecer as possibilidades metodológicas que as tecnologias trazem para trabalhar o conteúdo, através de atividades criativas, de um processo de desenvolvimento consciente e reflexivo do conhecimento, usando pedagogicamente os recursos tecnológicos, com perspectiva transformadora da aprendizagem escolar (Pereira; Freitas, 2009, p. 3).

No entanto, mesmo sendo um importante recurso, as TICs “ainda estão muito longe de serem usadas em todas as suas possibilidades para uma melhor educação (Kenski, 2012, p. 45)”. Tal problemática é evidenciada tanto pela falta de estrutura, seja em equipamentos ou acesso a uma internet de qualidade, quanto pela falta de formação docente para a sua utilização, segundo Leite e Ribeiro, 2012, p. 117:

Um dos principais entraves para a utilização das TICs na educação brasileira é a falta de conhecimento e domínio dessas tecnologias por grande parte dos professores. [...] Esse fato ainda ocorre porque, na maioria das universidades, os alunos ainda vivenciam processos de aprendizagem tradicionais e estes processos refletem-se no tradicionalismo metodológico atualmente empregado por muitos professores.

De acordo Cardoso e Oliveira, 2010, p.112: “o professor deve estar preparado para utilizar os vários recursos pedagógicos disponíveis, sobretudo aqueles que representam um grande interesse frente às sociedades atuais, como as Tecnologias da Comunicação Digital”.

No contexto do ensino de genética, a utilização das TICs pode ser um caminho para facilitar a aprendizagem dos conceitos difíceis de serem imaginados, uma vez que os mesmos podem ser visualizados através de jogos, animações, simuladores, recursos 3D, realidade aumentada, entre outros recursos que permitem que os

professores vão além da bidimensionalidade do quadro e dos livros didáticos (Silva; Isotani; Júnior, 2020). De acordo com Duré; Andrade; Abílio, 2018:

É válido perceber que quanto mais abstrato e distante da realidade, maiores as chances do estudante imaginar que está entendendo, sem de fato alcançar o entendimento real do que está sendo trabalhado na aula. Ao introduzir modelos didáticos tridimensionais, vídeos e outros recursos, o professor está colocando um parâmetro que funciona como um alvo para a aprendizagem, levando o educando a confrontar o que achava que estava entendendo com o que de fato é, com o que o professor pretende demonstrar (Duré; Andrade; Abílio, 2018, p.266).

Diante do exposto, no que tange o Ensino de Genética, evidencia-se a importância de voltar o olhar à utilização de tecnologias educacionais digitais visando facilitar o ensino e aprendizagem destes conteúdos, que são relevantes na sociedade atual e se fazem presentes no cotidiano dos estudantes, com o objetivo de alcançar um ensino capaz de criar as possibilidades para a construção do conhecimento dos estudantes (Freire, 1996) superando o ensino tradicional, pautado na transmissão de conhecimentos.

### **2.3 Relações CTSA no Ensino de Genética**

O movimento ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA) surgiu a partir de um conjunto de reflexões acerca dos impactos sofridos pela sociedade moderna frente ao avanço da ciência e da tecnologia (C&T), uma vez que, em meados do século XX, após o aumento da degradação ambiental, bem como das transformações sociais negativas decorrentes das grandes guerras, permitiu uma análise crítica de que o desenvolvimento da C&T não necessariamente caminha junto do desenvolvimento social (Auler; Bazzo, 2001). Sobre o movimento CTSA, Auler e Bazzo (2001) discutem que:

Esse movimento reivindica um redirecionamento tecnológico, contrapondo-se à ideia de que mais C&T vão, necessariamente, resolver problemas ambientais, sociais e econômicos. Postula-se a necessidade de outras formas de tecnologia. A alternativa não consiste em “mais C&T”, mas “num tipo diferente de C&T”, concebidas com alguma participação da sociedade. (Auler; Bazzo, 2001, p. 2).

Assim, emerge a necessidade de exercitar o olhar crítico sobre a ciência e tecnologia ao compreender que a mesma faz parte de uma construção social, e,

portanto, nem sempre atende aos interesses da maioria (Auler; Delizoicov, 2001). De acordo com Auler e Bazzo (2001), os objetivos da inclusão do enfoque CTSA na educação básica são:

Promover o interesse dos estudantes em relacionar a ciência com as aplicações tecnológicas e os fenômenos da vida cotidiana, abordar o estudo daqueles fatos e aplicações científicas que tenham uma maior relevância social, abordar as implicações sociais e éticas relacionadas ao uso da ciência e da tecnologia e adquirir uma compreensão da natureza da ciência e do trabalho científico [...] (Auler; Bazzo, 2001, p. 3)

Nesse sentido, a Auler e Delizoicov, 2001 discutem sobre a importância da alfabetização científico-tecnológica no desenvolvimento do pensamento crítico para estimular a tomada de decisão responsável, partindo do pressuposto de que a sociedade seja científica e tecnologicamente analfabeta e que diante de todos os avanços experienciados o acesso a esses conhecimentos seja fundamental ao exercício da cidadania.

A fim de alcançar tal alfabetização científico-tecnológica, verifica-se que o Ensino de Ciências da Natureza é um espaço promissor a esse debate, Ferst (2013) argumenta que:

[...] nesta sociedade em que a evolução tecnológica e o avanço científico requerem indivíduos com habilidades e competências em diversas áreas do conhecimento, isto não ocorrerá com uma Ciência apresentada de forma tradicional, compartimentada e fora da realidade dos alunos, precisa-se de um ensino de Ciências diferente. (Ferst, 2013, p. 278)

Além disso, a própria BNCC reconhece a importância de compreender as relações que se estabelecem entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e expressa tal reconhecimento em diversos trechos ao longo do documento. Na área de Ciências da Natureza, para o ensino fundamental, o documento traz como competência específica: “Avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho (Brasil, 2018, p.324)”.

Ainda na etapa do ensino fundamental, na área de CNT o documento ressalta a importância de pensar uma educação científica que reconheça os diversos papéis que a tecnologia desempenha na sociedade contemporânea “na vida moderna e na vida do

planeta Terra como elementos centrais no posicionamento e na tomada de decisões frente aos desafios éticos, culturais, políticos e socioambientais (Brasil, 2018, p.329-330).”

Tal preocupação fica ainda mais evidente na etapa do Ensino Médio, no primeiro trecho onde é apresentada a área de Ciências da Natureza e suas tecnologias:

Nas sociedades contemporâneas, muitos são os exemplos da presença da Ciência e da Tecnologia, e de sua influência no modo como vivemos, pensamos e agimos: do transporte aos eletrodomésticos; da telefonia celular à internet; dos sensores óticos aos equipamentos médicos; da biotecnologia aos programas de conservação ambiental; dos modelos submicroscópicos aos cosmológicos; do movimento das estrelas e galáxias às propriedades e transformações dos materiais. Além disso, questões globais e locais com as quais a Ciência e a Tecnologia estão envolvidas – como desmatamento, mudanças climáticas, energia nuclear e uso de transgênicos na agricultura – já passaram a incorporar as preocupações de muitos brasileiros. Nesse contexto, a Ciência e a Tecnologia tendem a ser encaradas não somente como ferramentas capazes de solucionar problemas, tanto os dos indivíduos como os da sociedade, mas também como uma abertura para novas visões de mundo (Brasil, 2018, p.547).

Além disso, o documento também destaca a importância da contextualização para a discussão das relações estabelecidas entre ciência, tecnologia e sociedade:

A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos 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).

Nesse contexto, no que tange o ensino de genética, as relações CTSA se aplicam ao observar tamanho desenvolvimento na área da biotecnologia e o quanto as notícias envolvendo o uso de técnicas de manipulação do DNA estão cada vez mais presentes no cotidiano. Tal avanço faz emergir a necessidade de se discutir acerca da ética envolvida nesses processos e dos limites do avanço científico e tecnológico. De acordo com Alves e Caldeira, 2005, p.14 “As expectativas sobre o futuro das pesquisas genéticas nos levam a repensar a função da escola na sociedade e a contribuição que o Ensino de Ciências pode dar para uma formação integral, a partir de seus conteúdos programáticos obrigatórios”. Além disso, segundo Andrade, 2017, p.42:

A Genética é um campo científico em crescente expansão, envolvendo atualmente aspectos relacionados à Biotecnologia e à Bioética. Os avanços

científicos relacionados à Biologia Molecular e à Genética, bem como os recursos tecnológicos que acompanharam esse desenvolvimento, originam questões sociocientíficas de grande importância, que precisam ser tratadas no ambiente educativo, de maneira a discutir as implicações sociais envolvidas.

Assim, evidencia-se que aprendizagem destes conceitos são fundamentais na atualidade, uma vez que temáticas como: alimentos transgênicos ou geneticamente modificados, teste de paternidade, vacinas genéticas, clonagem, terapia gênica estão cada vez mais presentes em nosso dia a dia (Fabrício *et al.*, 2006). Os próprios Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), já reconheciam a importância do ensino de genética para a formação cidadã do estudante:

Ter uma noção de como operam esses níveis submicroscópicos da Biologia não é um luxo acadêmico, mas sim um pressuposto para uma compreensão mínima dos mecanismos de hereditariedade e mesmo da biotecnologia contemporânea, sem os quais não se pode entender e emitir julgamento sobre testes de paternidade pela análise do DNA, a clonagem de animais ou a forma como certos vírus produzem imunodeficiências (Brasil, 1999, p. 9).

Tal temática também é discutida pela BNCC, na terceira competência específica da área de CNT para o Ensino Médio, que retrata os debates controversos que permeiam as discussões acerca dos avanços científicos e tecnológicos principalmente com relação às aplicações do conhecimento sobre DNA e células cujas implicações resultam em inúmeros dilemas éticos para toda a sociedade (Brasil, 2018). Nesse sentido, o documento traz como quarta habilidade específica para esta competência:

(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista (Brasil, 2018, p.559).

Nesse contexto, fica claro que as competências específicas da área de Ciências da Natureza da BNCC, trazem uma grande articulação com o movimento CTS, diante disso, espera-se que os currículos sejam construídos de modo a permitir que o estudante, além de adquirir o conhecimento científico seja capaz de aplicá-lo. Além disso, propõe uma educação científica contextualizada que possibilite ao educando, além de compreender os conceitos científicos, analisá-lo sob um viés crítico para a tomada de decisão responsável.

Nesta perspectiva, fica clara a importância de alfabetizar cientificamente os estudantes acerca das temáticas atuais em genética sob uma perspectiva contextualizada, crítica e reflexiva. Para isso, estimular o pensamento crítico acerca dos avanços científicos e tecnológicos por meio de reflexões acerca das relações que se estabelecem entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), se faz necessário na educação básica, especialmente, no Ensino de Ciências, visando promover a contextualização crítica no ensino de genética, a fim de, para além de promover o aprendizado dos conteúdos curriculares, capacitar os estudantes a se envolverem no processo democrático de tomada de decisão com responsabilidade social (Auler; Delizoicov, 2001).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Delineamento do estudo

O presente trabalho se caracteriza como uma pesquisa bibliográfica, que é realizada a partir de materiais que já foram publicados e permite conhecer melhor o fenômeno em estudo a partir de um conhecimento já existente e identificar as lacunas que existem no entendimento atual possibilitando uma análise mais aprofundada e informada do tema em questão (Sousa, 2021, p.3). Além disso, em concordância com Fonseca, 2002:

A partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas por meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos, páginas de web sites. Qualquer trabalho científico inicia-se com uma pesquisa bibliográfica, que permite ao pesquisador conhecer o que já se estudou sobre o assunto. Existem porém pesquisas científicas que se baseiam unicamente na pesquisa bibliográfica, procurando referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta (Fonseca, 2002, p. 32).

Para este estudo, as experiências, produções, aportes, que pretendemos apontar, são práticas de ensino, direcionamentos, ponderações e reflexões, construídas em trabalhos que discutem o Ensino de Genética, mediado por recursos tecnológicos digitais, considerando as premissas discutidas no referencial. Como perspectiva que nos conduziu ao desenho metodológico, almejamos acessar estudos que tratem de experiências didático-metodológicas registradas na pesquisa em Ensino de Ciências e Biologia, discutidas e publicizadas entre pesquisadores desse campo, no sentido de superar os desafios do Ensino de conteúdos de genética nas disciplinas Ciências e Biologia, fazendo o uso de elementos de uma cultura digital contemporânea, na qual o público juvenil está imerso.

A apresentação de tal cenário traz subsídios para que se pensem propostas de trabalho que contribuam na superação de desafios do ensinar Biologia, ao compreender as potencialidades da tecnologia como instrumento didático, como linguagem e como suporte e as dificuldades dessa adoção, bem como visualizar as lacunas nesse tema, para que sejam sugeridos novos estudos, capazes de construir novas contribuições.

Cabe salientar que, os dados coletados e as informações exploradas neste recorte metodológico, provavelmente não expressam a totalidade de produções que poderiam ser explorados, uma vez que as escolhas posteriormente apresentadas podem excluir um universo no qual constem mais trabalhos com essa proposta de discussão, o que sugere novos estudos ou desdobramentos deste, no sentido de ampliar as reflexões.

### **3.2 Amostra**

O presente trabalho, investigou as últimas oito edições do Encontro Nacional do Ensino de Biologia (ENE BIO) e as últimas doze edições do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). O ENE BIO é o Encontro Nacional de Ensino de Biologia, promovido pela Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia, fundada em 11997, que reúne professores de ensino superior e Educação Básica, estudantes de graduação e pós-graduação, interessados e engajados em Pesquisas em Ensino de Biologia ([sbenbio.org](http://sbenbio.org), s.d). O ENPEC é o Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, promovido pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, fundada também em 1997 e reúne as mesmas categorias da SBEnBio, porém em um espectro mais amplo, com pesquisadores de todas as áreas das Ciências da Natureza ([abrapec.com](http://abrapec.com), s.d).

Os dois eventos designados para este estudo são os mais importantes eventos para o Ensino de Ciências e Biologia. Contudo, as edições I e II do ENPEC foram excluídas da análise pois os anais não puderam ser acessados. De todo modo, o universo da pesquisa apresentou amplo recorte temporal, de 1997 a 2023, o que contabiliza 26 anos e abrange um período de mudanças em relação ao acesso às tecnologias por públicos juvenis e a incorporação da adoção das tecnologias nos currículos escolares. Um outro aspecto a ser considerado é que ambos os eventos são bianuais e ocorrem de forma alternada, o que significa que, nesse recorte temporal e acessando os dois eventos, temos uma provável representação de trabalhos em todos os anos.

Inicialmente, para uma triagem inicial, foram selecionados todos os artigos que apresentavam no título a palavra “genética”, considerando que, por serem anais de eventos centrais na discussão do Ensino de Biologia e Ciências, respectivamente, os

trabalhos com o termo “genética” no título, abordam o Ensino de Genética. Após isso, os resumos dos trabalhos foram lidos e selecionados apenas os de caráter aplicado que relacionavam o ensino de genética com a tecnologia.

Como critérios de inclusão, consideramos trabalhos acessíveis, inteiros, que tratassem especificamente do Ensino de conteúdos de Genética mediado por tecnologias. Com critérios de exclusão consideramos trabalhos que não puderam ser acessados, resumos simples ou expandidos e que tratassem de temas fora dessa delimitação, a exemplo de trabalhos que abordassem genética em outros processos de ensino ou a tecnologia para tratar de outros objetos de estudo. Após a aplicação de todos os critérios e seleção dos textos, constitui-se o *corpus* de análise.

### **3.3 Análise dos dados**

Os artigos selecionados foram lidos em sua integridade e os dados foram analisados segundo a análise de conteúdo, proposta por Bardin (2009) que é uma metodologia constituída pelas etapas de “pré-análise, codificação, categorização e tratamento de dados”.

Para este estudo, foi elaborado um formulário de extração (Quadro 1) com categorias a priori baseadas na fundamentação teórica construída previamente a fim de nortear a busca por informações nos trabalhos.

As categorias criadas foram: objetivos do trabalho, público-alvo, temáticas abordadas, recursos tecnológicos utilizados, aproximação com a perspectiva CTSA e reflexões construídas a partir da experiência. Os dados extraídos foram analisados e discutidos à luz do referencial teórico.

Quadro 1: Formulário para a extração de dados dos artigos.

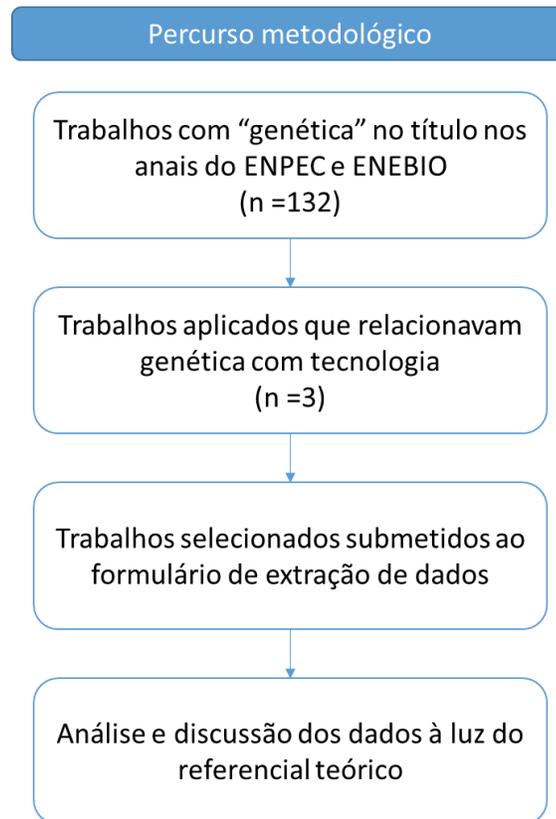
Dados gerais do artigo			
Título	Autores	Evento / Edição	Ano de publicação
Formulário de extração de dados			
Quais os objetivos do trabalho?			
Qual o público-alvo? (Fundamental, Médio, Superior, Pós-graduação?)			
Quais as temáticas abordadas?			
Quais os recursos tecnológicos utilizados?			
Traz elementos que dialogam com a perspectiva CTS?			
Quais as reflexões construídas a partir da experiência?			

Fonte: autora

A construção das categorias foi realizada *a priori*, a partir da base teórica adotada e intencionou trazer informações centrais dos textos, que pudessem contribuir com pensar o Ensino de Biologia com foco nas tecnologias e nos conteúdos de genética. Para além da experiência didática registrada ao levantar público-alvo, temáticas e recursos tecnológicos utilizados, o objetivo de pesquisa do trabalho, o diálogo com o CTSA e as reflexões construídas na experiência são os pontos de encontro com as construções teóricas que construímos, as relações entre as discussões já levantadas e as projeções para um ensino que considere tanto as prescrições curriculares quanto a qualificação da educação científica para atuação na sociedade, sobretudo com temas de interesse científico e social, que o campo da genética apresenta.

Todo o percurso metodológico adotado no presente trabalho se encontra resumido na Figura 1.

Figura 1: Percurso metodológico



Fonte: autora

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo das doze edições do ENPEC, 10.073 trabalhos foram apresentados, contudo, apenas 61 possuíam a palavra genética no título, com uma média de 5,08 trabalhos por edição. Destes 61 trabalhos, apenas 1 deles relacionava o ensino de conteúdos de genética com a tecnologia (tabela 1).

Tabela 1: trabalhos mapeados ENPEC III - XIV

ENPEC			
Edição	Total de trabalhos	Trabalhos com "genética" no título	Trabalhos selecionados
III	233	0	0
IV	451	5	0
V	681	7	0
VI	669	3	0
VII	799	6	0
VIII	1181	6	0
IX	921	7	0
X	1107	8	0
XI	1210	8	0
XII	975	7	0
XIII	805	1	0
XIV	1041	3	1
<b>Total</b>	<b>10073</b>	<b>61</b>	<b>1</b>

Fonte: Dados da pesquisa

A pesquisa nos anais do ENEBIO revelou que ao longo das últimas oito edições do evento foram publicados 3.991 trabalhos, destes, 71 apresentaram a palavra genética no título (média de 8,87 trabalhos por edição) e apenas 2 relacionavam o ensino de conteúdos de genética com a tecnologia.

Tabela 2: trabalhos mapeados ENEBIO I - VIII

ENE BIO			
Edição	Total de trabalhos	Trabalhos com "genética" no título	Trabalhos selecionados
I	283	0	0
II	219	1	0
III	421	15	0

IV	331	8	0
V	568	8	0
VI	699	12	0
VII	902	14	0
VIII	568	13	2
<b>Total</b>	<b>3991</b>	<b>71</b>	<b>2</b>

Fonte: autora

Nota-se que, apesar do maior número de edições e de trabalhos apresentados no ENPEC, a temática genética é mais recorrente no ENEBIO (ENPEC = 61, ENEBIO = 71), o que pode ser justificado pelo fato do ENEBIO ser um evento direcionado especificamente para a área da Biologia enquanto o ENPEC para outras áreas das Ciências. Além disso, observa-se que nos dois eventos, não houve mais de uma edição que tratou da temática foco deste trabalho, com uma concentração de dois trabalhos na oitava edição do ENEBIO. No total, três trabalhos foram incluídos neste estudo (Quadro 2).

Quadro 2: Trabalhos selecionados ENPEC III-XIV e ENEBIO I-VIII

	<b>Evento</b>	<b>Ano</b>	<b>Título do trabalho</b>	<b>Autores</b>
<b>Trabalho 1 (T1)</b>	VIII ENEBIO	2021	Uso do software genética de populações no Ensino de Biologia e Evolução: um relato de experiência	Macedo, J. M. A; Dutra, C. M. V. O; Andrade, L. P.
<b>Trabalho 2 (T2)</b>	VIII ENEBIO	2021	Ensino remoto de Genética em tempos de pandemia: relato de experiência	Álvaro Julio Pereira
<b>Trabalho 3 (T3)</b>	XIV ENPEC	2023	A Utilização de uma ferramenta de Bioinformática (OLATCG) para o ensino de Genética no ensino médio	Mendes, A. C. O; Asem, E. C. A. D; Santos, G. S; Oliveira, M. F. A.

Fonte: autora

Os artigos selecionados relacionados com a temática nos permitem realizar algumas análises. Inicialmente, evidencia-se que a genética é uma área recorrente nestes eventos, mas sua associação com a tecnologia ainda é pouco expressiva. Além disso, verifica-se que os trabalhos 1 e 3 são de caráter muito similar, ambos discutem a

utilização de uma ferramenta para o ensino de conceitos e conteúdos específicos da área, enquanto o trabalho 2 é mais amplo e trata da experiência do ensino remoto na pandemia. As categorias e os trabalhos selecionados serão discutidos com maior profundidade nas seções a seguir.

#### **4.1 Objetivos dos trabalhos, público-alvo, e temáticas abordadas**

Mediante a análise dos trabalhos selecionados, constatou-se que os três artigos, caracterizados por sua abordagem aplicada, tinham como propósito narrar a experiência concreta resultante do emprego de recursos tecnológicos no Ensino de Genética e elucidar os impactos decorrentes desta utilização.

O T1 tinha como objetivo relatar a experiência em uma turma de 3º ano médio com a utilização de um *software* para o ensino de genética de populações. Segundo os autores, a ferramenta foi utilizada com a finalidade de “possibilitar uma aprendizagem significativa que potencializasse a tomada do conhecimento sobre o conteúdo de genética de populações, trabalhando conceitos teóricos e práticos utilizando uma TIC durante as aulas (Macedo; Dutra; Andrade, 2021, p.1075)”.

O T2, por outro lado, tratava sobre uma experiência de adaptação para o ensino remoto em aulas do ensino superior durante a pandemia do Sars-Cov 2. Neste caso as tecnologias digitais foram utilizadas não como um facilitador da aprendizagem de algum conceito ou conteúdo, e sim como um espaço para o desenvolvimento das aulas mediante o distanciamento imposto pelo isolamento social. Segundo o autor, o trabalho objetivou “apresentar reflexões e considerações das atividades desenvolvidas para o docente responsável para a disciplina, assim como para os estudantes em formação do curso de licenciatura em Ciências Biológicas da FACEDI-UECE em Itapipoca- CE (Pereira, 2021, p.1745)”.

O T3 relatou a experiência da utilização de uma plataforma digital de bioinformática em uma escola pública federal do Rio de Janeiro “para alicerçar uma prática de ensino por investigação em aulas de Genética, dentro do componente curricular de Biologia (Mendes *et al.*, 2023).” O autor não especificou o ano letivo da turma em que a prática de ensino foi realizada.

Como mencionado anteriormente, o T1 e o T3 apresentam propostas similares, uma vez que, trazem a utilização de uma tecnologia digital com a proposta de facilitar o

entendimento de determinado conteúdo. Além disso, os dois trabalhos também apresentaram justificativas semelhantes para a utilização destas plataformas, ambos reconhecem que as abstrações são um desafio para o entendimento da genética e reconhecem as tecnologias como uma estratégia para superar esta dificuldade (Macedo; Dutra; Andrade, 2021; Mendes *et al.*, 2023). O T2 também mencionou a abstração como um impasse para a aprendizagem dos conteúdos de genética, no entanto, não apresentou nenhuma proposta para resolver a problemática.

A abstração dos conteúdos de genética também é discutida por inúmeros autores como um dos principais impasses na aprendizagem desta área do conhecimento (Duré; Andrade; Abílio, 2018; Silva; Isotani; Júnior, 2020). De acordo com Brito; Silva; Alvarenga, 2020, p.121:

Muitas são as dificuldades de aprendizagem no ensino de Ciências e Biologia, geralmente pelo teor abstrato de alguns conteúdos que impossibilitam aos alunos visualizarem o que estão estudando, principalmente nos conteúdos de Citologia e Genética. Assim, costuma haver pouco envolvimento dos estudantes nos processos de ensino e aprendizagem, pela falta de contextualização e da dificuldade de aplicabilidade e abstração dos conceitos abordados.

Em relação às temáticas abordadas observou-se que o T1 e T3 tratavam de temáticas semelhantes, o T1 abordava a genética de populações, enquanto o T3 o conteúdo de filogenia molecular. Por mais que tenham suas diferenças, ambos apresentam uma tênue relação com a biologia evolutiva, sendo esta a principal base do estudo destas ciências, que foi abordada nos dois trabalhos, inclusive na TIC utilizada.

Como exposto no T1, o ensino de genética de populações reúne conhecimentos da genética molecular (genes e alelos) e associa os conceitos evolutivos com a matemática que explicam, através do teorema de Hardy-Weinberg, como as forças evolutivas atuam na modificação das frequências alélicas e genotípicas (Flôres; Coutinho, 2017). A aprendizagem de filogenia molecular, tema foco do T3, além da compreensão dos mecanismos evolutivos, também exige conhecimentos específicos principalmente da genética molecular para a compreensão da conservação das regiões do genoma e como tais similaridades ou diferenças nos mostram dados da relação de parentesco entre as espécies (Braun; Junqueira; Verli, 2014).

Tal fato evidencia mais um impasse para a aprendizagem da genética, que além da complexidade e abstração, exige a compreensão de outros conceitos que quando abordados de maneira desconectada podem prejudicar a compreensão dos mesmos (Araújo *et al.*, 2018). Essa abordagem pouco integrada e fragmentada da genética tem sido o foco das pesquisas na área, evidenciando a importância de voltar o olhar para esta temática a fim de superar esse impasse (Goldbach; Macedo, 2007). O T2 não especificou as temáticas que foram abordadas durante as aulas remotas.

#### 4.2 Recursos tecnológicos utilizados

Para o T1, o recurso tecnológico utilizado foi o *software* GPOP desenvolvido pelo Prof. Dr. Cosme Damião Cruz da Universidade Federal de Viçosa (UFV). É uma plataforma gratuita de domínio público com foco no ensino e aprendizagem de conteúdos referentes à área da Genética de populações. O *software* dispõe de uma diversidade de mecanismos e recursos para a realização de simulações computacionais acerca dos conceitos de frequência alélica e genotípica, deriva genética e equilíbrio de Hardy e Weinberg (Macedo; Dutra; Andrade, 2021).

Assim como o T1, o T3 também fez o uso de um *software* de simulação específico para o ensino de genética. A plataforma denominada OLATCG possui várias ferramentas didáticas para o aprendizado de bioinformática que permite aos usuários a realização de alinhamentos das sequências genéticas de diferentes espécies. Além disso, também é possível visualizar a árvore filogenética gerada fornecendo dados de conservação e parentesco através da comparação das sequências analisadas (Mendes *et al.*, 2023).

A utilização de simuladores no ensino e aprendizagem de conceitos abstratos apresenta diversas potencialidades, principalmente na área da genética, tendo em vista as dificuldades na compreensão de fenômenos difíceis de serem visualizados. De acordo com Gianotto, 2016, p. 23.

No estudo com simulações, o aluno pode ampliar a sua visão de um fenômeno ou situação e, assim, construir um conhecimento mais prático para ser usado em seu cotidiano. Embora as simulações não sejam dependentes da existência do computador, é nesse ambiente que se permite ao aluno manipular variáveis e observar resultados imediatos, decorrentes da modificação de situações e condições.

Dantas, 2022, p.18, também argumenta que:

A liberdade que os simuladores permitem para os alunos é de grande importância, uma vez que tanto o professor é envolvido no sistema, visto que há a necessidade de possuir uma certa desenvoltura ao manuseá-lo, bem como, os alunos, que precisam ter um maior aproveitamento das tecnologias, do uso de internet, já que o ensino de Biologia, possui como característica marcante explicações de processos naturais que o circunda

Acerca deste envolvimento do professor, os autores do T1 ressaltam que, apesar das contribuições que o *software* pode trazer para o ensino e aprendizagem do conteúdo de genética de populações, é necessário que o docente “tenha domínio sobre a tecnologia utilizada e esteja sempre realizando cursos e leituras para se atualizar sobre o assunto (Macedo; Dutra; Andrade, 2021, p.1074)”. Os autores ainda argumentam que antes de utilizar a TIC nas aulas verificou-se se era de fato adequada para tal situação:

A pergunta central levantada inicialmente foi se o software Genética de Populações seria eficaz no processo de ensino e aprendizagem do conteúdo. Assim, apresentaremos como se deu a utilização do software e suas vantagens para o processo de ensino e aprendizagem da disciplina de biologia e do conteúdo de evolução (Macedo; Dutra; Andrade, 2021, p.1075)

Isso evidencia que a tecnologia, por mais que possa ser uma grande aliada no processo de construção do conhecimento, ela, sozinha, não dispensa o olhar do professor, que deve refletir acerca de suas limitações e possibilidades a fim de adequar sua metodologia para que seu uso de fato faça diferença, como argumentado por Kenski, 2012, p. 46:

Mais importante que as tecnologias, que os procedimentos pedagógicos mais modernos, no meio de todos esses movimentos e equipamentos, o que vai fazer diferença qualitativa é a capacidade de adequação do processo educacional aos objetivos que levaram você, pessoal, usuário, leitor, aluno, ao encontro desse desafio de aprender.

Ainda sob esta perspectiva, levando em consideração a importância de ajustar o processo educacional para garantir uma aprendizagem efetiva, o T3 utilizou o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) alinhado à plataforma de bioinformática a fim de estimular nos discentes a busca de soluções aos problemas propostos. A integração da abordagem investigativa à utilização das TICs vêm sendo discutida como uma estratégia para superar o ensino transmissivo e de “reforçar a oportunidade de alunos

vivenciarem a realidade das etapas do método científico (Albuquerque; Santos; Gianella, 2017, p.)”.

Por se tratar de uma experiência no ensino remoto, o T2 relatou o uso de diversas tecnologias como o *Google Meet*, *Google Classroom* e *Moodle* como os espaços utilizados para o desenvolvimento da disciplina que até então era presencial e mediante a situação sanitária emergencial precisou se adequar ao ensino a distância.

Em decorrência das restrições impostas pela pandemia da Covid-19, surgiu a necessidade dos docentes em (re)pensar, planejar, adaptar para executar atividades pedagógicas mediadas pelo uso da internet e suas plataformas digitais, antes realizadas por encontros presenciais nas salas de aulas (Pereira, 2021, p. 1744).

O autor ressalta as vantagens na utilização destes espaços virtuais na construção de um ambiente interativo e colaborativo e destaca a importância de superar a cultura do ensino por transmissão e que independente da modalidade (presencial ou remota) o objetivo do ensino deve ser sempre a aquisição do conhecimento. Além disso, aponta a necessidade do exercício da criatividade e autonomia do estudante de modo que o mesmo seja o centro do seu próprio aprendizado.

Contudo, o T2 descreve a sequência de atividades realizadas durante o curso da disciplina e não explicita como exatamente a utilização de tais ferramentas digitais contribuíram para o Ensino de Genética, uma vez que em nenhuma das atividades desenvolvidas (discussão de artigos, debates, produção de textos argumentativos) a tecnologia era imprescindível. De acordo com Kenski, 2012, p.46:

Para que as TICs possam trazer alterações no processo educativo, no entanto, elas precisam ser compreendidas e incorporadas pedagogicamente. Isso significa que é preciso respeitar as especificidades do ensino e da própria tecnologia para poder garantir que o seu uso, realmente faça diferença. Não basta usar a televisão ou o computador, é preciso saber usar de forma pedagogicamente correta a tecnologia escolhida

Ou seja, a utilização de tecnologias em qualquer processo educacional precisa ter intencionalidade, pois, por mais que permitam o acesso a uma gama de informações, sozinhas, não são capazes de garantir a aprendizagem dos que a acessam (Duarte; Medeiros, 2020). Mediante a isso, torna-se evidente a importância do professor nesse processo e a necessidade de uma formação docente capaz de

explorar as potencialidades das TICs no processo de ensino e aprendizagem (Modelski; Giraffa; Casartelli, 2019).

#### **4.3 Aproximações com o Movimento CTSA**

Acerca da articulação dos trabalhos analisados com o movimento CTSA, foi possível verificar que nenhum dos três trabalhos analisados abordou explicitamente a temática, contudo, o T3 trouxe elementos que discutiam sobre os impactos e as transformações que o crescente avanço científico e tecnológico da Genética e Biotecnologia provocaram na sociedade.

Curiosamente, o T1 foi publicado nos anais do VIII ENEBIO na área temática “Ensino de Ciências e Biologia e Relações CTSA”, apesar disso, não apresentou elementos que articulassem as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente com o Ensino de Genética, tampouco justificou a relevância do aprendizado de Genética na contemporaneidade. O T2, cuja temática principal era o ensino remoto durante a Pandemia da COVID-19, também não trouxe nenhuma reflexão sobre as importantes contribuições do estudo da área, principalmente frente ao protagonismo que a genética e a biotecnologia tiveram durante o período pandêmico.

Diante da urgência que a temática desempenha na atualidade, a ausência de elementos que discutam as relações CTSA e o Ensino de Genética nos trabalhos analisados nos permitem refletir acerca da importância de uma maior contextualização dos conteúdos pautada na promoção de uma educação científica crítica e reflexiva que não somente garanta a aprendizagem de teorias e conceitos, mas também favoreça o exercício da cidadania. De acordo com Andrade, 2017, p.18:

As descobertas científicas trazem novas demandas ao ensino de genética. Com tantos temas trazidos à tona, não é mais viável que se exerça o ensino de genética apenas com a resolução de cálculos matemáticos e exercícios de herança mendeliana sem contextualização. Os alunos precisam posicionar-se frente a situações problema, entender os desdobramentos decorrentes de determinadas tomadas de decisão, etc. Em resumo, os alunos precisam pensar sobre os aspectos genéticos e suas aplicações, e não apenas memorizar seus conceitos e processos.

Por outro lado, o T3 chegou a discutir acerca da evidência que as temáticas em genética têm tomado na sociedade atual, principalmente em decorrência dos avanços biotecnológicos e ressaltou a importância do aprendizado dessa temática no entendimento dessas demandas atuais:

A Genética e seus termos vêm sendo disseminados por diferentes canais de comunicação numa crescente exponencial, seja para informar da rapidez com que o genoma do SARS-CoV-2 fora sequenciado em fevereiro de 2020, seja no debate sobre os tipos de vacinas contra o referido vírus, sequenciamento viral, novas variantes e possibilidades de tratamento. Tudo isso tornou-se notícia nos meios de telecomunicação do Brasil. Apesar disso, o entendimento de tal gama de informações que chega a todo momento para a população depende de conhecimento básico de Genética. É no presente contexto que está inserida a escola e o ensino de Genética que possibilita uma mediação desse processo de aprendizagem (Mendes, *et al.*, 2023, p.2).

Os autores ainda argumentam que:

A Genética perpassa temas atuais e de relevância, como transgênicos, terapia gênica, teste de paternidade, genética forense, entre outros, e por isso desperta a atenção dos alunos ao longo das aulas. Todavia, a não transposição didática, bem como a falta de contextualização e a adoção de diferentes modelos de estratégias didáticas resultam em desinteresse dos alunos (Mendes, *et al.*, 2023, p.2).

Verifica-se que, apesar de não discutir profundamente sobre a temática, nem comentar de maneira explícita sobre o Movimento CTSA, o T3 trouxe alguns elementos do Enfoque CTSA como a contextualização ao evidenciar que a genética é uma temática relevante na atualidade e que aprender os conceitos e termos dessa área apresenta grande relevância social.

Nesse sentido, todos trabalhos analisados, em maior ou menor grau, apresentam uma lacuna na articulação entre as relações que se estabelecem entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTSA) no Ensino de Genética. Tal fato ressalta a importância de uma maior incorporação do enfoque CTSA no contexto do Ensino de Genética para uma educação científica mais abrangente e contextualizada capaz de formar cidadãos aptos a compreender, questionar e refletir sobre os impactos sociais, éticos e tecnológicos decorrentes dos avanços na área da genética e da biotecnologia (Dos Anjos; Carbo, 2019). De acordo com Amorim, 1995, p.23:

Os objetivos do movimento centrado nas relações CTSA são a formação do cidadão e a expectativa de estabelecimento de um ensino de Biologia que capacite o aluno para a tomada de decisões e para o desenvolvimento de atitudes frente à Ciência e à Tecnologia, no plano do real e do concreto, ou seja na Sociedade.

Sob esta perspectiva, a inserção do Enfoque CTSA no Ensino de Genética se configura como um importante instrumento para contribuir com a formação de cidadãos capazes de participar ativamente em debates sociais, que analisem criticamente as

controvérsias éticas dos avanços genéticos para a tomada de decisão responsável frente a uma sociedade cada vez mais imersa em avanços científicos e tecnológicos.

#### 4.4 Reflexões construídas a partir da experiência

Essa última categoria foi criada com o objetivo de identificar nos trabalhos analisados quais contribuições a utilização das tecnologias digitais trouxe para o ensino e aprendizagem de genética assim como explorar os desafios, limitações e potencialidades que esses recursos tecnológicos trazem para o campo do ensino e aprendizagem da Biologia, uma vez que, de acordo com Levy, 2010, p.26:

Uma técnica não é nem boa e nem má (isto depende do contexto, dos usos e dos pontos de vista), tampouco neutra (já que é condicionante ou restritiva, já que de um lado abre e de outro fecha o espectro de possibilidades). Não se trata de avaliar seus impactos, mas de situar as irreversibilidades às quais um de seus usos nos levaria, de formular os projetos que explorariam as virtualidades que ela transporta e de decidir o que fazer dela.

Nesse sentido, buscou-se identificar nos trabalhos de que modo foi realizada a avaliação da aprendizagem dos estudantes, assim como as percepções do autor acerca do uso da TIC no processo de construção do conhecimento.

Para avaliar o impacto da utilização da TIC no aprendizado do conteúdo de genética de populações, os autores do T1 realizaram quatro atividades com os estudantes sobre os conceitos de frequência alélica e genotípica, deriva genética e equilíbrio de Hardy-Weinberg. Estes exercícios foram aplicados em dois momentos: inicialmente com a ajuda da plataforma de simulação destes conceitos e posteriormente sem a utilização do *software* “com o intuito de observar se o aprendizado do conteúdo havia ocorrido de maneira significativa (Macedo; Dutra; Andrade, 2021, p. 1078)”. Além disso, foi realizada uma prova escrita na qual a maioria dos estudantes (68,75%) obtiveram médias acima de 9,0 e todos os estudantes atingiram notas maiores que 6,0.

A partir destes resultados, os autores do T1 avaliaram que a experiência foi positiva e o *software* GPOP:

se mostrou como uma TIC que potencializou o processo de aprendizagem, pois facilitou o entendimento de conceitos genéticos, evolutivos e matemáticos, em que os alunos possuíam dificuldades de assimilação. O programa ajudou na compreensão e resolução dos cálculos e no entendimento de como ocorre a distribuição genotípica e alélica nas populações. Deste modo, o *software* possibilitou um momento de deixar de aprender apenas por textos e resolução de exercícios (Macedo; Dutra; Andrade, 2021, p.1080).

Os autores não relataram nenhuma dificuldade ou limitação do uso do recurso tecnológico. Como mencionado anteriormente, o T2 relatou a experiência vivenciada durante a adaptação ao ensino remoto na disciplina de Genética, portanto, para atender os objetivos desta pesquisa, considerou-se apenas a avaliação geral do autor acerca da utilização das TICs nesse processo de transição. Todavia, observou-se que, embora o papel das TICs na educação tenha sido discutido no trabalho, não foram mencionadas contribuições ou reflexões acerca da utilização desses recursos. Assim, ficou evidente o pouco protagonismo do uso das tecnologias neste trabalho.

Por fim, o T3, cuja estratégia didática utilizada foi o Ensino de Ciências por Investigação, utilizou uma questão problema que deveria ser respondida utilizando o simulador de bioinformática. A questão norteadora tratava sobre o vírus Sars-cov 2 e foi escolhida com o objetivo de promover uma maior contextualização e permitir que o estudante pudesse associar a temática com o seu cotidiano.

Verificou-se também que o T3 considerou não apenas a resposta final à questão problema mas também avaliou todo o processo que levou os estudantes a chegarem naquela resposta. Esse movimento permitiu ao realizar algumas observações, como a associação entre a temática e o cotidiano, a participação nos diálogos e debates promovidos, a argumentação dos estudantes e como esses fatores influenciaram na resposta final.

Ao comparar este método avaliativo com o do T1, observa-se que a avaliação escolhida pelo T3 possibilitou uma análise mais completa do desempenho dos estudantes além de fornecer dados importantes sobre a metodologia adotada. A avaliação é uma etapa de grande importância em qualquer processo educacional e sua escolha, construção e aplicação deve ser decidida com cautela a fim de ser coerente com os objetivos de ensino propostos pelo docente em seu planejamento curricular (Krasilchik, 2004).

Além disso, a plataforma digital para o ensino de Genética teve uma avaliação positiva para os estudantes que reportaram que a utilização da plataforma favoreceu a visualização prática de como essas ferramentas são utilizadas de fato e permitiu aos estudantes enxergar aplicabilidade no conteúdo de genética (Mendes *et al.*, 2023). Para os autores, a utilização da plataforma digital se deu de maneira satisfatória

principalmente na redução das abstrações dos conteúdos dessa área da Genética. Os autores ressaltam que uma análise prospectiva do uso rotineiro do *software* ao longo das aulas de Biologia seria capaz de fornecer um maior entendimento acerca dos impactos do uso dessa TIC no ensino de Genética.

As reflexões trazidas pelos autores ratificam as potenciais contribuições que a utilização das tecnologias trazem para o Ensino de Genética, mas trazem à tona a importância de um planejamento adequado, tanto na escolha do recurso quanto durante a verificação da aprendizagem dos estudantes. Além disso, a análise do T2 revela que nem sempre o uso de TICs traz algum impacto nos processos de ensino, visto que, mesmo se tratando do ensino remoto, as tecnologias não tiveram destaque nas experiências relatadas pelo trabalho.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste trabalho permitiu a análise das articulações entre o Ensino de Genética e as tecnologias digitais em dois importantes eventos para o ensino de Ciências e Biologia. A partir dos dados e reflexões aqui apresentadas, verificou-se que apesar da genética ser uma temática recorrente no ENPEC e no ENEBIO, sua articulação com as tecnologias digitais não acontece de maneira expressiva nestes dois eventos.

A complexidade e as abstrações dos conteúdos foram apontadas como o principal desafio na aprendizagem dos conteúdos de Genética e o uso das tecnologias como um importante facilitador para a diminuição dessa problemática.

Além disso, diante da relevância da Genética frente ao crescente desenvolvimento biotecnológico na sociedade atual, verifica-se a urgência em voltar o olhar para as relações que se estabelecem entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente as controvérsias éticas e científicas da área, uma vez que nenhum dos trabalhos aqui analisados abordaram tais questões com profundidade.

Diante disso, é possível concluir que as tecnologias digitais apresentam um grande potencial para a superação de um Ensino de Genética transmissivo e descontextualizado e apresenta contribuições significativas para alcançar a alfabetização científica e tecnológica para a construção de uma sociedade cientificamente engajada para a participação na tomada de decisões com responsabilidade social. Contudo, apesar de suas claras potencialidades e contribuições para uma maior compreensão dessas temáticas, fica clara a importância da capacitação docente em conhecer, planejar e adequar as metodologias de modo a explorar os recursos tecnológicos da melhor forma possível.

## 1. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Gabriela Barbosa de. O ensino de genética na formação superior: uma experiência de educação CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade). 2017. [129] f., il. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) — Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- AULER, D. Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências. Orientador: Demétrio Delizoicov. 2002. 248. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte. v.3, n.1, p. 122-134, jun. 2001.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vigo. v.5, n.2, p. 337-355, 2006.
- ALBUQUERQUE, Gabriela Girão de; SANTOS, Rafaela Ferreira dos; GIANNELLA, Taís Rabetti. Aprendizagem Baseada em Investigação integrada às Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação no Ensino de Ciências: uma revisão da literatura. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, p. 1-10, 2017.
- ALVES, Sandra Bevilaqua F.; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Biologia e ética: um estudo sobre a compreensão e atitudes de alunos do ensino médio frente ao tema genoma/DNA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 7, p. 12-23, 2005.
- BONIS, Marcos De; COSTA, Marco Antonio Ferreira da. Educação em biossegurança e bioética: articulação necessária em biotecnologia. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, p. 2107-2114, 2009.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.
- BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília, 1999.
- BRAUN, Rodrigo Ligabue; JUNQUEIRA, Dennis Maletich; VERLI, Hugo. Filogenia molecular. Bioinformática: da biologia à flexibilidade molecular. Cap. 5, p. 81-114, 2014.
- CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 21, 2002.

DANTAS, Maria Isabella Lemos. Uso de simuladores virtuais no ensino de biologia. 2023.

DA SILVA, Adeline G. Teixeira; ISOTANI, Seiji; DOS SANTOS JÚNIOR, Jário José. Genética no Ensino Médio: as mídias digitais e a compreensão de conteúdos abstratos.

DA SILVA, Wender Antônio; KALHIL, Josefina Barrera. Tecnologias digitais no ensino de ciências: reflexões e possibilidades na construção do conhecimento científico. **Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática**, v. 2, n. 1, p. 77-91, 2018.

DE AMORIM, Antonio Carlos Rodrigues. O ensino de Biologia e as relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade: O que dizem os professores e o currículo do Ensino Médio?. 1995. Tese de Doutorado.

DE BRITO, Kelly Mendes; SILVA, Júlia Naelly Machado; ALVARENGA, Elenice Monte. Abordagem sobre aprendizagem significativa: práticas pedagógicas no ensino de Genética para alunos do ensino médio. **Revista de Educación en Biología**, v. 24, n. 1, p. 119-133, 2021.

DE REZENDE CARDOSO, Livia; DE OLIVEIRA, Veridiana Santos. O uso das tecnologias da comunicação digital: desafios no ensino de genética mendeliana no ensino médio. *Informática na educação: teoria & prática*, v. 13, n. 1, 2010.

DE SÁ, Risonilta Germano Bezerra et al. Conceitos abstratos: um estudo no ensino da Biologia. **Revista da SBEnBio**, v. 3, p. 564, 2010.

DE SOUSA, Angélica Silva; DE OLIVEIRA, Guilherme Saramago; ALVES, Laís Hilário. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da FUCAMP*, v. 20, n. 43, 2021.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

DUARTE, Kamille Araújo; MEDEIROS, Laiana da Silva. Desafios dos docentes: as dificuldades da mediação pedagógica no ensino remoto emergencial. 2020.

DOS ANJOS, Mirian Silva; CARBO, Leandro. Enfoque CTS e a atuação de professores de ciências. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 4, n. 3, p. 35-57, 2019.

DOS SANTOS ARAÚJO, Maurício et al. A genética no contexto de sala de aula: dificuldades e desafios em uma escola pública de floriano-pi. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 9, n. 1, p. 19-30, 2018.

DOS SANTOS, José Rufino Silva; DE SOUZA, Brenda Thaise Cerqueira. A Utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Biologia: uma Revisão Bibliográfica/The Use of Information and Communication Technologies in Teaching Biology: a Bibliographic Review. ID on line. **Revista de psicologia**, v. 13, n. 45, p. 40-59, 2019.

DURÉ, Ravi Cajú; DE ANDRADE, Maria José Dias; ABÍLIO, Francisco José Pegado. Ensino de Biologia e Contextualização do Conteúdo: Quais Temas o Aluno de Ensino Médio Relaciona com o seu Cotidiano?. **Experiências em ensino de ciências**, v. 13, n. 1, p. 259-272, 2018.

FABRÍCIO, Maria de Fátima Lima et al. A compreensão das leis de Mendel por alunos de biologia na educação básica e na licenciatura. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 1, p. 59-72, 2006.

FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. As pesquisas denominadas "estado da arte". **Educação & sociedade**, v. 23, p. 257-272, 2002.

FERST, E. M. A abordagem CTS no ensino de ciências naturais: possibilidades de inserção nos anos iniciais do ensino fundamental. **Revista EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 276 - 299, 2013.

FLÔRES, ALZD; COUTINHO, Cadidja. Uma investigação sobre as possibilidades de Ensino de Genética de Populações no Ensino Médio. 2017.

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

Freire, P. Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GIANOTTO, D. E. P. Possibilidades, contribuições e desafios das ferramentas da informática no ensino das Ciências. Curitiba: CRV, 2016.

GUERRA, Luan Mesquita; GHIDINI, André Ricardo; DA ROSA, José Victor Acioli. A BNCC E O ENSINO DE CIÊNCIAS: OPORTUNIDADES E LIMITAÇÕES. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 9, n. 3, p. e21078-e21078, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2016. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2014. IBGE. Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso à internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2013. IBGE. Coordenação de Trabalho e Rendimento. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

KENSKI, V. M. Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação. 8ª ed. Campinas, SP: Papirus, 2012.

KRASILCHIK, Myriam. Prática de ensino de biologia. Edusp, 2004.

LEAL, Maria Cristina; GOUVÊA, Guaracira. Narrativa, mito, ciência e tecnologia: o ensino de ciências na escola e no museu. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 2, p. 05-33, 2000.

LEITE, Werlayne Stuart Soares; RIBEIRO, Carlos Augusto do Nascimento. A inclusão das TICs na educação brasileira: problemas e desafios. 2012.

LÉVY, Pierre. As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática. Editora 34, 2010.

LORENZETTI, Leonir; DELIZOICOV, Demétrio. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 3, n. 3, p. 37-50, jun. 2001.

LORETO, EL da S.; SEPEL, Lenira MN. Formação continuada de professores de biologia do ensino médio: atualização em Genética e Biologia Molecular. Programa de Incentivo à Formação Continuada de Professores do Ensino Médio-Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

MARTINEZ, Emanuel Ricardo Monteiro et al. Show de genética: um jogo interativo para o ensino de genética. **Genética na escola**, v. 3, n. 2, p. 24-27, 2008.

MODELSKI, Daiane; GIRAFFA, Lúcia MM; CASARTELLI, Alam de Oliveira. Tecnologias digitais, formação docente e práticas pedagógicas. **Educação e Pesquisa**, v. 45, 2019.

MORIN, Edgar. A cabeça bem-feita. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v. 99, 2000.

PAIVA, Jacinta; MORAIS, Carla; PAIVA, João. Referências importantes para a inclusão coerente das TIC na educação numa sociedade sistêmica. **Educação, Formação e Tecnologias**, v. 3, n. 02, p. 05-17, 2010.

PEREIRA, Bernadete Terezinha; FREITAS, Maria do Carmo D. O uso das tecnologias da informação e comunicação na prática pedagógica da escola. Universidade Federal do Paraná, p. 1381-8, 2009.

PINHÃO, Francine; MARTINS, Isabel. Cidadania e ensino de ciências: questões para o debate. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 18, p. 9-29, 2016.

RIBEIRO, Renato Antônio; DA SILVA SANTOS, Rodrigo. O processo de formação de professores de Biologia e a interferência das tecnologias e mídias no ensino de Genética e Biologia Molecular. **Scire Salutis**, v. 3, n. 1, p. 49-61, 2013.

ROMANOWSKI, Joana Paulin; ENS, Romilda Teodora. As pesquisas denominadas do tipo Estado da Arte em educação. **Revista diálogo educacional**, v. 6, n. 19, p. 37-50, 2006.

SILVA, Virginia Roters da; LORENZETTI, Leonir. A alfabetização científica nos anos iniciais: os indicadores evidenciados por meio de uma sequência didática. **Educação e Pesquisa**, v. 46, p. e222995, 2020.