

## USO DE ANIMAÇÕES DE GENÉTICA MOLECULAR NAS AULAS INICIAIS DE GENÉTICA MENDELIANA

### USE OF MOLECULAR GENETICS ANIMATIONS IN THE INITIAL CLASSES OF MENDELIAN GENETICS

### USO DE ANIMACIONES GENÉTICAS MOLECULARES EN LAS CLASES INICIALES DE GENÉTICA MENDELIANA

Marivalter Gomes Costa<sup>1</sup>

Daniela Cristina Ferreira<sup>2</sup>

#### RESUMO

O sucesso do estudo de Genética Mendeliana no ensino médio depende necessariamente de uma boa fundamentação dos seus conceitos iniciais. Por sua vez, para ocorrer à compreensão significativa desses conceitos, faz-se necessário atrelá-los aos assuntos relacionados à Genética Molecular, como a estrutura do material genético e sua expressão. O estudo compartilhado das duas áreas, e com o uso de animações de Genética Molecular, representa uma importante estratégia de intervenção pedagógica, no sentido de tornar esses conceitos menos abstratos e mais palpáveis aos alunos. Este trabalho objetiva analisar a eficiência do estudo compartilhado, assim como testar a eficácia do uso de animações de replicação e tradução gênica para melhor entendimento de conceitos como gene, genótipo e fenótipo. Foi elaborado como produto educacional, um catálogo contendo animações e sugestões de como promover o atrelamento entre os conceitos das duas áreas. O trabalho teve abordagem qualitativa e quantitativa e foi desenvolvido em uma escola pública de Primavera do Leste - MT, com 98 alunos das 3<sup>a</sup> séries do EM. Por meio de três testes de desempenho acerca dos conceitos básicos de Genética, após o seu estudo isolado, estudo compartilhado e esse com o uso de animações, notou-se ganho gradativo na assimilação dos conceitos básicos da Genética Mendeliana. Os dados obtidos mostram a importância da estruturação dos pré-requisitos para a ancoragem dos novos conhecimentos, no caso, os conceitos genéticos, tornando-os mais compreensíveis e, por conseguinte, atenuando o insucesso observado nas escolas públicas no ensino de Genética Mendeliana.

**Palavras-chave:** Material genético. Expressão gênica. Livros didáticos. Animações.

#### ABSTRACT

The success of the study of Mendelian Genetics in high school, necessarily depends on a good foundation of its initial concepts. In turn, for a meaningful understanding of these concepts, it is necessary to link them to issues related to Molecular Genetics, such as the structure of genetic material

<sup>1</sup> Mestre em Ensino de Biologia - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO, Instituto de Biociências, da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). Docente na Escola Estadual Padre Onesto Costa, Primavera do Leste, Mato Grosso, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Amalia Ometo, n.º 374, Bairro Parque Eldorado, Primavera do Leste, Mato Grosso, Brasil, CEP: 78850-000. E-mail: [marivaltergomes@hotmail.com](mailto:marivaltergomes@hotmail.com).

<sup>2</sup> Doutora em Ciências Biológicas (Genética) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP, Botucatu/SP. Docente no ensino superior na Universidade Federal de Mato Grosso, UFMT, Campus de Cuiabá. É credenciada, nos Programas de Pós-Graduação em Zoologia e Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, ProfBio, UFMT. Avenida Fernando Corrêa Costa, n.º 2367 Departamento de Biologia e Zoologia Boa Esperança, CEP: 78060900 - Cuiabá, MT – Brasil. E-mail: [ferreiradc@gmail.com](mailto:ferreiradc@gmail.com).



and its expression. The shared study of the two areas, and using Molecular Genetic animations, represents an important pedagogical intervention strategy, in the sense of making these concepts less abstract and more palpable to students. This work aims to analyze the effectiveness of the shared study, as well as to test the effectiveness of using replication animations and gene translation to better understand concepts such as gene, genotype and phenotype. A catalog containing animations was developed as an educational product. The work had a qualitative and quantitative approach and took place in a public school in Primavera do Leste, MT, with 98 students from the 3rd grades of EM. Through three performance tests on the basic concepts of Genetics, after its isolated study, shared study and this with the use of animations. The analysis revealed a distance from the study of the two areas. With the shared study and, later with the use of animations, it provided gain in the use of the understanding of the basic concepts of Mendelian Genetics. The data obtained show the importance of structuring the prerequisites for anchoring new knowledge, the genetic concepts, making them more understandable and, consequently, attenuating the failure observed in public schools in the teaching of Genetics.

**Keywords:** Genetic material. Gene expression. Didactic books. Animations.

## RESUMEN

El éxito del estudio de la Genética mendeliana en la escuela secundaria depende necesariamente de una buena base de sus conceptos iniciales. A su vez, para lograr una comprensión significativa de estos conceptos, es necesario vincularlos a cuestiones relacionadas con la Genética Molecular, como la estructura del material genético y su expresión. El estudio compartido de las dos áreas, y con el uso de animaciones de Genética Molecular, representa una importante estrategia de intervención pedagógica, en el sentido de hacer estos conceptos menos abstractos y más palpables para los estudiantes. Este trabajo tiene como objetivo analizar la eficiencia del estudio compartido, así como probar la efectividad del uso de animaciones de replicación y traducción de genes para una mejor comprensión de conceptos como gen, genotipo y fenotipo. Se desarrolló como producto educativo un catálogo que contiene animaciones y sugerencias sobre cómo vincular los conceptos de las dos áreas. El trabajo tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo y fue desarrollado en una escuela pública en Primavera do Leste - MT, con 98 estudiantes de 3er grado de EM. A través de tres pruebas, su estudio aislado, estudio compartido, se notó una ganancia paulatina en la asimilación de los conceptos básicos de la Genética Mendeliana. Los datos obtenidos muestran la importancia de estructurar los prerequisites para anclar nuevos conocimientos, en este caso, los conceptos genéticos, haciéndolos más comprensibles y, por tanto, mitigando el fracaso observado en las escuelas públicas en la enseñanza de la genética mendeliana.

**Palabras clave:** Material genético. La expresión genética. Libros didácticos. Animaciones.

## 1 INTRODUÇÃO

São muitos os obstáculos observados no ensino de Genética a nível do ensino médio, o que faz ocasionar baixo rendimento dos alunos ou uma aprendizagem frágil e superficial desse conteúdo. Muitos desses obstáculos são oriundos de outras áreas do conhecimento, como a interpretação de textos e inabilidade em cálculos matemáticos, pois os cálculos genéticos são muito enfatizados nesse nível de ensino.

A compreensão dos conceitos básicos de Genética Mendeliana representaria suporte a todo o seu estudo, de forma que promoveria a construção de um conhecimento duradouro,

contextualizado e, sobretudo, com aplicações práticas no cotidiano dos alunos. Dessa forma, deixaria esses conteúdos menos complexos e abstratos, refletindo em ganho na aprendizagem.

Os conceitos que fundamentam a Genética Mendeliana estão fortemente atrelados aos conhecimentos advindos da Genética Molecular. Logo, a vinculação dos conhecimentos das duas áreas poderia representar facilitação em todo o processo ensino aprendizagem dessa área tão evidente da Biologia.

Compreender a estrutura dos cromossomos e do DNA é fundamental para a introdução de conceitos como gene, alelos e *locus* gênicos, assim como a compreensão de como o DNA, com o seu código genético, se expressa é determinante para compreender os termos como genótipo e fenótipo que são fundamentais para o entendimento de toda a Genética. Por esse motivo, uma estruturação bem realizada dos assuntos referentes à Genética Molecular se torna primordial para o sucesso no ensino de Genética Mendeliana, já que, estabelecendo relações entre as duas áreas, se está contribuindo para a construção de um conhecimento sólido, claro e entendível.

Mesmo com as constantes reformulações e mudanças na ordenação dos conteúdos nos livros didáticos, verificamos ainda um estudo fragmentado entre as duas áreas da Genética, pois, normalmente, observa-se que os assuntos de Genética Molecular e Mendeliana são trabalhados no 1º e 3º anos/EM, respectivamente. Dessa forma, temos uma lacuna de tempo considerável entre o estudo daquilo que se considera primordial para a apreensão de um novo conhecimento, no caso, os conceitos básicos de Genética Mendeliana.

Para que a aprendizagem se consolide, é preciso que, além da motivação do aluno, tenhamos material potencialmente significativo que atribua sentido a conceitos preexistentes apropriados. Portanto, uma ferramenta pedagógica como o livro didático teria papel relevante no processo ensino-aprendizagem, caso esse seja ordenado, sistematizado e atrativo aos estudantes, para que consigam, eventualmente, atrelar conhecimentos prévios aos assuntos abordados no material (MOREIRA, 2013).

Os livros didáticos representam, para muitas escolas, a principal ou mesmo a única ferramenta pedagógica para os professores desenvolverem o seu trabalho. Por esse motivo, faz-se necessário que esse material esteja em constante atualização e apresente uma boa qualidade visual, bem como coerência na disposição dos conteúdos. Os processos biológicos, para serem compreendidos pelos alunos, precisam estar representados através de imagens ou esquemas ilustrativos e numa sequência que priorize o estudo de conteúdos que se complementem, para, desse modo, facilitar a consolidação da aprendizagem.

Inegavelmente, torna-se complicado para os alunos o entendimento de processos tão complexos que dependem de uma sequência de eventos os quais, na maioria das vezes, são representados por imagens planas, estáticas e desconectas ou, pelo menos, de difícil conexão ou ordenação cronológica de acontecimentos para geração de um produto final (no caso, uma proteína).

Essas justificativas corroboram com ideia de que o estudo compartilhado entre Genética Mendeliana e Molecular propiciariam maior compreensão dos conceitos genéticos iniciais, facilitando assim, todo o seu entendimento. Na chamada aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel (2001), reforça-se a importância de conceitos ou conhecimentos prévios, consolidados na estrutura cognitiva do aluno, que atuaria como suporte para a retenção de novas informações (novo conhecimento), concretizando, assim, um processo seguro e contínuo, uma vez que, ao modificar a visão desses conceitos prévios, na mesma medida, também ocorre interação com o novo conhecimento.

Levando em consideração que os processos moleculares como replicação do DNA e tradução gênica são dinâmicos, a utilização de animações desses fenômenos potencializariam os resultados na aprendizagem, pois, sendo mais visual, promoveria sentido aos alunos, e conseqüentemente, maior capacidade de atrelamento aos conceitos como genes, genótipo e fenótipo.

Diante da importância do tema *expressão gênica* como alicerce para o estudo de Genética Mendeliana e por ser um assunto abstrato para os alunos do ensino médio, o uso das novas tecnologias torna-se determinante para unir e dar sentido para essas duas áreas da Biologia. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo realizar um estudo investigativo na área específica da expressão gênica, com foco principal no ganho da aprendizagem, por ocasião do estudo compartilhado entre as duas áreas da Genética, e principalmente, com o uso de animações de Genética Molecular. Animações criteriosamente selecionadas sobre os processos de replicação do DNA e síntese proteica foram testadas com os alunos, para observação dos seus efeitos, bem como para melhor compreensão dos mecanismos de expressão gênica, tornando tais assuntos mais atrativos e acessíveis para os alunos e possibilitando um suporte que garanta melhor compreensão dos conceitos que fundamentam a Genética Mendeliana.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A Genética corresponde ao ramo da Biologia que estuda os mecanismos de transmissão de características de uma geração a outra, como ocorre com a expressão do material genético e, mais do que isso, auxilia no entendimento de outras áreas do conhecimento biológico, como a Ecologia e a Evolução. Além disso, muitos assuntos do nosso cotidiano, como transfusões sanguíneas, doenças hereditárias, formação de gêmeos univitelinos, resistência a doenças, surgimento de bactérias resistentes a antibióticos, bem como o aparecimento de novas viroses estão relacionadas diretamente à Genética.

A Genética constitui em um campo jovem, embrenhada em um processo interno de evolução constante que contribui com seus conhecimentos para promover mudanças de como percebemos a vida, além de auxiliar na resolução de questões que envolvem a sociedade (GRIFFITHS *et al.* 2016, p. 70).

O estudo de Genética Molecular, trabalhado normalmente na primeira série do ensino médio é apresentado como complemento da Bioquímica Celular, sendo destinadas poucas aulas para a abordagem do tema. É pouco provável o sucesso na aprendizagem, em tão pouco tempo, de uma gama tão grande de conteúdos como as estruturas dos ácidos nucleicos e de processos tão complexos como replicação, transcrição, tradução e mecanismos de expressão gênica.

Ao chegar ao terceiro ano do ensino médio, sem a bagagem básica necessária da Genética Molecular, o processo do estudo e entendimento dos conceitos básicos da Genética Mendeliana estará comprometido. Sem entender o fenômeno da meiose, as leis mendelianas não farão sentido para os alunos, assim como a falta de noção clara do que é um cromossomo, da estrutura do DNA e sua expressão ao determinar uma proteína. Desse modo, como ficarão os conceitos básicos ministrados nas primeiras aulas de Genética, como gene, *locus*, genótipo ou fenótipo?

Destaca-se a importância de o planejamento das atividades a serem trabalhadas considerar o foco interdisciplinar e a relação trabalho, ciência, tecnologia e cultura, para permitir aos estudantes uma aprendizagem contextualizada e com significado prático daquilo que é trabalhado em sala de aula (LIMA; NUÑEZ, 2017).

Para a construção de novos conhecimentos, é inegável a importância de pré-requisitos para que todo o processo se desenrole de forma natural, prazerosa e, principalmente, que seja duradouro e contínuo, uma vez que a compreensão de um assunto leva ao entendimento de



outros, não só no meio científico, mas, especialmente, no que concerne ao cotidiano dos alunos.

Na aprendizagem significativa, é fundamental a presença do conhecimento prévio (subsunçor) ou pré-requisito para que ocorra uma interação com o novo conhecimento. Produtos dessa relação seriam uma “ancoragem” entre esses conhecimentos, dando sentido a essa nova informação (aprendizagem subordinada) e ampliação para a compreensão de outros assuntos afins (aprendizagem superordenada), fixando de forma duradoura na estrutura cognitiva do educando (MOREIRA, 2013).

Moreira (2010) salienta também que a aprendizagem significativa se configura pela comunicação entre os conhecimentos preexistentes e conhecimentos novos, sendo que essa interação é não literal e não arbitrária. Dessa forma, durante o processo de aprendizagem, os novos conhecimentos se consolidam com maior solidez cognitiva, uma vez que apresentam significado e sentido real ao estudante.

Desta forma, a aquisição de novos conhecimentos no processo de ensino aprendizagem depende de conceitos relevantes que já se encontram estruturados na estrutura cognitiva dos alunos e de conhecimentos adequados que permitam o surgimento de novos significados e potencializem a aprendizagem dos mesmos (AUSUBEL, 2001).

Logo, espera-se, por exemplo, que o entendimento do conceito de gene e sua relação com as proteínas deem sentido aos conceitos de genótipo e fenótipo, ao mesmo tempo em que possivelmente transforme o próprio entendimento inicial sobre genes e proteínas. Além disso, espera-se também que a clarificação desses conceitos e suas relações permitam verdadeiramente o entendimento de assuntos relacionados que são mencionados no dia a dia, como seres geneticamente modificados, genoma e geneterapia.

Certamente, quando realizamos a contextualização de um determinado assunto, estamos promovendo a junção do conhecimento a sua origem e, sobretudo, as suas aplicações na vida cotidiana dos alunos. Dessa forma, estreitar o espaço entre o conhecimento científico e sua aplicação prática implica numa maior motivação aos estudantes nas aulas e, com maior motivação, certamente teremos maior aprendizagem (RIBAS *et al.*, 2017).

É notado que, após a introdução geral à Genética Mendeliana, começa a aplicação dos famosos cruzamentos genéticos, os tais “Aa”. Certamente, sem a devida fundamentação básica, essa prática ficaria meramente mecânica, sendo apenas um processo de memorização, pouco duradoura e confusa, não representando, assim, uma aprendizagem significativa. Por outro lado, se bem estruturada, permite a retenção de novos conhecimentos, ampliando a

capacidade do estudante de compreender melhor o mundo vivo ao seu redor, bem como as novas tecnologias relacionadas ao tema. Nesse sentido,

A retenção significativa é superior à retenção por memorização, devido a razões provenientes das considerações processuais respectivas em cada um dos casos. Durante o intervalo de retenção, os significados acabados de surgir, como resultado da interação entre as novas ideias do material de aprendizagem e as ideias relevantes (ancoradas) da estrutura cognitiva, ligam-se e armazenam-se a estas ideias ancoradas altamente estáveis. Obviamente, esta ligação protege os novos significados das interferências arbitrárias e literais que rodeiam, de forma proativa e retroativa, as associações memorizadas (AUSUBEL, 2001, p. 15).

Por esse motivo, devemos e podemos cada vez mais lançar mão de métodos mais atrativos para os nossos alunos, utilizando com maior frequência estratégias pedagógicas variadas e, nesse viés, a utilização das tecnologias digitais pode representar um excelente caminho a ser explorado.

A comunidade escolar precisa refletir sobre que forma se pode reconhecer um currículo dinamicamente reconstruído no contexto das tecnologias, nesse mundo de cultura acentuadamente digital, e como ele se expressa em novas propostas pedagógicas que qualitativamente promovam o interesse e o envolvimento dos adolescentes e que aceleram os estudos no exercício de seu direito à educação básica. É preciso refletir também sobre como potencializar pedagogicamente o uso daqueles equipamentos que já habitam os meios sociais, de modo geral, e o cotidiano escolar, em particular (ALTENFELDER et al., 2011, p. 17 e 18).

Nesse sentido, com o intuito de potencializar o entendimento dos conceitos genéticos dependentes de processos moleculares tão abstratos, sugerimos a utilização de animações de Genética Molecular por representar uma importante ferramenta pedagógica. Segundo Dias e Chagas (2014), uma utilização criteriosa, pelo professor, das animações pode ser um promotor de aprendizagens significativas e de atitudes positivas em relação à temática em estudo.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa, de caráter qualitativo e quantitativo, foi desenvolvida com os alunos da terceira série do ensino médio, período matutino e vespertino (turmas A, B, C e D), da Escola Estadual Alda Gawlinski Scopel, localizada na Avenida São João, 212, no centro da cidade de Primavera do Leste - MT. O desenvolvimento das atividades propostas iniciou com o universo de 98 alunos, devidamente matriculados na escola e com faixa etária de 16 a 18 anos,

perfazendo o total geral de alunos das citadas turmas, depois de terem assinado os termos de consentimento, assentimento e confidencialidade. Nas turmas envolvidas, eram ministradas duas aulas semanais, de 55 minutos cada e sempre sequenciais, facilitando, assim, o desenvolvimento das atividades. Testes de desempenho foram aplicados ao final de cada abordagem programada: o estudo dos conceitos iniciais de Genética Mendeliana de forma isolada, o seu estudo associado à Genética Molecular e, por fim, com o uso de animações de duplicação do DNA e tradução gênica.

Numa primeira abordagem, os dados foram coletados por meio da aplicação de dois questionários: I) o pré-teste, realizado após a aula tradicional, ou seja, definindo conceitos básicos de Genética Mendeliana (duas aulas), sem o uso de recurso de vídeos, apenas com a utilização de imagens dos livros didáticos e II) o pós-teste, realizado após as aulas associando os conceitos de Genética Mendeliana e Molecular (duas aulas), tais como estrutura dos ácidos nucleicos, processos de replicação, transcrição e tradução com auxílio de imagens apresentadas, utilizando a ferramenta *PowerPoint*. Cada questionário contou com quinze questões, contendo quatro alternativas por questão, nas quais foram analisadas competências como: compreender a estrutura do material genético (relação cromossomo, cromatina e DNA), identificar os genes como unidade de transmissão hereditária e que, por meio da síntese de proteínas, determinam as características fenotípicas.

Para a escolha das animações a serem testadas com os alunos, optou-se pela metodologia Delphi, que propicia uma seleção de material ampla, dando à pesquisa maior solidez, permitindo, dessa maneira, melhor tomada de decisão e, portanto, respaldo de confiabilidade ao resultado final, quando aplicado e testado com os alunos.

O método Delphi é largamente utilizado como instrumento de pesquisa para previsão de tendências no ramo empresarial, sendo o seu resultado o subsídio necessário para tomadas de decisões futuras, podendo ser utilizado em várias áreas do conhecimento humano, assim como no meio educacional como parte de processo de construção da aprendizagem. Essa técnica se mostra como uma ferramenta importante para projeções tecnológicas, na medida em que agrega informações subjetivas sobre a avaliação dos problemas enfatizados em diversas áreas do conhecimento científico (ROZADOS, 2015).

Métodos que permitam ouvir os diferentes especialistas e refletir conjuntamente sobre os problemas e as características da Educação e o sistema de ensino e gerar consensos têm um enorme potencial (MARQUES; FREITAS, 2018).

A partir da plataforma *youtube.com*, o professor moderador, responsável pela pesquisa,



realizou a seleção de dez animações, cinco de replicação e cinco de tradução, observando a qualidade do material, mas, sobretudo, a clareza e a simplicidade de como se apresenta cada processo, considerando o público-alvo para o qual esse material deveria ser testado, neste caso, os alunos do ensino médio. O questionário online foi enviado para seis especialistas, professores doutores na área da Genética.

A robustez dos dados obtidos após a aplicação do referido método se justifica, pois são coletados por um grupo de especialistas de forma estruturada e sem interferências individuais de um sobre o outro. Certamente a confiabilidade dos resultados será maior do que, por exemplo, se fosse realizada por um grupo não especializado e/ou não estruturado, ou ainda de forma individual. Ainda segundo Marques e Freitas, (2018), o Delphi tem o potencial de construir reflexões muito ricas devido a sua facilidade de agregar, de forma anônima, especialistas dispersos e de permitir um diálogo refletido através das múltiplas rodadas com feedback.

As análises das respostas dos especialistas, participantes da pesquisa, levaram à seleção de duas animações de cada processo considerado (replicação e tradução), aquelas mais bem avaliadas nos quesitos considerados relevantes. Essas animações foram utilizadas de forma conjunta ao estudo de conceitos básicos de Genética Mendeliana, para a observação do efeito dessa prática no processo ensino aprendizagem.

Links das animações selecionadas sobre replicação do DNA:

<https://youtu.be/kTbeC7e2kKA>; <https://youtu.be/T3RK7w0nfOc>

Links das animações selecionadas sobre tradução gênica:

[https://youtu.be/6nxRxoGME\\_I](https://youtu.be/6nxRxoGME_I); [https://youtu.be/W-OBm\\_s2yGM](https://youtu.be/W-OBm_s2yGM)

A partir daí, foi desenvolvido um planejamento de trabalho, com duração de duas aulas, no qual foi inserido o conteúdo associando a Genética Mendeliana à Molecular, agora utilizando as animações previamente selecionadas pelos especialistas. Com a utilização dessas animações, de forma visual e dinâmica, foram trabalhados os conteúdos e termos como cromossomos homólogos, DNA, genes, proteínas e características hereditárias, o que favoreceu estabelecer relação entre os conceitos de Genética Mendeliana, como *locus* gênico, genótipo e fenótipo. Após o desenvolvimento dessas aulas, foi aplicado um novo teste, com 15 questões de múltipla escolha, também utilizando a ferramenta *PowerPoint*. As questões eram contextualizadas e contemplavam a habilidade de resolução de problemas práticos

relacionados ao conhecimento genético.

## 4 ANÁLISES E RESULTADOS

### 4.1 Estudo Compartilhado entre Genética Molecular e Genética Mendeliana

O agrupamento da interdisciplinaridade e contextualização podem nortear o trabalho docente, e estimular as reflexões sobre a utilização de estratégias pedagógicas, bem como a seleção e “filtragem” dos assuntos a serem trabalhados em sala de aula (FERRETTI, 2000).

No estudo compartilhado entre Genética Mendeliana e Genética Molecular, observou-se aumento de rendimento das turmas nos testes de desempenho. Como podemos observar na Tabela 1, das oito competências analisadas, todas apresentaram aumento no aproveitamento dos conteúdos estudados de forma associada, mostrando clara relação de “ancoragem” de conceitos, que propicia melhores aproveitamentos no processo ensino-aprendizagem. A escolha dessas competências considerou a capacidade do aluno de relacionar os conceitos das duas áreas da Genética, além de relacioná-los com outras áreas da Biologia e com tecnologias afins.

Novos significados desempenham um papel no aumento de estabilidade, bem como no aumento da força de dissociabilidade associada, que resulta na ligação dos mesmos às ideias ancoradas mais estáveis que lhes correspondem (AUSUBEL, 2001).

**Tabela 1** – Porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes (pré-teste) e depois (pós-teste) do estudo compartilhado de Genética Mendeliana e Genética Molecular.

Competências analisadas	Antes	Depois
Reconhecer os genes como unidade de transmissão hereditária	45%	60%
Compreender a relação entre genótipo e os fatores ambientais	58%	85%
Associar o DNA como "receitas" de proteínas	27%	69%
Entender a definição e a importância das mutações	68%	81%
Identificar a região da célula onde se localiza o material genético	73%	83%
Compreender que as células de um mesmo organismo são geneticamente idênticas	46%	63%

Observação de características que não se expressam nos pais e aparecem nos filhos.	65%	94%
Reconhecer tecnologias relacionadas à Genética	72%	78%

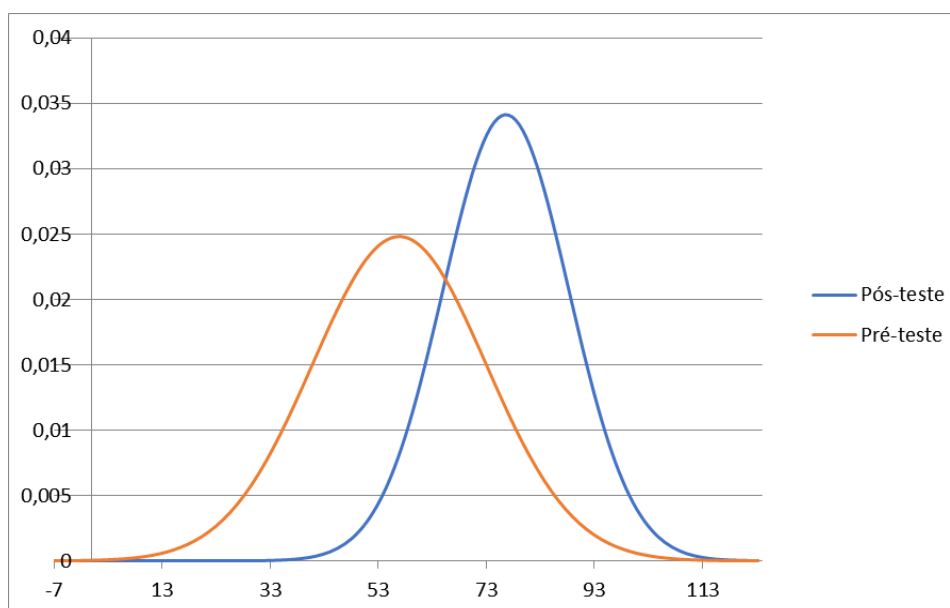
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para validar e conferir confiabilidade às análises quantitativas também foi realizado o teste estatístico, denominado de teste t de *Student*, utilizando os mesmos critérios dispostos na tabela anterior. Dessa forma, é possível demonstrar as diferenças estatísticas entre as duas situações observadas (Gráfico 1).

Calculando a Variância utilizando a fórmula  $S^2 = \frac{\sum X^2}{N} - \bar{X}^2$  e variância combinada pela fórmula  $S_{\bar{X}_1 - \bar{X}_2} = \sqrt{\left(\frac{N_1 S_A^2 + N_2 S_B^2}{N_1 + N_2 - 2}\right) \cdot \left(\frac{N_1 + N_2}{N_1 N_2}\right)}$  utilizando os dados obtidos, encontrou-se o grau de liberdade (gl = 14) que corresponde na Tabela t de Student ao valor crítico de 2,145 para o grau de significância de 0,05, isso confere ao resultado encontrado 95% de certeza absoluta. Assim, ao calcular o teste t o valor encontrado é de 2,817, superior ao valor crítico da tabela, demonstrando que o grau de significância obtido com o uso das animações realmente é significativo no ensino-aprendizagem.

A partir da observação do teste t, foi elaborado o gráfico comparando os resultados alcançados nas duas situações, pré-teste e pós-teste. Nele é possível perceber com maior nitidez o ganho real obtido com o estudo compartilhado entre Genética Molecular e Mendeliana.

**Gráfico 1** – Comparativo de resultados entre pré-teste e pós-teste a partir do teste t de *Student*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como vimos anteriormente, a divisão dos conteúdos entre as três séries do ensino médio aloca os assuntos relacionados à Citologia como pré-requisitos para as demais áreas na primeira série (volume I), o que é plenamente compreensível, pois, se bem trabalhado, pode fundamentar o restante do percurso dos discentes. Mas, quando isso não ocorre, a compartimentalização dos conteúdos pode causar estragos, pois as assimilações de assuntos de outras áreas biológicas dependem dessa base.

Desse ponto de vista, a fragmentação dos conteúdos e sua desarticulação com o contexto social, fato que evidencia a histórica dicotomia entre teoria e prática, pode ser uma das causas de desmotivação, desinteresse e apatia dos estudantes. Daí porque defende-se a ideia de que a educação desenvolvida na escola precisa ser útil para a vida, de modo que os estudantes possam articular o conhecimento construído com possibilidades reais de aplicação prática, ou seja, aprender com sentido, com significado contextualizado (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017, p. 276).

Considerando o conceito de gene como fundamental para a compreensão dos assuntos posteriores ao estudo de Genética Mendeliana na medida em que este contribui dando sentido aos símbolos ou letras adotadas nos cruzamentos genéticos, entende-se que o desafio principal é tornar esse conceito tão abstrato em algo mais acessível, desvendando sua estrutura, sua localização e, sobretudo, como determina nossas características mediante o controle da síntese proteica. A comparação entre o antes (pré-teste) e o depois do estudo compartilhado (pós teste), observado no Gráfico 1, mostra avanços na captação de ideias, por exemplo, sobre o papel determinante dos genes (DNA) para a expressão das características hereditárias.

Verificou-se que os avanços na compreensão da estrutura, localização e expressão dos genes contribuiu no sentido de clarificar outros conceitos fundamentais da Genética Mendeliana, como genótipos, fenótipos e relação de dominância. O estudo concomitante, relacionando os conhecimentos das duas áreas supracitadas, permitiu a “ancoragem” de ideias que se complementam, conforme a ponderação da aprendizagem significativa. Dessa forma, os conhecimentos construídos se fixam de forma efetiva na estrutura cognitiva dos alunos, ampliando a capacidade de contextualização do conhecimento científico.

#### ***4.2 Utilização das Animações de Genética Molecular nas aulas iniciais de Genética Mendeliana***

Considerando a complexidade dos temas abordados, faz-se necessário o uso de

metodologias alternativas, que possibilitem melhor compreensão pelos alunos. “Temos de oferecer-lhes uma educação instigadora, estimulante, provocativa, dinâmica, ativa desde o começo e em todos os níveis de ensino” (BACICH; MORAN, 2018, p. 162). Nesse sentido, a utilização da tecnologia digital pode representar uma ferramenta determinante para o sucesso da aprendizagem, uma vez que confere às aulas excelente grau de dinamismo, atraindo, dessa forma, maior atenção por parte dos alunos.

Com a utilização de animações, foi verificado que os resultados foram potencializados, como é possível notar na Tabela 2, nos tópicos específicos dos processos moleculares enfocados, tais como a compreensão das estruturas dos ácidos nucleicos, a atuação da maquinaria enzimática, as funções de cada molécula no processo e a importância da replicação do DNA, permitindo maior suporte na compreensão dos conteúdos relacionados à Genética Mendeliana. Na Tabela 2, temos os resultados comparativos em relação ao aproveitamento dos estudos associados entre Genética Mendeliana e Genética Molecular, e o mesmo, tendo como auxílio as animações trazidas nos vídeos selecionados.

**Tabela 2** – Porcentagens de acertos dos alunos participantes da pesquisa, antes e depois do estudo compartilhado de Genética com utilização de animações de Genética Molecular

Competências analisadas	Antes	Depois
Entender a definição de gene	42%	82%
Identificar a região da célula onde se localiza o material genético	83%	86%
Compreender as estruturas dos ácidos nucleicos (DNA e RNA)	65%	84%
Reconhecer os papéis dos RNAs no processo de tradução	50%	76%
Relacionar cromossomo com DNA	71%	76%
Reconhecer os genes como unidades de transmissão hereditárias	60%	76%
Estabelecer a relação entre: DNA, gene, proteína e característica.	69%	82%
Compreender a técnica da transgenia, como sendo a transferência de genes entre organismos.	32%	73%

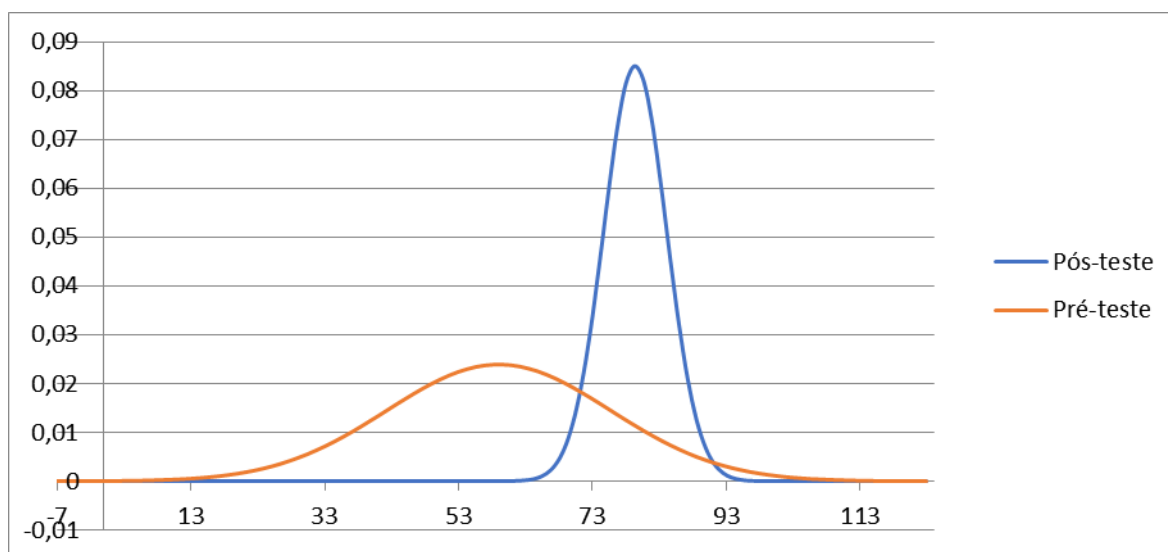
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o intuito de validar e conferir confiabilidade às análises quantitativas realizadas após a utilização das animações, também se aplicou o teste t de *Student* aos dados dispostos na Tabela 2.

Não houve alteração no grau de liberdade ( $gl = 14$ ), logo o valor corresponde na Tabela t de *Student* também não se alterou, e o valor encontrado com a aplicação do teste t

para essa situação se manteve superior ao valor crítico apresentado pela tabela, demonstrando que o grau de significância obtido com o uso das animações realmente é relevante e significativo ao ensino aprendizagem, como podemos observar no Gráfico 2.

**Gráfico 2** – Comparativo de resultados entre o aproveitamento dos alunos antes (vermelho) e depois do uso de animações (azul) de Genética molecular nas aulas iniciais de Genética Mendeliana, a partir do teste t de *Student*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como já mencionado, constatou-se também que o estudo de conceitos básicos de Genética Mendeliana associado aos processos de Genética Molecular, por meio de slides (apresentação *PowerPoint*), possibilitou consideráveis melhoras na compreensão desses conceitos. Mesmo com essa prática pedagógica, foram identificadas certas dificuldades dos alunos em assimilar processos celulares complexos, dependentes de vários fatores e tipos moleculares e, por esses serem processos dinâmicos, com etapas e eventos que se sucedem.

Existe natural dificuldade dos alunos em imaginar, quando se observa uma estrutura tridimensional, como é o caso das células, organelas citoplasmáticas e moléculas orgânicas, na forma plana, acarretando a elaboração de concepções adulteradas sobre os assuntos estudados (KRASILCHIK, 2008).

Por esse motivo, é de suma importância a utilização de estratégias, tais como os vídeos, dotados de capacidade de ampliar a visão e a interpretação dos estudantes, diminuindo o grau de abstração do assunto que evitaria a elaboração de ideias errôneas, na medida em que, ao serem analisadas somente imagens de processos, cada indivíduo pode construir uma

visão diferente dos reais eventos e suas peculiaridades. Para Moraes e Paiva (2007), conforme citado em Dias e Chagas (2014), “o recurso do uso de animações, salvaguardadas as devidas limitações e assinaladas as diferenças com o real, pode conduzir a um modo de representação que diminui a abstração necessária para a compreensão dos conteúdos.”

A compreensão do mecanismo de tradução gênica é fundamental para o proveito de outros conceitos biológicos. Desse modo, associando um código, representado por uma sequência de “letrinhas” (bases nitrogenadas), por vezes, sem nenhum sentido para os estudantes, a um produto final (proteína), que, por sua vez, determinará o aparecimento de uma característica (fenótipo), trará sentido ao conceito genético, se for devidamente fixado pelos alunos.

Da mesma forma, ao observar a dinâmica da incrível capacidade do DNA (não sozinho) de se duplicar, ele permite o entendimento do porquê que as células de um mesmo organismo são geneticamente iguais. A boa fundamentação de ideias como essas permite que sejam utilizadas como suporte para outros assuntos associados, por exemplo, considerando que são geneticamente iguais, então, de que forma as células de diferentes tecidos sintetizam proteínas diferentes? Assim, pode-se ir avançando para outros aspectos do conhecimento genético, a saber, mecanismos de expressão gênica de forma mais estruturada e, por que não, desenvolvendo certa autonomia nos estudantes no processo ensino-aprendizagem?

Com a utilização de animações de Genética Molecular como suporte no estudo de Genética Mendeliana, foi possível a ampliação no entendimento dos conceitos relacionados aos temas e, sobretudo, na capacidade de “atrelar” essas informações a conhecimentos e tecnologias vistas frequentemente no dia a dia dos alunos, como os exames de DNA, clonagem e transgenia. A visualização de animações em Biologia constitui, assim, uma prática relevante no processo de ensino-aprendizagem, desempenhando um importante papel na compreensão de conceitos, fenômenos e processos biológicos (DIAS; CHAGAS, 2014).

A contextualização promove motivação nos estudantes, levando a um maior interesse na aquisição de conhecimentos, propiciando reflexos para toda a vida do aluno na medida em que estreita o “abismo” entre o conhecimento científico e aquele utilizado de modo corriqueiro. Dessa forma, a necessidade de aprender aquilo que lhe faz sentido permite um processo mais natural e aceitável de ideias, questionamentos e reconstrução do conhecimento (RIBAS *et al.*, 2017).

## 5 CONSIDERAÇÕES

Verificou-se que os alunos apresentam grandes dificuldades na compreensão dos conceitos básicos da Genética Mendeliana, fato esse que contribui para o insucesso da aprendizagem dos demais assuntos relacionados ao tema. De modo particular, a pesquisa observou e investigou sobre alguns dos possíveis problemas que justificam esse insucesso e sobre medidas alternativas que poderiam auxiliar na modificação desse panorama. Destaca-se como entrave para a aprendizagem dos seus conceitos iniciais o distanciamento comumente observado com os assuntos relacionados à Genética Molecular.

Dessa forma, considera-se importante os estudos serem concomitantes, pois se perceberam resultados positivos alcançados durante a pesquisa, um acréscimo considerável no grau de compreensão dos conceitos de Genética Mendeliana quando estudados de forma conjunta aos assuntos relacionados à Genética Molecular.

Tendo em vista que os processos de replicação e tradução são mecanismos moleculares complexos, dependentes de vários fatores como ação enzimática, dispêndio de energia e presença de nucleotídeos, a utilização de animações tornou esses assuntos menos abstratos aos olhos dos alunos. É possível observar isso pela otimização dos resultados na compreensão de conceitos como gene, cromossomo, fenótipo e transgênicos, após o estudo desses temas com o auxílio dos vídeos/animações que retratam os fenômenos de replicação e tradução.

Por conseguinte, compreende-se que, concretizando esses conceitos, todo o desenrolar do estudo de Genética Mendeliana ocorrerá com maior significação para os jovens estudantes, ampliando sua capacidade de relacionar esses conhecimentos com outros de outras ciências e, principalmente, expandindo sua capacidade de aplicá-los no dia a dia.

O uso de animações nas aulas de Genética Mendeliana revelou-se uma intervenção pedagógica eficiente na redução do grau de abstração de conceitos fundamentais como o de gene, de assuntos de difícil compreensão como a relação entre DNA x cromatina x cromossomo e como esse complexo determina todas as características hereditárias dos seres vivos.

Acredita-se que um trabalho bem alicerçado é capaz de dar todo respaldo ao ensino de Genética Mendeliana, que ocupa aproximadamente metade da carga horária do ano letivo visto normalmente na 3ª série do ensino médio. Desta forma, realizar boa fundamentação



inicial confere ao desenvolvimento um “caminhar” mais tranquilo durante o estudo na medida em que se aprofunda em particularidades mais complexas.

Nessa perspectiva, a utilização das tecnologias digitais, que hoje fazem parte da vida dos jovens, com certeza representa uma das saídas para dinamizar as aulas, mas, sobretudo, promover maximização da aprendizagem, ao passo que essas sejam utilizadas de forma coesa e harmoniosa com outras estratégias de ensino.

Como se mostraram eficazes para a assimilação dos conceitos iniciais de Genética Mendeliana, a utilização de animações de Genética Molecular de forma pontual e dinâmica pode representar uma estratégia pedagógica importante para a facilitação e efetiva consolidação de uma aprendizagem verdadeiramente significativa. Sabendo que há muito a se encontrar nas pesquisas voltadas ao tema proposto, espera-se que tal artigo possa contribuir com esse debate dentro dos espaços de formação de professores.

## REFERÊNCIAS

ALTENFELDER, Anna Helena et. al. **Ensinar e aprender no mundo digital: fundamentos para a prática pedagógica na cultura digital**. CENPEC: São Paulo. v.1, p. 17-24, 2011.

AUSUBEL, D.P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 1a. Ed. PT-467-Janeiro de 2003. ISBN 972-707-364-6.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. 238p.

DIAS, Carla Pacifico; CHAGAS, Isabel. **Animações como Recurso Didático no Ensino da Biologia**. Externato Cooperativo da Benedita. Instituto de Educação de Lisboa. No documento III, Conferência Internacional Investigação, Práticas e Contextos em Educação (páginas 97-105), 2014. Disponível em:

<https://1library.org/article/anima%C3%A7%C3%B5es-recurso-did%C3%A1tico-biologia-pac%C3%ADfico-externato-cooperativo-benedita.zp0lxm0q> Acesso em: 10 Nov.2021.

DIESEL, Aline; BALDES, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. **Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica**. Revista Thema, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017. Disponível em:

<http://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/thema/article/view/404/295>. doi 14.2017.268-288.404. Acesso em: 08 abr. 2020.

FERRETTI, C. J. **Mudanças em sistemas estaduais de ensino em face das reformas no Ensino Médio e no Ensino Técnico**. Revista Educação & Sociedade. Campinas, ano XXI, nº 70, v. 21, n. 70, p. 80-99 Abril/2000. Disponível em:

<https://www.scielo.br/pdf/es/v21n70/a06v2170.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2020



GRIFFITHS, Anthony; WESSLER, Susan R.; CARROLL, Sean B.; DOEBLEY, John.  
**Introdução à genética.** Tradução Sylvia Werdmüller von Elgg Roberto.  
11. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 2036p. ISBN 978-85-277-2995-6.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de biologia.** 4. ed. São Paulo, SP: EDUSP, 2008. 200p.  
ISBN 10: 85-31407772

LIMA, S. M. P.; NUÑEZ, I. B. **Iniciação científica e pesquisa no ensino médio:** concepções e práticas docentes. In: Ensino médio: sujeitos, políticas e práticas em discussão. Rio de Janeiro: Dictio Brasil, 2017.

MARQUES, Joana Brás Varanda; FREITAS, Denise. **Método DELPHI:** caracterização e potencialidades na pesquisa em Educação<sup>1</sup>. Proposições; V.29, N. 2 (87); maio/ago. 2018.  
Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1590/1980624820150140> Acesso em: 10 Nov. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais.** Textos de Apoio ao Professor de Física - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. v. 24. n. 6. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2013. 55 p. ISSN 180-2763. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24\\_n6\\_moreira .pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v24_n6_moreira.pdf). Acesso em: 11 abr. 2020.

MOREIRA. M. A. **Aprendizagem Significativa Crítica.** Publicada também em Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, nº 6, pp. 83-101, 2005, com o título Aprendizaje Significativo crítico. 1ª edição, em formato de livro, 2005. ISSN: 1579-3141. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/122155>. Acesso em: 08 ago. 2020.

RIBAS, J. E.; PINTO, G. S.; STURZA, R. B.; TOMAZETTI, E. M. **Formação integral, interdisciplinaridade e contextualização nas políticas curriculares para o ensino médio.** In: Ensino médio: sujeitos, políticas e práticas em discussão. 2017, 157-187 p. Organizador: Lucas da Silva Martinez. – Rio de Janeiro: Dictio Brasil, 2017. 365 p. ISBN 978-85-92921-24-8.

ROZADOS, H. B. F. **O uso da técnica Delphi como alternativa metodológica para a área da ciência da informação.** Em Questão. PPGCOM - Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informática - 20 anos. v. 21, n. 3, set/dez. 2015, p. 64-86,. ISSN 1808-5245. Porto Alegre: UFRGS, 2015. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/EmQuestao/issue/view/2729/showToc>. Acesso em: 15 mar. de 2020.

---

## APÊNDICE 1

### AGRADECIMENTOS

Não se aplica

### FINANCIAMENTO

Não houve financiamento.

### CONTRIBUIÇÕES DE AUTORIA

Resumo/Abstract/Resumen: Marivalter Gomes Costa

Introdução: Marivalter Gomes Costa

Referencial teórico: Marivalter Gomes Costa e Daniela Cristina Ferreira

Análise de dados: Marivalter Gomes Costa e Daniela Cristina Ferreira

Discussão dos resultados: Marivalter Gomes Costa e Daniela Cristina Ferreira

Conclusão e considerações finais: Marivalter Gomes Costa

Referências: Marivalter Gomes

Revisão do manuscrito: Daniela Cristina Ferreira

Aprovação da versão final publicada:

## CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declararam não haver nenhum conflito de interesse de ordem pessoal, comercial, acadêmico, político e financeiro referente a este manuscrito.

## CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

## APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

## COMO CITAR - ABNT

GOMES COSTA, Marivalter. CRISTINA FERREIRA, Daniela. USO DE ANIMAÇÕES DE GENÉTICA MOLECULAR NAS AULAS INICIAIS DE GENÉTICA MENDELIANA. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**. Cuiabá, v. 10, n., 1, e22003, jan./abr., 2022. <http://dx.doi.org/10.26571/reamec.v10i1.12979>.

## COMO CITAR - APA

GOMES COSTA, M. CRISTINA FERREIRA, D. (2021). USO DE ANIMAÇÕES DE GENÉTICA MOLECULAR NAS AULAS INICIAIS DE GENÉTICA MENDELIANA. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, 10 (1), e22003. <http://dx.doi.org/10.26571/reamec.v10i1.12979>.

## LICENÇA DE USO

Licenciado sob a Licença Creative Commons [Attribution-NonCommercial 4.0 International \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Esta licença permite compartilhar, copiar, redistribuir o manuscrito em qualquer meio ou formato. Além disso, permite adaptar, remixar, transformar e construir sobre o material, desde que seja atribuído o devido crédito de autoria e publicação inicial neste periódico.

## DIREITOS AUTORAIS

Os direitos autorais são mantidos pelos autores, os quais concedem à Revista REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática - os direitos exclusivos de primeira publicação. Os autores não serão remunerados pela publicação de trabalhos neste periódico. Os autores têm autorização para assumir contratos adicionais separadamente, para distribuição não exclusiva da versão do trabalho publicada neste periódico (ex.: publicar em repositório institucional, em site pessoal, publicar uma tradução, ou como capítulo de livro), com reconhecimento de autoria e publicação inicial neste periódico. Os editores da Revista têm o direito de proceder a ajustes textuais e de adequação às normas da publicação.

## PUBLISHER

Universidade Federal de Mato Grosso. Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM) da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). Publicação no [Portal de Periódicos UFMT](#). As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da referida universidade.

## EDITOR

Patrícia Rosinke

## HISTÓRICO

Submetido: 11 de setembro de 2021.

Aprovado: 25 de novembro de 2021.

Publicado: 13 de janeiro de 2022.