

# DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DE TABULEIRO COM IMPRESSÃO 3D PARA O ENSINO DE GENÉTICA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO

DEVELOPMENT OF A 3D-PRINTED BOARD GAME FOR TEACHING  
MOLECULAR GENETICS IN HIGH SCHOOL

Ciências Biológicas • 05/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791156150](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791156150)

---

Ralph Leonard Brito da Silveira<sup>1</sup>

Joanna Maria Teixeira de Azeredo Ramos<sup>2</sup>

---

## RESUMO

O ensino de genética molecular no Ensino Médio enfrenta desafios decorrentes da abstração de conceitos submicroscópicos. Alinhada à BNCC e à aprendizagem ativa, a gamificação pode contribuir para reduzir essa abstração e favorecer o letramento científico. Este estudo apresenta o desenvolvimento do jogo educacional “Missão Genética: o Código da Vida” e de seu manual pedagógico. O produto foi elaborado com design gráfico autoral e impressão 3D em PLA, incluindo peões, suportes e 80 peças de bases nitrogenadas com encaixes que representam a complementaridade A-T e C-G. O jogo envolve a montagem de uma dupla hélice e 75 cartas de perguntas, mutações e ações. Embora não tenha sido validado com estudantes, o produto apresenta potencial para promover aprendizagem ativa, autonomia docente e avaliação formativa.

**Palavras-chave:** Ensino de Genética; Jogo Didático; Impressão 3D; Genética Molecular; Recurso Pedagógico.

## ABSTRACT

The teaching of molecular genetics in high school poses significant challenges due to the abstract nature of concepts involving submicroscopic structures and processes. In alignment with the Brazilian National Common Core Curriculum (BNCC) and active learning approaches, gamification may help make these concepts more tangible and foster scientific literacy. This study presents the development of the educational board game “Genetic Mission: The Code of Life” and its accompanying pedagogical guide. The educational resource was created using original graphic design and PLA-based 3D printing and includes game pieces, structural supports, and 80 nitrogenous base components featuring interlocking mechanisms that represent A–T and C–G base-pair complementarity. Gameplay involves constructing a DNA double

helix and using 75 cards comprising questions, mutations, and action-based challenges. Although the educational resource has not yet been evaluated with students, its design demonstrates potential to support active learning, enhance teacher autonomy, and facilitate formative assessment in molecular genetics education.

**Keywords:** Genetics Education; Educational Board Game; 3D Printing; Molecular Genetics; Educational Resource.

## 1. INTRODUÇÃO

A Genética Molecular constitui um dos conteúdos estruturantes do ensino de Biologia no Ensino Médio, uma vez que fornece as bases para a compreensão dos mecanismos da hereditariedade, da variabilidade genética, da evolução e das aplicações da biotecnologia contemporânea. Nesse contexto, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece que os estudantes desenvolvam competências relacionadas à compreensão da estrutura, organização, função e replicação do ácido desoxirribonucleico (DNA), articulando esses conhecimentos às dimensões científica, tecnológica, ética e socioambiental (Brasil, 2018).

Apesar de sua relevância, o ensino de genética permanece entre os conteúdos que apresentam maiores índices de dificuldade de aprendizagem na educação básica. A natureza abstrata dos processos moleculares, a impossibilidade de observação direta dos fenômenos celulares e a elevada complexidade terminológica frequentemente dificultam a construção de modelos mentais consistentes pelos estudantes. Como consequência, o processo de ensino tende a restringir-se à memorização de conceitos isolados, comprometendo a aprendizagem significativa e a compreensão

integrada dos fenômenos biológicos (Vaz et al., 2007; Cunha, Santos & Almeida, 2021).

Diante desse cenário, diferentes estudos têm apontado a necessidade de incorporar metodologias ativas capazes de aproximar conceitos científicos abstratos da realidade dos estudantes. Entre essas estratégias, destacam-se os jogos pedagógicos e outras abordagens fundamentadas na ludicidade, por favorecerem o protagonismo discente, a resolução de problemas, a interação social e a construção coletiva do conhecimento (Huizinga, 2019; Kishimoto, 2006; Oliveira & Ferreira, 2022; Souza & Carvalho, 2023). Diferentemente do ensino baseado exclusivamente na transmissão de conteúdos, essas metodologias possibilitam que o estudante participe ativamente do processo de aprendizagem, manipulando modelos, formulando hipóteses e discutindo conceitos científicos em situações contextualizadas.

Nesse contexto, os jogos didáticos apresentam potencial para minimizar uma das principais dificuldades do ensino de genética: a transposição de fenômenos submicroscópicos para representações compreensíveis pelos estudantes. Ao converter estruturas moleculares e processos celulares em modelos manipuláveis e regras de interação, esses recursos favorecem a visualização, a experimentação e a compreensão de conceitos que, tradicionalmente, permanecem restritos ao campo da abstração. Entretanto, a literatura também ressalta que o potencial educativo dos jogos depende de planejamento pedagógico, mediação docente e articulação com objetivos claros de aprendizagem, evitando que sua utilização se reduza ao entretenimento (Farias et al., 2019; Paula et al., 2023).

Paralelamente, a implementação das competências previstas pela BNCC enfrenta desafios relacionados às condições concretas das escolas públicas brasileiras. Embora o documento enfatize o desenvolvimento do letramento científico, da investigação e da aprendizagem por competências, diversos autores apontam que sua efetivação é limitada pela escassez de recursos didáticos, pela redução da carga horária de Biologia, pelas dificuldades estruturais das instituições de ensino e pela insuficiência de políticas de formação continuada para professores (Machado & Meirelles, 2020; Teodoro et al., 2024; Brasileiro & Grigorio, 2025). Essa realidade evidencia a necessidade de materiais didáticos acessíveis que auxiliem o professor na mediação de conteúdos complexos.

Considerando essas demandas, foi desenvolvido o jogo de tabuleiro "Missão Genética: o Código da Vida", acompanhado de um manual pedagógico destinado aos professores da Educação Básica. O produto educacional foi concebido para representar, de forma concreta e interativa, conceitos relacionados à estrutura do DNA, ao pareamento das bases nitrogenadas e aos processos fundamentais da genética molecular, utilizando componentes tridimensionais produzidos por impressão 3D e mecânicas de jogo fundamentadas em princípios da aprendizagem ativa.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo apresentar o processo de desenvolvimento do jogo didático "Missão Genética: o Código da Vida" e de seu respectivo manual pedagógico, discutindo os fundamentos teóricos que orientaram sua elaboração e seu potencial como recurso didático para o ensino de genética molecular no Ensino Médio. Ressalta-se que esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de desenvolvimento de produto educacional, não contemplando, nesta etapa, sua aplicação empírica

em contexto escolar, cuja validação constitui perspectiva para investigações futuras.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. A Biologia Molecular do DNA e Sua Importância para o Ensino de Genética**

A Biologia Molecular consolidou-se como um dos principais campos das Ciências Biológicas ao demonstrar que a informação hereditária está armazenada na molécula de ácido desoxirribonucleico (DNA), responsável pela transmissão das características genéticas entre as gerações. A identificação do DNA como material hereditário resultou de experimentos clássicos desenvolvidos ao longo do século XX, destacando-se os trabalhos de Avery, MacLeod e McCarty (1944), Hershey e Chase (1952) e a proposição do modelo de dupla hélice por Watson e Crick (1953), fundamentada nas contribuições experimentais de Rosalind Franklin e Maurice Wilkins (Alberts et al., 2015).

Estruturalmente, o DNA é formado por duas cadeias polinucleotídicas antiparalelas, estabilizadas pelo pareamento complementar entre as bases nitrogenadas adenina-timina (A-T) e citosina-guanina (C-G). Essa organização molecular constitui o fundamento da replicação semiconservativa do DNA e do fluxo da informação genética descrito pelo Dogma Central da Biologia Molecular, segundo o qual a informação é transferida do DNA para o RNA e, posteriormente, para as proteínas (Crick, 1958; Alberts et al., 2015).

Entretanto, compreender esses processos exige que o estudante estabeleça relações entre diferentes níveis de organização biológica,

articulando estruturas moleculares, processos celulares e manifestações fenotípicas. Além disso, conceitos como regulação gênica, mutações, expressão gênica e aplicações biotecnológicas, incluindo técnicas de edição gênica como CRISPR-Cas9, ampliam a complexidade do conteúdo e evidenciam a necessidade de estratégias didáticas capazes de favorecer sua compreensão (Jacob & Monod, 1961; Alberts et al., 2015).

Assim, embora a Biologia Molecular represente um dos eixos centrais da formação científica na educação básica, seu ensino demanda recursos que possibilitem representar processos invisíveis à observação direta, favorecendo a construção de modelos explicativos pelos estudantes.

## **2.2. Transposição Didática e os Desafios no Ensino de Genética**

O ensino de Genética é frequentemente apontado como um dos conteúdos de maior complexidade no Ensino Médio, principalmente devido ao elevado grau de abstração dos fenômenos moleculares, à terminologia especializada e à necessidade de integrar diferentes escalas biológicas (Cunha, Santos & Almeida, 2021).

Segundo a perspectiva da transposição didática, o conhecimento científico produzido pela comunidade acadêmica necessita ser reorganizado antes de ser ensinado na escola, transformando o chamado "saber sábio" em um conhecimento compatível com as características cognitivas dos estudantes e com os objetivos da educação básica. Esse processo exige que modelos científicos altamente complexos sejam convertidos em representações acessíveis, preservando seu rigor conceitual sem comprometer sua compreensão.

Nesse contexto, uma das principais dificuldades encontradas pelos estudantes consiste em relacionar eventos que ocorrem no nível submicroscópico, como o pareamento de nucleotídeos e a replicação do DNA, aos fenômenos celulares e às características observáveis dos organismos. Quando essa integração não ocorre, o ensino tende a privilegiar a memorização de termos e definições, favorecendo aquilo que Vaz et al. (2007) denominam aprendizagem mecânica, caracterizada pela rápida perda dos conhecimentos após os processos avaliativos.

Dessa forma, diversos estudos defendem a utilização de modelos didáticos, materiais manipuláveis e recursos interativos que possibilitem reduzir a distância entre os conceitos científicos e a realidade dos estudantes, favorecendo a aprendizagem significativa e a construção de relações entre teoria e prática (Cunha, Santos & Almeida, 2021).

### **2.3. Jogos Pedagógicos, Ludicidade e Metodologias Ativas**

Entre os recursos capazes de favorecer a aprendizagem de conteúdos complexos, destacam-se os jogos pedagógicos, amplamente utilizados no ensino de Ciências por promoverem participação ativa, interação social e resolução colaborativa de problemas.

Huizinga (2019) compreende o jogo como um fenômeno cultural inerente ao desenvolvimento humano, caracterizado por regras, desafios e participação voluntária. Sob a perspectiva do desenvolvimento cognitivo, Wallon (2007) destaca que as dimensões afetiva, motora e intelectual são indissociáveis, sendo as atividades

lúdicas importantes para a experimentação, a formulação de hipóteses e a construção do conhecimento.

No contexto educacional, entretanto, é importante distinguir jogos pedagógicos e gamificação. Enquanto os jogos educativos são concebidos especificamente para atingir objetivos de aprendizagem, articulando conteúdo científico e mecânicas próprias de jogo (Kishimoto, 2006; Souza & Carvalho, 2023), a gamificação consiste na utilização de elementos característicos dos jogos, como desafios, recompensas, pontuação e feedback, em atividades que originalmente não possuem natureza lúdica (Deterding et al., 2011; Werbach & Hunter, 2012).

A literatura demonstra que esses recursos podem favorecer a motivação, o engajamento e a aprendizagem colaborativa quando integrados a um planejamento pedagógico consistente e mediados pelo professor. Entretanto, autores também alertam que o uso do jogo, isoladamente, não garante aprendizagem significativa. Sua efetividade depende da intencionalidade pedagógica, da mediação docente e da realização de momentos de reflexão que permitam relacionar a experiência vivenciada aos conceitos científicos estudados (Farias et al., 2019; Paula et al., 2023).

Assim, os jogos didáticos devem ser compreendidos não como substitutos das estratégias tradicionais de ensino, mas como recursos complementares capazes de favorecer a construção do conhecimento científico por meio da interação, da experimentação e da resolução de problemas.

## **2.4. Políticas Curriculares e o Desenvolvimento de Recursos Didáticos**

A implementação de metodologias inovadoras no ensino de Ciências deve ser analisada à luz das políticas curriculares que orientam a educação brasileira. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/1996) estabelece que o Ensino Médio deve promover a formação integral do estudante, articulando conhecimentos científicos, tecnológicos e cidadania.

Em consonância com esses princípios, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) enfatiza o desenvolvimento do letramento científico, da investigação e da resolução de problemas como competências essenciais para a formação dos estudantes (Brasil, 2018). Contudo, diferentes autores apontam que a implementação dessas diretrizes enfrenta obstáculos decorrentes das condições estruturais das escolas públicas, incluindo limitações de infraestrutura, escassez de laboratórios, redução da carga horária de Biologia e insuficiência de formação continuada para professores (Machado & Meirelles, 2020; Teodoro et al., 2024; Brasileiro & Grigorio, 2025).

Nesse cenário, o desenvolvimento de recursos didáticos acessíveis constitui uma estratégia relevante para aproximar as orientações curriculares da realidade escolar. Entretanto, tais materiais somente contribuem para o processo de ensino quando fundamentados em referenciais teóricos consistentes e acompanhados de orientações metodológicas que favoreçam sua utilização crítica pelo professor.

Sob essa perspectiva, o jogo de tabuleiro "Missão Genética: o Código da Vida" foi concebido como um produto educacional destinado a apoiar o ensino de genética molecular, buscando materializar conceitos abstratos por meio de modelos manipuláveis e promover situações de aprendizagem alinhadas às competências previstas

pela BNCC, respeitando as limitações estruturais frequentemente encontradas nas escolas públicas brasileiras.

### 3. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de desenvolvimento de produto educacional (Galvis, 2011). O objetivo central consiste na concepção, design e produção do jogo de tabuleiro "Missão Genética: o Código da Vida" e de seu respectivo manual pedagógico, estruturados como recursos didáticos para o Ensino Médio.

Como o escopo do projeto limitou-se ao desenvolvimento conceitual, físico e instrucional desses recursos, a metodologia não envolveu etapas de aplicação prática empírica com estudantes ou coleta de dados com seres humanos, centrando-se nas seguintes fases de desenvolvimento:

#### 3.1. Fase 1: Engenharia e Design dos Componentes Físicos

Esta fase concentrou-se no desenvolvimento técnico e de design gráfico dos componentes tridimensionais e bidimensionais do jogo, visando à qualidade estética, durabilidade e adequação tátil dos materiais no contexto escolar. A arte gráfica foi desenvolvida de forma autoral utilizando a plataforma Canva. Os componentes foram especificados e produzidos sob os seguintes parâmetros técnicos:

- **Tabuleiro:** Projetado nas dimensões de **50 cm x 80 cm**, estruturado em papelão Paraná (ou Panamá) de **1,7 mm** de espessura para garantir rigidez. A impressão da arte visual foi realizada em adesivo vinil 50 cm x 80 cm sem corte em **cores:** 4x0.

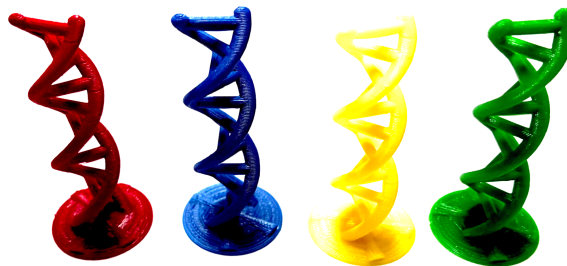
**Figura 1.** Imagem do tabuleiro do jogo Missão Genética



Fonte: Autores (2026)

- **Peões dos Jogadores:** Quatro peões personalizados em formato de dupla hélice de DNA com **5 cm** de altura, confeccionados via impressão 3D utilizando filamento de ácido polilático (PLA).

**Figura 2.** Imagem dos peões em formato de espiral



Fonte: Autores (2026)

- **Suportes de Montagem:** Quatro estruturas também em formato de dupla hélice com **16 cm** de altura, impressas em 3D (filamento PLA), projetadas especificamente para o encaixe físico das peças de bases nitrogenadas durante as rodadas.

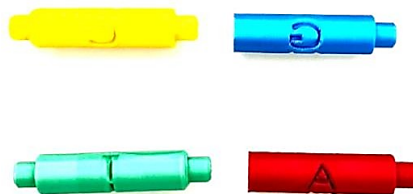
**Figura 3.** Imagem do suporte em espiral



**Fonte:**

Autores  
(2026)

- **Peças de Bases Nitrogenadas:** Um conjunto de **80 bases de 2 cm** impressas em 3D (PLA), divididas de forma proporcional e codificadas por cores para facilitar a identificação visual:
  - 20 Adeninas (Vermelhas);
  - 20 Timinas (Verdes);
  - 20 Guaninas (Azuis);
  - 20 Citosinas (Amarelas).



**Figura 4.** Imagem do suporte em espiral

**Fonte:** Autores (2026)

- **Cartas de Jogo:** Baralho composto por 75 cartas, medindo 6 cm × 9 cm, distribuídas em 25 cartas verdes (Perguntas), 25 cartas lilás (Ação) e 25 cartas vermelhas (Montagem), impressas

em frente e verso, em papel couché fosco 300 g/m<sup>2</sup>, com acabamento em corte com cantos arredondados.

**Figura 5.** Cartas de perguntas, ação e montagem.



Fonte: Autores (2026)

- **Dado:** Um dado numérico padrão de seis faces (D6) para determinação de movimentos casuais na trilha.

**Figura 6.** Dado de seis lados.



Fonte:

Autores (2026)

### 3.2. Fase 2: Transposição Didática e Mecânicas de Jogo

Nesta fase, os princípios da Biologia Molecular (estrutura do DNA, replicação, transcrição e tradução) foram convertidos em regras de

movimentação, interação e condições de vitória. A transposição didática operou sob os seguintes parâmetros do sistema de jogo:

- **Zoneamento e Trilha do Tabuleiro:** Constituída por 68 casas coloridas e numeradas (alternando entre verde, vermelho e roxo), as quais ditam o avanço dos peões desde o ponto de Início (onde se destaca a representação clássica da dupla hélice de DNA) até a Chegada. Esse percurso sequencial modela de maneira lúdica o fluxo ordenado da informação genética.
- **Espaços de Construção Individual ("Monte seu DNA aqui"):** Posicionados nos quatro cantos do tabuleiro, os espaços exclusivos para os Jogadores 01, 02, 03 e 04 servem como bancadas de trabalho individuais. Nesses quadrantes, os estudantes realizam a montagem física de suas fitas moleculares em resposta aos desafios do jogo, integrando a ação tátil de pareamento de bases à sua posição na trilha principal.
- **Estética de Fundo e Imersão:** O plano de fundo do tabuleiro utiliza uma temática cibernética e de bioinformática, com códigos binários e espirais tridimensionais de DNA que remetem ao conceito de codificação molecular, auxiliando a situar os estudantes no universo microscópico e computacional da genética moderna.
- **Dinâmica das Cartas de Desafio:**
  - *Perguntas (Verdes):* Abordam conceitos teóricos sobre a estrutura, replicação, transcrição e tradução do DNA. (ex.: "Qual base se parecia com a citosina?")

- *Ações (Lilás)*: Simulam fenômenos biológicos reais, como erros de replicação e eventos mutagênicos (ex.: a carta "*Erro de replicação! Volte duas casas*").
- *Montagem (Vermelhas)*: Permitem a coleta física das bases nitrogenadas (A, T, C, G) para acoplamento nos suportes tridimensionais dos jogadores. (ex.: "*Colete uma Citosina para completar sua molécula*").
- **Dinâmica de Rodada e Condição de Vitória**: Os jogadores lançam o dado, avançam pela trilha colorida e respondem às demandas das casas onde param. O objetivo principal do jogo é a montagem correta de uma sequência de **10 pares de bases nitrogenadas** por suporte, respeitando rigorosamente as regras de complementaridade de Chargaff (*A - T* e *C - G*). Vence o grupo que cruzar a linha de chegada com sua dupla hélice fisicamente completada de forma correta.

### 3.3. Fase 3: Estruturação do Manual Pedagógico

Nessa fase consistiu-se na elaboração e estruturação do Manual Pedagógico do jogo "*Missão Genética: o Código da Vida*". Este documento foi concebido não apenas como um guia instrucional de regras, mas como um instrumento de apoio didático-pedagógico transdisciplinar, estruturado para orientar o docente na transposição didática de conceitos essenciais sobre estrutura, função, replicação, transcrição e tradução do DNA

Para atender aos rigores metodológicos e garantir a aplicabilidade do material no contexto escolar, o manual foi sistematizado em cinco seções articuladas:

## I. Apresentação e Justificativa Didática

Esta seção inicial do manual contextualiza o jogo como um modelo científico bidimensional representativo. Apresenta-se ao docente a justificativa pedagógica do uso da gamificação para mitigar o nível de abstração intrínseco aos processos submicroscópicos (replicação, transcrição e tradução). Nesta etapa, são descritos detalhadamente todos os componentes físicos que integram o kit didático (tabuleiro, cartas de desafios e representações físicas das bases nitrogenadas), permitindo ao professor o inventário prévio do material.

## II. Objetivos Pedagógicos e de Aprendizagem

Os objetivos foram delimitados sob a égide da Taxonomia de Bloom para o domínio cognitivo, além de prever dimensões procedimentais e atitudinais. O manual orienta o foco do professor para três pilares essenciais:

- **Cognitivo:** A associação estrutural das bases nitrogenadas segundo as regras de complementaridade de Chargaff (*A - T* e *C - G*) e a compreensão dos mecanismos mutacionais.
- **Procedimental:** A manipulação física de modelos tridimensionais e a síntese prática de um segmento de dupla hélice com dez pares de bases.
- **Atitudinal:** O fomento ao trabalho cooperativo, tomadas de decisão sob pressão de regras e o exercício da argumentação científica entre os pares.

## III. Alinhamento Curricular à BNCC

Visando facilitar a inserção do recurso nos planos de ensino formais, o manual explicita o mapeamento de competências e habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio. São destacadas as habilidades **EM13CNT101** (análise e representação de estruturas biológicas como o DNA), **EM13CNT104** (investigação de aplicações biotecnológicas), **EM13CNT201** (análise de fluxo de informação em sistemas biológicos) e **EM13CNT204** (avaliação de implicações éticas e socioambientais da ciência), além das Competências Gerais 2, 5, 7 e 9.

#### **IV. Dinâmica de Jogo e Regras Operacionais**

Esta seção descreve a arquitetura do jogo e seu fluxo de funcionamento. O manual detalha as condições de preparação do ambiente (divisão da turma em grupos de 3 a 5 estudantes), a mecânica de avanço no tabuleiro através de dados e a resolução das três categorias de cartas:

1. *Cartas de Perguntas:* Verificação de conceitos teóricos.
2. *Cartas de Ação:* Simulação probabilística de mutações e erros de replicação na célula.
3. *Cartas de Montagem:* Coleta e pareamento físico dos nucleotídeos.

O critério de vitória é definido pela chegada ao fim da trilha associada à entrega da fita de dupla hélice completamente estruturada e livre de erros de emparelhamento, funcionando como uma primeira instância de avaliação formativa.

## V. Diretrizes de Mediação Docente e Avaliação

Compreendendo que o recurso lúdico por si só não garante a construção do conhecimento científico, o manual dedica sua última seção a estruturar as ações de mediação do professor em três tempos pedagógicos distintos:

- **Pré-jogo (Ancoragem):** Momento de ativação dos conhecimentos prévios e discussão sobre as limitações do modelo didático em comparação com o sistema biológico real.
- **Durante o jogo (Monitoramento):** Orientações para que o docente atue como mediador ativo, instigando o raciocínio dos alunos por meio de questionamentos socráticos e evitando intervenções puramente corretivas.
- **Pós-jogo (Sistematização/Debriefing):** Roteiro de perguntas norteadoras para conduzir uma roda de conversa reflexiva, conectando a experiência do jogo a dilemas bioéticos contemporâneos (como a tecnologia de edição genética CRISPR-Cas9 e os Organismos Geneticamente Modificados).

A estrutura final proposta para o manual garante que o professor disponha de um arcabouço metodológico completo, transformando a atividade lúdica em uma ferramenta de avaliação diagnóstica, formativa e processual do aprendizado de Genética.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do jogo de tabuleiro "Missão Genética: o Código da Vida" resultou na elaboração de um produto educacional concebido para apoiar o ensino de Genética Molecular no Ensino

Médio, buscando reduzir a abstração inerente aos processos biológicos por meio da manipulação de modelos físicos e da resolução de desafios contextualizados. Nesta pesquisa, os resultados referem-se à caracterização do produto desenvolvido e à análise de suas potencialidades pedagógicas à luz do referencial teórico adotado, não contemplando, nesta etapa, sua validação empírica em ambiente escolar.

#### 4.1. O Jogo Como Instrumento de Transposição Didática

A estrutura do jogo foi planejada para representar, em escala macroscópica, processos que ocorrem no nível molecular da organização biológica. A utilização de peças tridimensionais representando as bases nitrogenadas possibilita que conceitos tradicionalmente apresentados de forma abstrata sejam convertidos em modelos manipuláveis, favorecendo a visualização das relações de complementaridade entre adenina, timina, citosina e guanina.

A organização física das peças procura representar o pareamento específico entre as bases nitrogenadas, permitindo que o estudante estabeleça relações entre a estrutura da molécula de DNA e sua organização espacial. Dessa forma, o jogo foi concebido como um recurso de transposição didática, aproximando o conhecimento científico da realidade escolar por meio da construção de modelos concretos.

**Tabela 1.** Correspondência entre conceitos da Biologia Molecular e elementos do jogo didático

| Conceito biológico | Representação no jogo | Finalidade didática |
|--------------------|-----------------------|---------------------|
|--------------------|-----------------------|---------------------|

|                                      |                                      |                                                                    |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Bases nitrogenadas                   | Peças tridimensionais coloridas      | Facilitar a identificação e o pareamento das bases                 |
| Complementaridade e das bases        | Sistema de encaixe das peças         | Representar as regras de pareamento do DNA                         |
| Replicação e organização da molécula | Montagem progressiva da dupla hélice | Favorecer a compreensão da estrutura molecular                     |
| Mutações e erros de replicação       | Cartas de ação                       | Introduzir situações-problema relacionadas às alterações genéticas |

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Essa organização busca favorecer a construção de modelos mentais sobre a estrutura do DNA, conforme defendido por estudos que apontam a importância de recursos manipuláveis para o ensino de conteúdos altamente abstratos (Vaz et al., 2007; Cunha, Santos & Almeida, 2021). Entretanto, é importante destacar que o potencial do jogo para promover aprendizagem somente poderá ser confirmado mediante sua aplicação em contexto escolar e posterior avaliação dos resultados obtidos.

#### **4.2. Mecânicas do Jogo e Potencial Pedagógico**

As mecânicas desenvolvidas procuram integrar conceitos científicos aos elementos característicos dos jogos de tabuleiro. O avanço pela trilha depende da resolução de desafios conceituais, da interpretação de situações simuladas e da montagem progressiva da molécula de DNA.

As cartas de perguntas foram elaboradas para abordar conteúdos relacionados à estrutura do DNA, replicação, transcrição e tradução, estimulando a recuperação de conhecimentos previamente estudados. As cartas de ação simulam eventos biológicos, como mutações e erros de replicação, introduzindo elementos de imprevisibilidade durante a partida. Já as cartas de montagem permitem que os participantes obtenham as bases nitrogenadas necessárias para completar a estrutura da molécula.

Essas mecânicas foram estruturadas buscando incorporar elementos frequentemente associados à gamificação, como desafios, feedback imediato, cooperação, tomada de decisão e resolução de problemas (Deterding et al., 2011; Werbach & Hunter, 2012). Contudo, diferentemente de afirmar que tais elementos promovem aprendizagem ou aumentam o engajamento dos estudantes, considera-se, nesta pesquisa, que eles representam características potencialmente favoráveis ao desenvolvimento dessas competências, cuja efetividade dependerá da mediação docente e de futuras investigações empíricas.

A utilização de peças produzidas por impressão tridimensional também foi planejada para ampliar as possibilidades de manipulação dos modelos, oferecendo uma experiência tátil complementar às representações bidimensionais presentes em livros didáticos e outros materiais convencionais.

#### **4.3. O Manual Pedagógico Como Suporte à Mediação Docente**

Além do jogo, foi elaborado um manual pedagógico destinado aos professores da Educação Básica, com a finalidade de orientar a

utilização do produto educacional em diferentes contextos de ensino.

O documento foi estruturado contemplando orientações para o planejamento da atividade, descrição das regras do jogo, objetivos de aprendizagem, alinhamento às competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e sugestões para mediação antes, durante e após a realização da atividade.

A organização do manual em três momentos pedagógicos — preparação, desenvolvimento e sistematização — procura favorecer uma utilização intencional do recurso didático, reconhecendo que o jogo, por si só, não garante a aprendizagem dos conteúdos científicos. Assim, recomenda-se que sua aplicação seja acompanhada de intervenções do professor que estimulem a argumentação, o levantamento de hipóteses, a resolução de problemas e a reflexão sobre os conceitos abordados.

**Tabela 2.** Organização das etapas de mediação propostas no manual pedagógico

| Etapa          | Objetivo                                                                                                  |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pré-jogo       | Mobilizar conhecimentos prévios e apresentar os objetivos da atividade                                    |
| Durante o jogo | Mediar discussões, esclarecer dúvidas e estimular a argumentação científica                               |
| Pós-jogo       | Sistematizar os conceitos trabalhados e promover reflexão sobre aplicações da Genética e da Biotecnologia |

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Essa estrutura está alinhada às recomendações presentes na literatura sobre metodologias ativas, que destacam a importância da mediação docente para transformar atividades lúdicas em experiências efetivas de aprendizagem (Farias et al., 2019; Paula et al., 2023).

Por fim, ressalta-se que o presente estudo se limita à apresentação e análise do produto educacional desenvolvido. Embora o jogo e o manual tenham sido concebidos com base em referenciais teóricos consolidados, não foram realizadas, nesta etapa, avaliações envolvendo estudantes ou professores. Assim, afirmações relativas à aprendizagem, ao engajamento, ao desempenho acadêmico ou ao desenvolvimento de habilidades permanecem como hipóteses a serem investigadas em estudos futuros de validação pedagógica.

## **5. CONCLUSÃO**

O presente estudo teve como objetivo desenvolver o jogo de tabuleiro "Missão Genética: o Código da Vida" e seu respectivo manual pedagógico como um produto educacional destinado ao ensino de Genética Molecular no Ensino Médio. Fundamentado nos referenciais da Biologia Molecular, da transposição didática, das metodologias ativas e dos jogos pedagógicos, o produto foi concebido com a finalidade de contribuir para a representação concreta de conceitos tradicionalmente considerados abstratos, aproximando o conhecimento científico da realidade da Educação Básica.

O processo de desenvolvimento permitiu estruturar um recurso didático composto por elementos tridimensionais, mecânicas de jogo e um manual de orientação docente articulado às

competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Essa organização busca oferecer ao professor uma alternativa metodológica para o trabalho com conteúdos relacionados à estrutura do DNA, pareamento das bases nitrogenadas, replicação, transcrição e tradução, valorizando a participação ativa dos estudantes e a mediação pedagógica durante o processo de ensino.

Destaca-se que o potencial educativo do produto decorre da integração entre modelos físicos manipuláveis, desafios conceituais e estratégias de mediação docente sistematizadas no manual pedagógico. Entretanto, considerando que esta pesquisa se caracterizou como um estudo de desenvolvimento de produto educacional, sem aplicação em contexto escolar, não é possível afirmar sua efetividade quanto à aprendizagem, ao engajamento ou ao desenvolvimento de competências pelos estudantes. Tais aspectos constituem hipóteses fundamentadas na literatura especializada e deverão ser investigados em estudos posteriores.

Nesse sentido, a principal contribuição deste trabalho consiste na disponibilização de um recurso didático teoricamente fundamentado, de baixo custo e passível de reprodução em diferentes contextos educacionais, especialmente em escolas públicas que enfrentam limitações de infraestrutura para o ensino de Biologia Molecular. Além disso, o manual pedagógico amplia as possibilidades de utilização do jogo ao oferecer orientações para planejamento, mediação e avaliação da aprendizagem, favorecendo sua integração às práticas pedagógicas desenvolvidas pelo professor.

Como perspectiva para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos de validação do produto educacional em turmas da Educação Básica, envolvendo diferentes contextos escolares e metodologias de investigação qualitativa e quantitativa. Tais estudos poderão analisar indicadores como aprendizagem conceitual, motivação, engajamento, interação entre os estudantes e percepção dos professores, produzindo evidências empíricas acerca das potencialidades e limitações do jogo como recurso para o ensino de Genética Molecular.

Conclui-se, portanto, que o jogo "Missão Genética: o Código da Vida" representa uma proposta educacional fundamentada em referenciais contemporâneos do ensino de Ciências e da Biologia, apresentando potencial para contribuir com a abordagem de conteúdos de elevada complexidade conceitual. Sua efetividade, entretanto, dependerá da mediação docente, das condições de implementação em sala de aula e dos resultados obtidos em futuras investigações empíricas, capazes de validar cientificamente sua contribuição para o processo de ensino e aprendizagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTS, Bruce et al. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

AVERY, Oswald T.; MACLEOD, Colin M.; MCCARTY, Maclyn. Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types. **Journal of Experimental Medicine**, New York, v. 79, n. 2, p. 137-158, 1944.

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

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996.** Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996.

BRASILEIRO, Maria Eduarda; GRIGORIO, Pedro Henrique. Desafios para a implementação da BNCC no ensino de Ciências da Natureza. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 1-16, 2025.

CRICK, Francis H. C. On protein synthesis. **Symposia of the Society for Experimental Biology**, Cambridge, v. 12, p. 138-163, 1958.

CUNHA, Ana Paula; SANTOS, Maria Clara; ALMEIDA, João Vítor. Dificuldades de aprendizagem em genética no Ensino Médio: desafios e possibilidades didáticas. **Revista de Ensino de Biologia**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 45-62, 2021.

DETERDING, Sebastian et al. From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. In: **PROCEEDINGS OF THE 15TH INTERNATIONAL ACADEMIC MINDTREK CONFERENCE**, 2011, Tampere. Proceedings [...]. New York: ACM, 2011. p. 9-15.

FARIAS, Aline et al. Jogos didáticos no ensino de Ciências: possibilidades e limites para a aprendizagem significativa. **Revista Prática Docente**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 702-719, 2019.

GALVIS, Álvaro H. **Ingeniería de software educativo**. Bogotá: Universidad de los Andes, 2011.

HERSHEY, Alfred D.; CHASE, Martha. Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage. **Journal of General Physiology**, New York, v. 36, n. 1, p. 39-56, 1952.

HUIZINGA, Johan. **Homo ludens: o jogo como elemento da cultura**. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2019.

JACOB, François; MONOD, Jacques. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. **Journal of Molecular Biology**, London, v. 3, n. 3, p. 318-356, 1961.

KISHIMOTO, Tizuko Morchida. **Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação**. 9. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

MACHADO, Cristiane; MEIRELLES, Rosane. Ensino de Biologia e BNCC: desafios para a prática docente no Ensino Médio. **Revista Educação em Ciências**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 89-107, 2020.

OLIVEIRA, Juliana; FERREIRA, Marcos. Metodologias ativas e ludicidade no ensino de Ciências. **Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 120-135, 2022.

PAULA, Fernanda et al. Mediação docente em jogos didáticos: contribuições para o ensino de Biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 1-20, 2023.

SOUZA, Camila; CARVALHO, Renato. Jogos pedagógicos no ensino de Genética: estratégias para aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 23, p. 1-24, 2023.

TEODORO, Ana Luiza et al. Políticas curriculares, precarização escolar e ensino de Ciências da Natureza. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 49, p. 1-22, 2024.

VAZ, Elaine et al. Dificuldades no ensino-aprendizagem de genética: uma análise no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de**

**Ciência e Tecnologia**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1-12, 2007.

WALLON, Henri. **A evolução psicológica da criança**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WATSON, James D.; CRICK, Francis H. C. Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid. **Nature**, London, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1953.

WERBACH, Kevin; HUNTER, Dan. **For the win: how game thinking can revolutionize your business**. Philadelphia: Wharton Digital Press, 2012.

---

<sup>1</sup> Mestrando em Ensino de Ciências pela UFRJ campus Duque de Caxias - RJ. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

<sup>2</sup> Doutora em Química, Docente e Pesquisadora na UFRJ campus Duque de Caxias – RJ. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)