

## Ensino de genética na educação básica: uma revisão sistemática sobre o tema

Teaching genetics in basic education: a systematic review on the topic

Priscilla Guimarães Zanella Diniz<sup>1</sup>, Marcelo Diniz Monteiro de Barros<sup>2</sup>,  
Tania Cremonini de Araújo-Jorge<sup>3</sup>

**RESUMO:** O ensino de genética tem sido objeto de estudos que envolvem aspectos curriculares e didáticos. Apesar da sua importância, atrelada principalmente ao fato de ser uma área interdisciplinar com grande evidência na mídia, a genética é considerada um campo de dificuldade no ensino de ciências e biologia. Ela conta com variadas estratégias para seu ensino, inclusive, a utilização de modelos e outros recursos visuais. Esse trabalho objetivou analisar formas de abordagem didática de genética e sua vinculação com a utilização/presença de recursos visuais propostos para o ensino fundamental e médio, através de uma revisão sistemática na literatura especializada. Foi utilizada como critério a busca pelas palavras-chave “ensino de genética” e “educação básica” e o marco temporal de 2019. A investigação envolveu a análise de trabalhos publicados em revistas de pesquisa em ensino de ciências. As análises mostraram que o ensino de genética tem sua relevância principalmente ligada ao fato de ser uma área interdisciplinar da Biologia e com frequente divulgação pela mídia. Mostrou, ainda, que nas abordagens propostas predominam estratégias que utilizam recursos visuais, devido ao fato da genética ser composta de muitos conceitos abstratos e estudo de estruturas microscópicas. Além disso, recursos para contextualização e abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) também foram utilizados. O estudo sugere que, apesar de um extenso número de materiais, mais pesquisas podem ser realizadas, principalmente no âmbito do ensino fundamental, visando o aprimoramento da prática docente e a aprendizagem deste conteúdo.

**PALAVRAS-CHAVE:** ensino de genética; educação básica; recursos visuais e ensino.

**ABSTRACT:** The teaching of genetics has been the subject of studies involving curricular and didactic aspects. Despite its importance, linked mainly to the fact that it is an interdisciplinary area with great media coverage, genetics is considered a difficult area in teaching science and biology. It has a variety of teaching strategies, including the use of models and other visual resources. This work aimed to analyze forms of didactic approaches to genetics and their connection with the use/presence of visual resources proposed for primary and secondary education, through a systematic review of specialized literature. It was used as criteria the search for the keywords “genetic teaching” and “basic education” and the time frame of 2019. The investigation involved

1 Colégio Santa Doroteia de Belo Horizonte, Professora, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5463-0070>, E-mail: [priscillagzanella@gmail.com](mailto:priscillagzanella@gmail.com).

2 Universidade do Estado de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Professor Nível VI. Bolsista de Produtividade em Pesquisa pela Universidade do Estado de Minas Gerais. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Departamento de Ciências Biológicas, Professor Adjunto. Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde do Instituto Oswaldo Cruz – Fiocruz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4420-5406>, E-mail: [marcelodiniz@pucminas.br](mailto:marcelodiniz@pucminas.br).

3 Pesquisadora Titular em Saúde Pública, Laboratório de Inovações em Terapias, Ensino e Bioprodutos, Instituto Oswaldo Cruz – Diretora do Instituto Oswaldo Cruz – Fundação Oswaldo Cruz – Ministério da Saúde, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8233-5845>, E-mail: [taniaaj@ioc.fiocruz.br](mailto:taniaaj@ioc.fiocruz.br).

the analysis of works published in science teaching research journals. The analyzes showed that the teaching of genetics has its relevance mainly linked to the fact that it is an interdisciplinary area of Biology and with high coverage in the media. They also showed that in the proposed approaches the use of strategies that use visual resources predominates, due to the fact that genetics is composed of many abstract concepts and the study of microscopic structures. In addition, resources for contextualization and the CTS approach were also used. The study suggests that, despite an extensive number of materials, more research can be carried out, mainly in the context of elementary education, aiming to improve teaching practice and learning this content.

**KEYWORDS:** teaching genetics; basic education; visual resources and teaching.

## INTRODUÇÃO

Entre os conteúdos ensinados nos Ensinos Fundamental e Médio, a Genética é considerada fundamental para a compreensão dos principais temas em Ciências Naturais, permeando botânica, zoologia, evolução, embriologia, ecologia, etc. Os processos de transcrição, tradução, replicação e mutação, principais mecanismos genéticos, pertencentes à área de Biologia e Genética, apesar de relativamente básicos para a compreensão dos conhecimentos atuais, - transgênicos, hereditariedade, clonagem, CRISPR e recombinação - tramitam entre os conteúdos mais desconexos para os alunos, que costumam não relacionar todos esses nomes à vida cotidiana (MORAES, 2023).

O ensino de genética, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), também permite ao estudante explorar os avanços e processos científicos e tecnológicos relacionados às aplicações acerca do conhecimento dessa temática na sociedade, e os impactos políticos, éticos e econômicos que acarretam. A compreensão desse conteúdo gera debates fundamentados que promovem a equidade e o respeito à diversidade humana (BRASIL, 2017).

Segundo Camargo e Infante-Malachias (2007), o conteúdo de genética desperta o interesse dos alunos, e os processos investigativos e questionadores desencadeados durante o ensino e aprendizagem devem ser expandidos para as diversas áreas do conhecimento, interligando o conteúdo com a realidade.

As dificuldades existentes no ensino dos conteúdos abstratos, como genética e bioquímica, são do conhecimento e do cotidiano dos professores. Além de serem áreas de natureza interdisciplinar, ou seja, envolver tanto a química, biologia, matemática e outras disciplinas afins, os estudantes necessitam interconectar um conhecimento de conceitos e vocábulos das disciplinas já citadas, reações e estruturas químicas e biológicas (ARAUJO, 2022).

A metodologia utilizada por grande parte dos professores nas escolas brasileiras dificulta ainda mais o estabelecimento do interesse dos alunos. De acordo com Libaneo (2001), o papel do professor baseia-se na exposição de informações e o aluno é apenas receptor e replicador dessas, e

nesse teórico processo de absorção de informações o interesse do aluno não é levado em consideração. A esse método denomina-se, de forma geral, tendência liberal tradicional, ou, mais popularmente no Brasil, metodologia tradicional.

Mirzoeva (2023) apresentou informações sobre métodos eficazes de ensino de genética, destacando-se as estratégias de ensino baseadas na pesquisa educacional e nos princípios da aprendizagem ativa e da engenharia reversa. O mesmo autor destaca que é fundamental dar maior atenção à prática da genética como ciência e que será necessário utilizar novos métodos de avaliação para o desempenho dos alunos.

Kim et al. (2022) destacam que muitos conceitos biológicos, especialmente aqueles associados aos genes, podem ser ensinados de forma equivocada se forem mediados apenas a partir dos livros didáticos e que o ensino realizado unicamente pelos livros didáticos pode caracterizar uma das causas do déficit de aprendizagem dos alunos.

Múltiplas são as alternativas possíveis para a educação em genética. Uma das áreas que mais tem crescido no viés das pesquisas de abordagem qualitativa é a educação em aconselhamento genético, a ponto de alguns autores recomendarem, inclusive, o aconselhamento genético como disciplina acadêmica (WAINSTEIN, ELLIOTT, AUSTIN, 2023).

Agyei (2022) realizou um estudo separando estudantes em dois grupos, de forma que um ficasse com o ensino tradicional (grupo controle) e outro fosse ensinado com abordagens de práticas educativas contextualizadas. Os resultados da pesquisa indicaram que os alunos do grupo experimental apreciaram as abordagens de ensino adotadas, enquanto o grupo controle não gostou do método de ensino adotado. Recomenda-se que os professores de biologia que ensinam genética utilizem uma abordagem de ensino contextualizada, uma vez que esta tem sido eficaz na melhoria do desempenho dos alunos em genética.

Um estudo de revisão indicou que os laboratórios virtuais são frequentemente utilizados em tópicos que parecem abstratos, como aqueles associados à biologia molecular e genética. O referido estudo de revisão revelou que os laboratórios virtuais são eficazes porque melhoram a compreensão conceitual, as competências laboratoriais ou práticas dos alunos, bem como a motivação e as atitudes em relação à biologia. Assim, os autores recomendam o uso de laboratórios virtuais no ensino como forma de envolver ativamente os alunos em investigações científicas mais seguras e com melhor relação custo-benefício (BYUKUSENGE; NSANGANWIMANA; TARMO, 2022).

Em uma sociedade como a nossa, que ainda carrega inúmeros preconceitos, o ensino de genética pode promover a mediação de conhecimentos de grande relevância e que podem auxiliar na diminuição dos estigmas e dos estereótipos que infelizmente ainda se mantêm, de maneira estrutural, em território brasileiro. O essencialismo genético, por exemplo, é uma forma de preconceito que é utilizado para racionalizar a desigualdade. Se os docentes promovem, durante as

aulas que lecionam, a mediação do conhecimento de forma a reduzir as crenças no essencialismo genético, poderão, progressivamente, fortalecer um ensino para a tolerância e para a diversidade (DONOVAN, 2022).

Ristante, Kristiani e Lisanti (2022) realizaram um estudo na Indonésia sobre o modelo de aprendizagem FC-DGBL (Flipped Classroom – Digital game based learning) na compreensão conceitual da Genética por alunos do Ensino Médio. Os resultados da pesquisa registram que FC-DGBL se constituiu em um bom projeto de aprendizagem para o aprendizado de genética em programas de aprendizagem bilíngues, fortalecendo a ideia de que a educação em genética também demanda um processo de aprendizagem ancorado em tecnologias.

Esse trabalho objetivou analisar formas de abordagem didática de genética, verificando sua importância no ensino, as principais dificuldades encontradas por docentes e discentes, além da vinculação dessa área de ensino com a utilização/presença de recursos visuais propostos para o ensino fundamental e médio.

## **METODOLOGIA**

Foi realizada uma revisão bibliográfica a respeito do ensino de genética na educação básica. Essa pesquisa foi feita através de busca eletrônica nas bases de dados disponibilizadas no Google Acadêmico.

Segundo Fonseca (2002), a pesquisa bibliográfica procura referências teóricas publicadas com o objetivo de recolher informações ou conhecimentos prévios sobre o problema a respeito do qual se procura a resposta. Sendo assim, para Marconi e Lakatos (2021), a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras.

Este estudo foi realizado com uma abordagem qualitativa e investigativa, a fim de ler e reunir informações de trabalhos neste campo científico.

A primeira etapa da análise consistiu em buscar na plataforma “Google Acadêmico” publicações a partir das palavras chaves “ensino de genética” e “educação básica”. A partir dessa busca, foi realizada uma leitura flutuante do material para identificar a adequação aos termos buscados. Definiram-se como critérios de inclusão os artigos publicados entre os períodos de 2019 a 09/2023, disponíveis integralmente.

Os critérios de exclusão foram: dissertações, teses, capítulos de dissertações, livros, capítulos de livros, relatórios anuais de conferências ou congressos, relatórios técnico-científicos, documentos ministeriais, resumos e artigos que não abranjam a matéria solicitada ou o nível de

educação (ensino fundamental e médio), assim como publicações fora dos prazos estabelecidos e as que não foram integralmente acessíveis.

A segunda etapa da análise compreendeu uma exploração do material, que foi registrado e enumerado conforme o seu contexto. Foi utilizado um procedimento de fichamento de cada obra pesquisada. Para a análise, foram elencados alguns pontos de observação, tais como:

- Como o artigo justifica a importância do ensino de genética?
- O artigo traz em sua introdução ou revisão pontos de dificuldade do ensino de genética?
- O artigo descreve um tipo de estratégia? Se sim, qual?
- Para qual segmento da educação básica a proposta do artigo se aplica ou faz referência?
- A pesquisa envolve docentes? Discentes? Análise de materiais?
- Quais aspectos relacionados à abordagem dos recursos visuais (como imagens) no ensino de genética estão inseridos?

A última etapa consiste na tratativa dos dados obtidos através das etapas anteriores. Logo após os dados foram interpretados para a discussão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram exibidos 863 resultados na busca no Google Acadêmico, quando selecionadas as palavras-chave “ensino de genética” e “educação básica”, com marcador temporal a partir de 2019.

Após a utilização dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 58 artigos para fichamento, leitura e análise. Um dos artigos está publicado em duas revistas diferentes. Foi considerada para análise apenas uma das versões.

Os artigos foram analisados segundo os pontos de observação elencados na metodologia e os resultados estão apresentados abaixo nas categorias criadas.

### 1- RELEVÂNCIA, SEGUNDO OS AUTORES, DO ENSINO DE GENÉTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

No universo de artigos analisados, 48 trazem em seu conteúdo aspectos que justificam a relevância do ensino de genética na educação básica.

Dentre os principais motivos que justificam o ensino de genética na educação básica está a divulgação crescente pela mídia, citada em 32 artigos analisados. No artigo de Matta e colaboradores (2020), os resultados satisfatórios obtidos na pesquisa com estudantes do ensino médio foram atrelados à influência da mídia sobre os conteúdos de genética. O ensino de Genética é uma área que envolve diferentes públicos, desde estudantes do ensino fundamental e médio até estudantes de

graduação e pós-graduação. Esta curiosidade pode ser associada ao fato desta área da Biologia estar com frequência na mídia e enfatizar assuntos relativamente interessantes para os estudantes, como por exemplo, fecundação *in vitro*, desenvolvimento de células tronco, organismos transgênicos, clonagem de organismos e outros (VESTENA; SEPEL; LORETO, 2015).

Segundo Casagrande (2006), a mídia enfoca com regularidade alguns saberes relacionados aos avanços da genética e, proporcionalmente, às perspectivas de aplicabilidade prática. Por essa razão, a escola tem um papel preponderante em promover a compreensão das informações veiculadas no cotidiano das pessoas, tornando-as capazes de discutir, refletir e posicionar-se frente às muitas vertentes que englobam esses temas. Porém, segundo Justina e Rippel (2003), esses avanços tecnológicos e científicos constantemente divulgados pelas mídias, fazem com que os professores de Biologia estejam em constante atualização para abordá-los de uma forma compreensível, melhorando a formação do conhecimento pelos estudantes. Temp e Bartholomei (2018) salientam, ainda, que os estudantes trazem concepções advindas da mídia com perspectivas muitas vezes deturpadas, atrapalhando o aprendizado. Essa constatação é corroborada por Silva e colaboradores (2021) que afirmam ser imprescindível que tais assuntos sejam abordados, no espaço escolar, na educação formal, como também que os professores de ciências e biologia da educação básica estejam atentos e atualizados em relação a estes avanços e os apresentem aos estudantes, principalmente pelo fato da mídia apresentar certa dificuldade sobre a forma correta de abordar e explicitar tais conteúdos aos telespectadores.

Atrelado ao fato da ampla divulgação pela mídia, outro fator bastante contemplado como justificativa para o ensino de genética foi a capacidade de desenvolver o pensamento crítico, principalmente frente a temas polêmicos e de contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e menos preconceituosos. Com base em observações como as realizadas por Nascimento e Alvetti (2006) e por Montalvão Neto (2016), partimos do pressuposto de que compreender as questões relativas à Biologia Moderna possibilita a tomada de decisões e, conseqüentemente, pode viabilizar a existência de um processo emancipatório dos sujeitos mediante questões científicas e tecnológicas. Desse modo, o ensino de Genética deve propiciar aos alunos o desenvolvimento do pensamento crítico, a capacidade de tomar posição e ter embasamento para opinar sobre temas polêmicos (BRANCO; CASTRO; SILVA, 2019). Silva e colaboradores (2019) atribuem a relevância da genética na formação de cidadãos críticos. Lopes e colaboradores (2020) acrescentam o desenvolvimento da capacidade de se posicionar e opinar sobre temas polêmicos como clonagem, transgênicos e reprodução assistida. A compreensão do conteúdo de genética favorece o entendimento do mundo, dos limites e possibilidades da Ciência e ainda sobre o papel do homem na sociedade na qual encontra-se inserido (SILVA; CABRAL; CASTRO, 2019). Freitas e Sepel (2023) afirmam que o currículo de Ciências pode auxiliar na desconstrução de ideias

preconceituosas, mobilizando conhecimentos de Genética e Evolução para desconstruir a existência de raças na nossa espécie sob o ponto de vista biológico. Ela deve permitir também o uso dos conhecimentos aprendidos no cotidiano, além do entendimento dos princípios básicos da hereditariedade para que saibam como são transmitidas as características, compreendendo melhor a biodiversidade (HERMANN; ARAÚJO, 2013).

A Genética também foi considerada relevante para o ensino de Ciências por seu caráter interdisciplinar que, segundo Rezende e Gomes (2018), devem ser trabalhadas de maneira significativa pelos docentes, para que os estudantes consigam correlacionar diversos conceitos. Com isso, a importância em compreender genética reside em que, na hierarquia dos fenômenos biológicos, ela [a genética] atua em um nível que permite fazer a ponte entre aquelas disciplinas da Biologia que se ocupam de organismos plenos, como os sistemas e a maior parte da Biologia evolucionária, e aquelas que tratam puramente de fenômenos moleculares. Dessa forma, ela contribui para a unificação da Biologia, justamente por ter mostrado que os processos genéticos, nos animais e nas plantas, são exatamente os mesmos. Mais importante ainda, a genética ajudou a resolver os problemas relativos aos mecanismos da evolução e do desenvolvimento (MAYR, 1998). Além disso, ela é capaz de trazer à tona questões éticas, sociais, tecnológicas, políticas e econômicas incorporadas na aplicação do conhecimento científico e na possibilidade que esta temática oferece, de refletir sobre a relação presente entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (BRASIL, 1998; MOURA et al., 2013; TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2014).

Outros fatores de relevância para o ensino de genética na educação básica mencionados no foram: a vinculação com a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade; ter relação com habilidades descritas na Base Nacional Comum Curricular e cobrança em vestibulares, ENEM e concursos; ser contextualizada; e contribuir para a alfabetização científica. Entende-se que a abordagem da Genética na sala de aula é essencial para a compreensão de discussões demandadas pela sociedade e das novas tecnologias propiciadas pelo desenvolvimento dessa área, pois estão contempladas nas competências e habilidades de aprendizagens na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (SILVA, 2022). Seu estudo traz discussões associadas aos aspectos éticos relacionados na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, chamando para debate as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (BRASIL, 2002). Nesse sentido, o ensino da Genética na Educação Básica torna-se fundamental para que os alunos possam perceber e compreender que os conceitos genéticos estão relacionados ao cotidiano, o que implica no entendimento do papel social da ciência e tecnologia na sociedade.

Assim, considera-se que o ensino de genética e biologia molecular básica é de extrema importância e parte relevante da alfabetização científica da população (VILELA, 2007; ROCHA, 2013; PAVEZI, CARVALHO, 2014).

## 2- PONTOS DE DIFICULDADE NO ENSINO DE GENÉTICA

Resinentti e colaboradores (2021) afirmam que, apesar dos conhecimentos básicos sobre genética serem considerados de alta relevância para o letramento científico da população, os dados revelam o quanto esses conhecimentos são pouco dominados por grande parte dos alunos concluintes e, provavelmente, pela população adulta. E indicam que, como a literatura de ensino de ciências aponta (BELMIRO e BARROS, 2017; JUSTINA e RIPPEL, 2003), a aprendizagem dos conceitos básicos da genética, tanto mendeliana quanto molecular, apresenta grandes dificuldades.

É consenso que o ensino de genética enfrenta adversidades e, em 50 artigos analisados, muitas delas foram mencionadas como justificativa para pesquisas com a finalidade de conhecer as dificuldades ou com o desenvolvimento de estratégias didáticas com o objetivo de minimizar os entraves. Neste tópico serão abordadas as principais dificuldades mencionadas ao longo dos trabalhos analisados.

Lovato, Loreto e Sepel (2022) afirmam que a Genética é percebida, de forma geral, pelos estudantes como um dos assuntos mais difíceis de serem entendidos entre os conteúdos científicos e que essas dificuldades de compreensão surgem da própria natureza dos conceitos, como por exemplo, ‘DNA’, ‘proteína’ ou ‘gene’, que não fazem parte do cotidiano dos alunos. Essa complexidade dos termos também é percebida por Sousa e colaboradores (2022), que relatam que em trabalhos realizados com a comunidade de professores e alunos de escolas públicas e universidades, no que se referem ao ensino-aprendizagem de genética, é recorrente encontrar dificuldades de aprendizagem relacionadas com a complexidade dos termos utilizados.

Além de complexos, o estudo de genética também exige capacidade de abstração. Silva e colaboradores (2020) afirmam que as representações da área da genética perpassam os níveis macroscópicos, microscópico e simbólico, o que requer abstração por parte dos aprendizes. Neto (2021) também relaciona a dificuldade do conteúdo de genética ao seu grau de abstração e complexidade.

Diante das análises realizadas por Mendes e Oliveira (2022), foi notória a percepção de que muitos dos alunos até compreendem as terminologias, mas não conseguem aplicá-las nem fazer relação com outras áreas, o que dentro do aprendizado de Genética é essencial. Portanto, uma sugestão dada pelas autoras seria um ensino com maior contextualização utilizando diferentes recursos metodológicos para uma maior aproximação dos estudantes, reestruturação dos livros didáticos e currículos e, por último, que utilizasse os conteúdos estruturantes com o objetivo de auxiliar na construção de uma significação dos aprendizados.

Sobre a contextualização sugerida, Rezende e Gomes (2018) também percebem que as práticas pedagógicas adotadas no ensino de Genética constituem-se basicamente de teoria com

pouca contextualização, e Carneiro e colaboradores (2020) corroboram que o ensino de Biologia muitas vezes é realizado em uma abordagem conteudista e descontextualizada, o que pode dificultar a aprendizagem de conceitos científicos como também a formação de uma visão mais ampla da Ciência.

Além disso, alguns trabalhos também destacam outros aspectos como entraves para o ensino de genética. Rocha e colaboradores (2021) relatam que, entre as dificuldades do ensino de genética mais diretamente relacionadas ao processo de ensino aprendizagem, pode-se destacar a formação dos professores. De acordo com Paiva e Martins (2005), os conceitos de genética são apresentados de forma distorcida até mesmo no nível universitário, o que dificulta a formação desses profissionais. Além disso, tendo em vista a rapidez com que ocorre o desenvolvimento da Genética, muitos termos e tecnologias não estavam presentes na formação inicial dos professores. Silva e colaboradores (2019), ao realizarem pesquisa com professores de ciências e biologia, também vincularam, as dificuldades para o ensino de Genética à precarização da formação docente, feita muitas vezes de forma obsoleta e descontinuada; baixos salários e excessiva carga horária dos profissionais da educação, dificuldade de atualização, dentre outros fatores. Essas deficiências acabam por declinar a qualidade do ensino, que se configura como a principal responsável pela formação científica da maior parte da população brasileira (KRASILCHIK, 2005).

Paula e Ferreira (2023) afirmam que os maiores desafios relatados pelos professores se encontram, portanto, em associar os conceitos genéticos com os temas atuais de forma que os estudantes se apropriem da linguagem científica, e não decorem termos e memorizem conceitos apenas para avaliações corriqueiras das escolas. Segundo Teles, Souza e Dias (2020), uma vez feita a escolha pelo método de memorização, os alunos se distanciam de uma aprendizagem que lhes possibilite a aquisição e o domínio de conhecimentos necessários para a compreensão do mundo, dos limites e das possibilidades da ciência e do papel do homem na sociedade na qual está inserido.

### 3- APLICABILIDADE DA PROPOSTA DO ARTIGO EM SEGMENTO ESPECÍFICO DA EDUCAÇÃO BÁSICA, PÚBLICO-ALVO E ANÁLISE DE MATERIAIS

Neste tópico de análise, foi possível identificar que 46 materiais foram realizados com estudantes ou destinados a esse público, sendo 39 com estudantes do ensino médio, 6 com estudantes do ensino fundamental e um artigo que contou com a participação de estudantes do ensino fundamental e médio.

Dos 11 artigos que foram escritos com base em pesquisas realizadas com professores, 9 foram feitos apenas com professores de Biologia do ensino médio e 2 tiveram a participação de professores de Ciências do ensino fundamental e Biologia do ensino médio.

Analisando tanto as pesquisas com alunos, quanto as com professores, pode-se perceber que as pesquisas sobre o ensino de genética são mais presentes no segmento do ensino médio. Pode-se atribuir isso ao fato dos Parâmetros Curriculares, que são documentos/diretrizes que compunham, de forma majoritária, a educação nacional até o ano de 2017, afirmarem que o estudo aprofundado dos mecanismos de diferenciação genética não se faz necessário no ensino fundamental, mas que os estudantes poderiam ser incentivados a perceber a grande variabilidade das populações e a atuação da seleção natural em casos específicos, mesmo que hipotéticos (BRASIL, 1998). Já a BNCC, documento normativo que define o conjunto de aprendizagens essenciais que os alunos devem desenvolver ao longo da educação básica e que foi homologado em 2017 e 2018, diferencia a abordagem da genética ao longo da educação básica.

A BNCC contempla habilidades para o 9º ano do ensino fundamental relacionadas aos mecanismos de hereditariedade, a saber:

(EF09CI08) Associar os gametas à transmissão das características hereditárias, estabelecendo relações entre ancestrais e descendentes. (EF09CI09). Discutir as ideias de Mendel sobre hereditariedade (fatores hereditários, segregação, gametas, fecundação), considerando-as para resolver problemas envolvendo a transmissão de características hereditárias em diferentes organismos (BRASIL, 2017, p.351).

Apesar de iniciar o estudo da genética no ensino fundamental, este ganha mais complexidade no ensino médio. A competência específica 2 da área de ciências da natureza “Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis”, mobiliza, dentre outros, conhecimentos relacionados à reprodução e hereditariedade e genética mendeliana e não mendeliana.

Além das pesquisas com público alvo definido, em 4 dos materiais analisados foram realizadas pesquisas em livros didáticos, todas focadas no segmento do ensino médio.

As pesquisas sobre o livro didático obtiveram grande crescimento nos anos 1990 e 2000, incorporando aportes da história do currículo e das disciplinas escolares, da história cultural e da história do livro e da leitura. Organizaram-se centros e grupos de pesquisa; promoveram-se projetos e eventos sobre o tema, nos âmbitos brasileiro e internacional (MUNAKATA, 2012). A partir daí continuaram-se os estudos em livros didáticos, afinal a realidade da maioria das escolas mostra que o livro didático tem sido praticamente o único instrumento de apoio do professor e que se constitui numa importante fonte de estudo e pesquisa para os estudantes (FRISON et al., 2009).

A pesquisa Cola e Souza (2020) demonstra que o professor não dispõe de estratégias didáticas diferenciadas que poderiam contribuir para o ensino de Genética, sendo o livro didático uma das ferramentas mais utilizadas nas escolas para o repasse deste conteúdo. Neste sentido, um dos problemas que interferem no aprendizado da genética é a abordagem feita pelos autores nos livros didáticos que, na maioria das vezes, não são claras, didáticas e nem conseguem acompanhar as atualizações do ensino. Além disso, muitas vezes, são identificados erros e/ou fragilidade conceitual (QUARESMA et al. 2022).

#### 4- ESTRATÉGIA(S) DIDÁTICA(S) PROPOSTA(S) OU ANALISADA(S)

Foram encontradas 11 estratégias didáticas diferentes que foram propostas ou analisadas pelos autores dos artigos selecionados. Essas estratégias estão descritas na tabela 1. É importante ressaltar que alguns artigos se dedicaram a mais de uma estratégia didática e que 6 artigos não mencionaram nenhuma estratégia didática para o ensino de genética na educação básica.

Tabela 1– Estratégias didáticas encontradas nos artigos analisados

Estratégia didática	Quantidade de vezes que a estratégia apareceu nos artigos analisados
Aula prática/ Atividade investigativa	17
Jogos	16
Modelos	13
Filmes/Vídeos/Documentários	8
Situações-problema/ Estudos de caso	4
Divulgação científica	3
Mapa conceitual	2
História em quadrinhos	2
História da ciência	2
Ambiente virtual de aprendizagem	1
Música	1

Fonte: elaborada pelos autores.

As aulas práticas, que apareceram em 17 dos materiais analisados são, em sua maioria, relacionadas à extração e visualização macroscópica da molécula de DNA. Essa extração foi realizada de diferentes frutos: tomates, morangos, kiwi ou banana, com técnicas semelhantes que permitiam aos alunos observarem o emaranhado de moléculas que compõem o DNA daquele vegetal. Dessa forma Krasilchik (2004) comenta que as aulas práticas têm como principais funções levar o aluno a despertar o interesse pelas aulas envolvendo os mesmos na investigação científica, desenvolvendo a

capacidade de resolver problemas e entender os conceitos básicos, aumentando as habilidades dos mesmos.

De acordo com Gasparin (2002), as atividades experimentais, sejam elas de manipulação de material ou demonstrativa, também representam importante estratégia de ensino. Para a realização dessas atividades não é preciso um aparato experimental sofisticado, mas a organização, discussão e análise de procedimentos que possibilitem a interação com fenômenos biológicos, a troca de informações entre os grupos que participam da aula e, portanto, a emergência de novas interpretações.

Em relação à utilização de jogos didáticos, Bernardo e colaboradores (2023), ao utilizarem um jogo didático para ensinar genética, perceberam que a atividade desenvolvida auxiliou no processo de ensino-aprendizagem de forma significativa, permitindo aos professores um meio de revisar conteúdos teóricos e abstratos com seus alunos e propiciando uma maior participação e entendimento por parte dos alunos. Tanto os alunos quanto os avaliadores relataram respostas positivas em relação à implementação desta prática na sala de aula e, conseqüentemente, aos conteúdos abordados e ao conhecimento promovido.

Savi e Ulbricht (2008) reforçam que a aplicação de jogos educacionais é importante pois os mesmos apresentam aos jogadores uma grande variedade de conteúdo, desafios complexos e diferentes que possibilitam a internalização dos saberes abordados, estimulam o trabalho em grupo permitindo a construção de conhecimento coletivo e, além disso, ao permitir que o estudante explore diversas possibilidades para se chegar a uma solução correta, possibilita que o errar e tentar novamente, torne o ambiente de aprendizagem mais acolhedor e o processo de aprendizagem menos mecânico e estressante.

Modelos didáticos são muito utilizados no ensino de genética, principalmente, pelo fato de empregar conceitos bastante abstratos e trabalhar com aspectos e estruturas microscópicas (ORLANDO et al. 2009). Cavalcanti e Landell (2021) salientam que o uso de modelos didáticos vem complementar as aulas que corriqueiramente são vistas como tradicionais, possibilitando uma mudança de postura dos estudantes e professor, e que a partir da interação realizada intencionalmente com o uso dos modelos didáticos, o professor amplia o leque de possibilidades de ensinar e aprender.

Em um dos trabalhos analisados, Silva e Silva (2020) verificaram que os estudantes, ao realizarem suas elaborações e discussões, puderam visualizar e compreender as relações existentes entre os conceitos básicos que cercam a transmissão de informações genéticas. Desse modo, verificou-se que, com a utilização das representações didáticas propostas, ocorreu o aumento de acertos nas questões em relação ao primeiro teste realizado. A partir da representação didática proposta se tornou possível verificar que os estudantes apresentaram maior autonomia para esclarecer os conceitos de alelos dominantes, recessivos, heterozigotos e homozigotos. As

explicações provêm da visualização e percepção desses conceitos através do uso dos modelos para construir as representações didáticas.

Em outro trabalho analisado, Silva e colaboradores (2023) verificaram que, com a construção de modelos, os alunos conseguiram visualizar de forma lúdica a estrutura molecular do material genético, podendo entender melhor o seu funcionamento. Essa estratégia possibilitou observar, a partir dos resultados da pesquisa, que os alunos foram capazes de fixar melhor o conteúdo e, possivelmente, todos os efeitos positivos que foram notados pelos alunos quando se utilizaram os materiais didáticos disponíveis, favorecendo à visualização do assunto que estava sendo discutido e ensinado, facilitando a aprendizagem, uma vez que os estudantes foram capazes de reconstruir o conhecimento.

Durante o processo de confecção dos modelos, no trabalho de Brito e colaboradores (2021), observou-se o desempenho dos alunos quanto à associação do conteúdo com o exercício de construção dos materiais e percebeu-se que a utilização dos modelos didáticos facilitou a aprendizagem dos discentes.

Os vídeos também são bastante utilizados no ensino de ciências com o objetivo de provocar reflexões sobre como os conhecimentos de genética e evolução foram manipulados para justificar ideias racistas. Segundo Freitas e Sepel (2023) os documentários serviram de revisão e ao mesmo tempo agregaram novas informações e fontes de pesquisa, ilustraram de modo claro e sucinto o modo como as teorias biológicas foram mal utilizadas no decorrer da história da humanidade e as implicações desses usos indevidos.

Em outro trabalho analisado, Santos e colaboradores (2020), ao fazerem uma pesquisa com os estudantes a respeito das metodologias para o ensino de genética, verificaram que o uso de vídeo foi destacado por 56,2% dos participantes desta pesquisa, indicando que é preciso pensar em possibilidades para o ensino de genética que contemplem o uso de vídeos.

## 5- ENSINO DE GENÉTICA ATRAVÉS DE RECURSOS VISUAIS

Neste tópico será abordado como os recursos visuais se fizeram importantes no processo do ensino e aprendizagem de genética dentro dos trabalhos analisados. Pode-se correlacionar este tópico com as estratégias analisadas no tópico anterior, reconhecendo que as quatro estratégias mais utilizadas são recursos visuais de aprendizagem. Nos artigos analisados foi possível encontrar menções sobre a utilização de recursos visuais para o ensino de genética em 41 deles.

Por não serem visíveis, os conceitos e processos da biologia molecular e genética, muitas vezes, requerem graus de abstração, o que pode dificultar sua compreensão (SILVA; KALHIL, 2017). Dessa maneira, Rocha e colaboradores (2021) recorreram a vídeos com simulações do pro-

cesso de expressão gênica, disponíveis na internet, e perceberam que os alunos compreenderam melhor esses processos, pois ao serem chamados a explicar o que tinham aprendido, demonstraram em suas falas a compreensão do conteúdo. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Oliveira e Dias Júnior (2012) no qual alguns discentes mencionaram que obtiveram um melhor entendimento de conteúdo a partir da visualização das imagens, que antes só observavam estáticas em livros didáticos. Os autores concluíram que o uso de tecnologias educacionais no ensino pode auxiliar na construção de conhecimentos pelo aluno, principalmente no caso de disciplinas como a Genética, que trata de conceitos muito específicos.

Para Formiga e colaboradores (2017), a utilização de vídeo em sala de aula permite eficácia e maior aproximação com o docente, estudante e o conhecimento em discussão, pois aproxima as realidades a partir de um contato visual, com vista conceitual e procedimental.

No trabalho de Silva e colaboradores (2021), com relação ao gene, boa parte dos alunos reconheceram que ele está relacionado com as características do indivíduo, mas não souberam explicar como o gene se encontra no DNA, mostrando que os discentes têm dificuldade de visualizar a posição dos genes na macromolécula. Esta dificuldade provavelmente ocorre devido à genética molecular ser um assunto abstrato, carecendo de alternativas didáticas que possam demonstrar simulações de como isso acontece na realidade. No trabalho de Welter e colaboradores (2019), um dos professores relatou que a visualização dos cromossomos facilitou a compreensão dos alunos.

No trabalho de Silva (2022) um dos alunos relatou que o modelo testado havia facilitado sua compreensão. Relatou, ainda, que a oficina possibilitou o conhecimento teórico e também uma visão ampliada do meio microscópico de como o processo divisão celular realmente acontecia.

Tosta e colaboradores (2020) puderam realinhar em sua pesquisa, com base nas respostas e hipóteses elaboradas pelos alunos, os seus conhecimentos prévios com o saber científico apresentado através de imagens, slides e animações, com a utilização de conteúdo disponível na literatura, através de linguagem apropriada e de fácil compreensão.

Para elaborar o curso testado no trabalho de Silva e colaboradores (2020), houve uma curadoria criteriosa de mídias digitais voltadas especificamente para propiciar aos alunos uma melhor compreensão dos conteúdos considerados abstratos e complexos. O mesmo ocorreu no trabalho de Santos e colaboradores (2020), em que uma diversidade de recursos didáticos foi utilizada no decorrer dos encontros, como: figuras, textos, imagens, sons, vídeos, maquetes, jogos, objetos virtuais de aprendizagem, modelos didáticos e um mapa conceitual e, em todos os momentos do processo de intervenção, um grande esforço foi empregado para tornar o conteúdo de genética o mais concreto possível.

Até mesmo em jogos, como o descrito por Alves e colaboradores (2020), o recurso pode funcionar tanto para uma revisão conceitual, como para permitir a visualização da estrutura espacial da molécula do DNA, facilitando a construção de representações mentais para os alunos.

Outra alternativa didática, que foi objeto de estudo de Santana e colaboradores (2021), é o uso de histórias em quadrinhos (HQs) que podem ser ferramentas essenciais no processo de ensino-aprendizagem, já que apresentam uma comunicação visual e verbal (NEVES, 2012; PALHARES, 2008). Segundo Palhares (2008) a união dessas duas linguagens nas HQs torna a aula mais prazerosa e eficiente, uma vez que estimulam a criatividade e a comunicação.

Temp e Bartholomei-Santos (2018) afirmam que ensinar genética implica na capacidade de transformar conceitos abstratos, como gene e DNA, em imagens ilustrativas, bem como na possibilidade de interligar conteúdos, por exemplo, meiose e formação de gametas e aliar cálculos com situações do cotidiano.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse trabalho, pode-se perceber que o ensino de genética se destaca por sua importância na educação, uma vez que é interdisciplinar, conectando-se a diversas áreas do conhecimento, como biologia, química, matemática e ética. Além disso, a Genética está cada vez mais presente na mídia, seja em discussões sobre pesquisas científicas inovadoras, seja em questões éticas. Contudo, o ensino de genética pode ser desafiador devido à sua natureza abstrata e complexa. Entre os principais entraves, destaca-se a necessidade de apresentar conceitos genéticos de forma acessível e contextualizada para os alunos. Além disso, a rápida evolução da genética, com novas descobertas e tecnologias emergentes, requer que os professores se mantenham atualizados. A falta de recursos adequados, tanto em termos de materiais didáticos quanto de equipamentos de laboratório, também pode ser um obstáculo.

A utilização de recursos visuais desempenha um papel fundamental no ensino de genética, tornando os conceitos abstratos e complexos mais acessíveis aos alunos. Aulas práticas, vídeos, modelos tridimensionais e animações podem ilustrar visualmente processos genéticos, como a replicação do DNA e a segregação de alelos, tornando-os mais compreensíveis. O uso eficaz de recursos visuais não apenas cativa a atenção dos alunos, mas também facilita a retenção do conhecimento, estimula a curiosidade e incentiva uma compreensão mais profunda dos princípios genéticos.

## REFERÊNCIAS

AGYEI, C. A. Effect of Context-Based and Conventional Teaching Approaches on Students' Achievement in Genetics. **British Journal of Education**, v.10, n 11. p. 121-139. 2022.

ALVES, T. C. R.; COSTA, M. F.; SOUSA, C. C. Tabuleiro de genes: uma ferramenta pedagógica para o ensino de biologia. **Revista Prática Docente**, 2020. v. 5, n. 2, p. 1093-1110.

ARAUJO, G. L. O ensino de conceitos básicos da Genética: uma comparação entre a metodologia ativa, baseada no ensino investigativo empregando a realidade aumentada, e metodologia expositiva tradicional. **Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia)** — Universidade de Brasília, Brasília. 2022.

BELMIRO, M. S.; BARROS, M. D. M. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. **Revista Praxis**, 2017. v. 9, n. 17, p. 95-102.

BERNARDO, V. S.; TORRES, F. F.; SILVA, A. E. O uso do jogo “gene a gene” como modelo didático no ensino de genética. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, 2023. V.13. n.1.

BRANCO, P. V. C.; CASTRO, M. S.; SILVA, V. L. M. O desafio de ensinar e aprender genética em uma escola pública de ensino fundamental. **Pesquisa em Foco**, 2019. São Luís, vol. 24, n. 1, p. 121-141.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental. Brasília, Distrito Federal, 1998.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais** / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, p.19-122, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec. 2002.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria Executiva. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Brasília: MEC. 2018.

BRITO, K. M.; SILVA, J. M. N.; ALVARENGA, E. M. Abordagem sobre aprendizagem significativa: práticas pedagógicas no ensino de genética para alunos do ensino médio. **Revista de Educación en Biología**, 2021. Vol. 24, n 1, 02.

BYUKUSENGE, C.; NSANGANWIMANA, F.; TARMO, A.P. Effectiveness of Virtual Laboratories in Teaching and Learning Biology: a review of literature. **International Journal of Learning, Teaching and Educational Research**, 2022. V. 21, nº 6, p. 1-17.

CAMARGO, S. S.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. A genética humana no Ensino Médio. **Genética na Escola**, 2007. v.2 n1.

CARNEIRO, L. F. P.; ROTTA, J. C. G.; KLATAU-GUIMARAES, M. N. Mendel quadro a quadro: histórias em quadrinhos para o ensino de história da genética mendeliana. **Genética na Escola**, 2020. Vol. 15. Nº 2.

CASAGRANDE, G. L. A genética humana no livro didático de biologia. Orientador: Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli. 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - UFSC, Florianópolis.

CAVALCANTI, C. A. G.; LANDELL, M. F. O lúdico no ensino de genética molecular: uma abordagem que estimula os estudantes e favorece a aprendizagem. **Revista Internacional Educon.**, Vol. 2; n1. 2021.

COLA, M. O.; SOUZA, A. E. M. Diferentes abordagens metodológicas no ensino de genética para a educação básica. **Revista Funec Científica**, 2020. 9(11), 1–20.

DONOVAN, B. M. Ending genetic essentialism through genetics education. **Human Genetics and Genomic Advances**, 2022. V.3, nº 1, p. 1-13.

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

FORMIGA, D. O.; SCHUNEMANN, H. E. S.; SOUZA, L. S.; BROSEGUINI, M. A utilização de tecnologias da informação e comunicação como recurso didático no ensino de história. **Acta Científica**, 2017. v. 26, n. 1, p. 35-46.

FREITAS, J. L. A.; SEPEL, L. M. N. Filho de peixe, peixinho (não) é? O ensino crítico de genética e evolução no enfrentamento de racismo científico. **Revista Multidisciplinar Humanidades e Tecnologias**, V. 42, Minas Gerais, 2023.

FRISON, M. D.; et al. Livro didático como instrumento de apoio para construção de propostas de ensino de ciências naturais. **VII Enpec**. Florianópolis. 2009.

GASPARIN, J. L. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. Campinas: Autores Associados. 2002.

HERMANN, F. B.; ARAÚJO, M. C. P. Os jogos didáticos no ensino de genética como estratégias partilhadas nos artigos Da Revista Genética Na Escola. In: **VI Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia - EREBIO-SUL**. 2013.

JUSTINA, L. A. D.; RIPPEL, J. L. Ensino de Genética: representações da ciência da hereditariedade no nível médio. In **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. 2003.

KIM, Y.; LEE, Y.; LEE, H.; LIM, S. Alignment of concepts of meiosis among curriculum textbooks, classroom teaching and assessment in upper secondary school in Republic of Korea. **Journal of Baltic Science Education**, 2022. V.21, nº 2, p. 232-244.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4ª Ed., São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 197p. 2004.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU. 2005.

LIBÂNEO, J. C. **Democratização da escola pública**. Edições Loyola. 2001.

LOPES, C. L. S.; et al. Biologia Forense como estratégia metodológica para o ensino de Genética. **Brazilian Journal of Development**, 2020. v.6, n.11, Brasília.

LOVATO, F. L.; LORETO, E. L. S.; SEPEL, L. M. N. Investigação criminal como contexto gerador para a aprendizagem de genética. **Revista de Educação, ciências e matemática**. 2022. V.12, n.1.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica: métodos científicos, técnicas de pesquisa, elaboração de referências bibliográficas**. 9ªed. Atual. São Paulo, SP: Atlas. 2021.

MATTA, L.D.M.; et al. Ensino e aprendizagem de biomoléculas no ensino médio: extração de DNA e estímulo à experimentação. **Revista de Ensino de Biologia**, 2020. vol. 13, n.1.

MAYR, E. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança**. Tradução: Ivo Martinazzo. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 1998.

MENDES, A. C. O.; OLIVEIRA, M. F. A. Concepções discentes sobre genética e DNA à luz da tematização de Fontoura. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, 2022. Mossoró, v. 8, n. 26.

MIRZOEVA, M. A. Teaching Genetics: Past, Present and Future. **Best Journal of Innovation in Science, Research and Development**, 2023. V. 2, nº 10, p.246-251.

MONTALVÃO NETO, A. L. Discursos de genética em livro didático: implicações para o ensino de biologia. **Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica** da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2016.

MORAES, C. S. A genética no ensino de biologia: sua história, importância, desafios e adaptações metodológicas em consonância com a revolução digital. **Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de São Carlos**, SP. 2023.

MOURA, J; et al. Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, 2013. Londrina, v. 34, n. 2, p. 167-174.

MUNAKATA, K. O livro didático: alguns temas de pesquisa. **Revista Brasileira de História da Educação**, 2012. Campinas-SP, v. 12, n. 3 (30), p. 179-197.

NASCIMENTO, T. G; ALVETTI, M. A. S. Temas científicos contemporâneos no ensino de biologia e física. **Ciência & Ensino**, 2006. Campinas, vol. 1, n. 1, dez., pp. 29-39.

NETO, A. L. M. Dualidades no ensino de genética: que lugar ocupam os discursos sociocientíficos em uma coleção didática de biologia? **Revista Ciências e Ideias**, 2021. Vol.12. n.4.

NEVES, S. D. C. A história em quadrinhos como recurso didático em sala de aula. **Trabalho de Conclusão de Curso**, Universidade de Brasília, Instituto de Artes, Palmas, Tocantins, Brasil. 2012.

- OLIVEIRA, N. M.; DIAS JÚNIOR, W. O uso do vídeo como ferramenta de ensino aplicada em Biologia Celular. **Enciclopédia Biosfera: Centro Científico Conhecer**, 2012. v. 8, n. 14, p. 1788.
- ORLANDO, T. C.; et al. Planejamento. Montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, 2009. n.1.
- PAIVA, A. L. B.; MARTINS, C. M. C. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do Ensino Médio a respeito de temas na área de Genética. **Ensaio**, 2005. v. 7, n. 3, p. 182-201.
- PALHARES, M. C. História em quadrinhos: uma ferramenta pedagógica para o ensino de história. **Dia a Dia Educação-Governo do Paraná**, 2008. p.1.
- PAULA, V. S.; FERREIRA, D. C. Jogos pedagógicos como ferramenta para elucidar as propriedades básicas da molécula de DNA. **Revista da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, 2023. Cuiabá/MT, v. 11, n.1.
- PAVEZI, J; CARVALHO, M. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE. **Cadernos PDE**, 2014. v. 1.
- QUARESMA, S; et al. I. Análise do conteúdo da epigenética abordado nos livros didáticos de biologia do ensino médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2022. Vol. 22.
- REZENDE, L. P.; GOMES, S. C. S. Uso de modelos didáticos no Ensino de Genética: estratégias metodológicas para o aprendizado. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, 2018, v. 8, n. 2.
- RESINENTTI. P. M.; BARROSO, M. F.; RUBINI, G. O que podemos dizer sobre a aprendizagem de conceitos de genética a partir das questões do Enem? **XI Reunião da ABAVE**, 28 e 29 de Setembro de 2021, Campinas-SP.
- RISTANTO, R. H.; KRISTIANI, E.; LISANTI, E. Flipped Classroom-Digital Game-Based Learning (FC-DGBL): enhancing genetics conceptual understanding of students in Bilingual Programme. **Journal of Turkish Science Education**, 2022. v. 19, n 1, p.332-352.
- ROCHA, L. S. Estratégias Metodológicas para Ensinar Genética no Ensino Médio. **Monografia de Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino** - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. 2013.
- ROCHA, J. A. P.; et al.. Jogo Geneticsy e a identificação genética de pessoas: eu também posso ser um CSI. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**. 2021. V.5; n.1.
- SANTANA, J. I.; et al.. Sequência didática para o ensino de genética: utilização de histórias em quadrinhos contextualizadas sobre o sistema ABO e o fator Rh. **Research, Society and Development**, 2021, v. 10, n. 16.
- SANTOS, L. C. G. A.; DORO, C.. B.; COSTA, F. J. Concepções de estudantes do ensino médio sobre o ensino de genética: a necessidade de repensar os processos de ensino e aprendizagem. **Revista Interdisciplinar Sulear**, 2020, ano 4; n.8.
- SANTOS, F. S.; et al. Sequência didática fundamentada na neurociência para o ensino de genética. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 2020. Vol. 19, Nº 2, 359-383.

- SAVI, R.; ULBRICHT, V. R. Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. **Renote**, 2008, v. 6, n. 1.
- SILVA, C. C.; KALHIL, J. B. A aprendizagem de genética à luz da Teoria Fundamentada: um ensaio preliminar. **Ciência & Educação**, 2017, v. 21, n. 1, p. 125-140.
- SILVA, C. P.; et al. O ensino de genética em escolas no nordeste brasileiro: uma análise docente. **Ensino, Saúde e Ambiente**, 2019, v.12(1), p.217.
- SILVA, C. C.; CABRAL, H. M. M.; CASTRO, P. M. Investigando os obstáculos da aprendizagem de genética básica em alunos do ensino médio. **ETD - Educação Temática Digital**, 2019, 21(3), 718-737, 2019.
- SILVA, B. R.; SILVA, T. R. Genética no ensino fundamental: representações didáticas na aprendizagem do Mendelismo. **Experiências em Ensino de Ciências**, 2020. V.15; n. 1.
- SILVA, A. G. T.; ISOTANI, S.; JUNIOR, J. J. S. Genética no ensino médio: as mídias digitais e a compreensão de conteúdos abstratos. **Anais dos trabalhos de conclusão de curso**. Pós-graduação em computação aplicada à educação. Universidade de São Paulo. 2022.
- SILVA, K. P. O.; CERQUEIRA, L. L. M; MOREIRA, L. M. A Educação do Campo e o ensino de genética: uma possibilidade didática investigativa. **Revista Brasileira de Educação do Campo**, 2021. V.6. Tocantinópolis/Brasil.
- SILVA, J. S.; et al. Modelos didáticos de DNA no ensino de genética: experiência com estudantes do ensino médio de uma escola pública do Piauí. **Research, Society and Development**, 2021, v. 10, n. 2.
- SILVA, H. M. Divisão celular: modelização em Genética e Biologia Molecular. **Research, Society and Development**, 2022, v. 11, n. 1.
- SILVA, M. J. C.; COSTA, M. F.; SANTOS, M. F. Modelos didáticos do DNA como estratégia para o ensino de genética em uma escola do campo. **Revista Prática Docente**. 2023. V.8; n.1.
- SOUSA, F. B.; et al. Heredogame: Jogo Didático para o Ensino de Genética. **Revista de Bioquímica**. 2022, V.20; n.1.
- TELES, V. S.; SOUZA, J. S; DIAS, E. S. O lúdico no ensino de genética: proposição e aplicação de jogo didático como estratégia para o ensino da 1ª lei de Mendel. **Revista Insignare Scientia**. 2020. V.3.n.2.
- TEMP, D. S; BARTHOLOMEI-SANTOS M. L. Genética e suas aplicações: identificando o conhecimento presente entre concluintes do ensino médio. **Ciência e Natura**, 2014. v. 36, n. 2, p. 358 – 372.
- TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI- SANTOS, M. L. O ensino de genética: a visão de professores de Biologia. **Revista Cientia Schola**, 2018, v.2, n.1, p.83-95.
- TOSTA, E. M.; GONTIJO. A. B. P. L.; CORTE, V. B. Extração e observação de molécula de DNA - Ferramenta para auxiliar no ensino de Biologia. **Health and Biosciences**, 2020, v.1, n.3.

VESTENA, R. F.; SEPEL, L. M. N.; LORETO, E. L. S. Construção do heredograma da própria família: Uma proposta interdisciplinar e contextualizada para o ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 2015, v. 14, n. 1, p. 1-16.

VILELA, M. R. A. A produção de atividades experimentais em genética no Ensino Médio. 2007. **Monografia de Especialização em Ensino de Ciências por Investigação** - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2007.

WAINSTEIN, T. ELLIOTT, A. M.; AUSTIN, J. C. Considerations for the use of qualitative methodologies in genetic counseling research. **Journal of Genetic Counseling**, 2023, 32, p. 300-314.

WELTER, M.; RETUCI, V. S.; SOARES, I. A. Concepção dos professores de biologia das escolas estaduais do município de Planalto-PR, quanto a utilização de modelos didáticos para o ensino de genética. **Revista Faz Ciência**, 2019, vol.21; n.33.