

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA VIDA - ICV
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE
NACIONAL (PROFBIO)

GEILSON OLIVEIRA DOS SANTOS

**APLICAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA –
TRANSGENIA.**

Governador Valadares
2025

GEILSON OLIVEIRA DOS SANTOS

**APLICAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA -
TRANSGENIA.**

Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal de Juiz de Fora – *Campus* Governador Valadares para o cumprimento das exigências do PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL, sediado pela Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de mestre em Biologia. Área de concentração: Ensino de Biologia.

Orientadora: Dr^a. Michelle Bueno de Moura Pereira Antunes

Governador Valadares
2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Santos, Geilson Oliveira dos.

APLICAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA - TRANSGENIA. / Geilson Oliveira dos Santos. -- 2025.

79 p.

Orientadora: Michelle Bueno de Moura Pereira Antunes

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências da Vida - ICV. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional, 2025.

1. Transgenia. 2. Biotecnologia. 3. Ensino de Biologia. 4. Plataforma digital. 5. TDICs. I. Antunes, Michelle Bueno de Moura Pereira, orient. II. Título.

Geilson Oliveira dos Santos

APLICAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA - TRANSGENIA

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia. Área de concentração: Ensino de Biologia.

Aprovada em 28 de março de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Michelle Bueno de Moura Pereira Antunes - Orientadora

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. João Eustáquio Antunes

Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Fernanda Henrique Lyra de Assis

Universidade Vale do Rio Doce - UNIVALE

Juiz de Fora, 19/02/2025.



Documento assinado eletronicamente por **Michelle Bueno de Moura Pereira Antunes, Servidor(a)**, em 31/03/2025, às 08:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Henrique Lyra de Assis, Técnico Administrativo em Educação**, em 31/03/2025, às 08:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Joao Eustaquio Antunes, Servidor(a)**, em 31/03/2025, às 15:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2256518** e o código CRC **909B8E85**.

AGRADECIMENTOS

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.”

Primeiramente, agradeço a Deus, pela luz e força que sempre me guiaram ao longo desta jornada. Sua presença constante em minha vida foi fundamental para que eu pudesse superar os desafios e alcançar este importante marco.

Agradeço a Nossa Senhora, por me guiar com seu amor maternal e por interceder por mim em cada passo que dei. Sua fé inabalável e confiança em Deus foram um exemplo que me incentivou a seguir em frente, mesmo diante das dificuldades.

Agradeço à minha família, especialmente aos meus pais, que sempre me incentivaram a buscar o conhecimento e a realizar meus sonhos. Seu amor, apoio incondicional e valores cristãos foram a base que sustenta minha trajetória. Agradeço também a minha orientadora, Dra. Michelle Bueno de Moura Pereira, cuja orientação e sabedoria foram essenciais para a realização desta dissertação. Sua paciência e incentivo contribuíram enormemente para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Agradeço aos meus colegas e amigos, que tornaram este percurso mais leve e enriquecedor. A convivência e as trocas de ideias, os momentos de estudos, foram fundamentais para a construção deste trabalho.

Por fim, agradeço ao PROFBIO e a Universidade Federal de Juiz de Fora que, ao promover um ambiente de aprendizado e diálogo, me proporcionou a oportunidade de desenvolver minha pesquisa e aprofundar meus conhecimentos.

Que Deus abençoe a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste projeto.

RELATO DO MESTRANDO

Meu nome é Geilson Oliveira dos Santos, sou professor de Biologia da educação básica e atualmente mestrando na Rede ProfBio, com polo na Universidade Federal de Juiz de Fora – *Campus* Governador Valadares (UFJF-GV). Iniciei minha trajetória no mestrado em 10 de março de 2023, motivado pela necessidade de aprimorar minha prática professor e aprofundar meus conhecimentos em conteúdos biológicos e metodologias de ensino.

A proposta do ProfBio, de oferecer uma formação continuada voltada para professores em exercício, tem sido fundamental para meu desenvolvimento profissional. A estrutura do curso, com aulas remotas e encontros presenciais nos polos, aliada à qualidade dos professores e à integração entre teoria e prática, proporciona uma experiência rica e desafiadora.

Durante o curso, tive a oportunidade de participar de disciplinas que abordam temas atuais da Biologia e de áreas pedagógicas, o que tem contribuído significativamente para minha atuação em sala de aula. O desenvolvimento do produto educacional, eixo central do mestrado, me permitiu aplicar os conhecimentos adquiridos em minha escola, promovendo mudanças concretas no processo de ensino-aprendizagem.

Atualmente, estou em fase de conclusão da dissertação e do produto educacional, que tem como foco o ensino de biotecnologia – transgênico, através de uma sequência didática com o uso de uma plataforma OGM3D, criada por mim. Esse trabalho tem me permitido refletir criticamente sobre minha prática e propor soluções criativas e contextualizadas para os desafios encontrados no ensino de Biologia.

Participar do ProfBio pela UFJF-GV tem sido uma experiência transformadora, tanto do ponto de vista profissional quanto pessoal. A convivência com colegas de diferentes realidades escolares, o apoio dos professores e a infraestrutura do polo são aspectos que fortalecem ainda mais essa jornada.

Recomendo fortemente o ProfBio a todos os professores de Biologia da educação básica que desejam crescer na carreira, contribuir com a melhoria da educação científica no país e transformar sua prática pedagógica com base em evidências e inovação.

RESUMO

Biotecnologia é um tema de grande importância para o Ensino Médio, que busca formar os alunos com um pensamento crítico a respeito das tecnologias científicas modernas. Muitas vezes esse conteúdo é desafiador para os educadores que se deparam com a dificuldade dos alunos em compreender o tema e também a falta de capacitação pedagógica dos professores. Assim, faz-se necessário pensar em novas metodologias como as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs), que destaquem o protagonismo dos alunos no ensino de Biotecnologia. Na tentativa de aprimorar e facilitar a aprendizagem sobre o conteúdo de Biotecnologia, este trabalho desenvolveu uma sequência didática para o ensino de biotecnologia – transgenia. O trabalho foi desenvolvido com alunos do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual “Frei Marcelino de Milão”, município de Iapu, Minas Gerais. A metodologia foi aplicada com uma roda de conversa sobre tema transgênico, pesquisas bibliográficas sobre o tema e posterior apresentação desse levantamento. Também foi realizada a aplicação de uma atividade lúdica sobre a construção da molécula de DNA e apresentação da plataforma digital (OGM3D). Como método de avaliação, foi apresentado uma exposição através de uma feira de ciências sobre a tecnologia transgênica. Os resultados obtidos mostraram que o conhecimento prévio dos alunos sobre o tema – Transgênicos- era escasso e superficial. A atividade lúdica trouxe ganhos no aprendizado, já que os alunos conseguiram perceber as alterações fenotípicas após mudanças de códons específicos na molécula de DNA. Por fim, a aplicação da plataforma denominada OGM3D trouxe resultados positivos, quanto ao interesse e a percepção para o desenvolvimento de transgênicos. A feira de ciências permitiu a apresentação da sequência didática proposta e a percepção do conhecimento adquirido pelos funcionários e alunos da escola. Após os resultados obtidos conclui-se que a sequência didática proposta neste estudo pode ser utilizada como modelo no processo educacional, na área de biotecnologia-transgenia.

Palavras-Chave: Biotecnologia; Ensino de Biologia; Plataforma digital; Transgenia; TDICs.

ABSTRACT

Biotechnology is a very important topic for high school students, who seek to educate students to think critically about modern scientific technologies. This content is often challenging for educators who are faced with the difficulty students have in understanding the topic and the lack of pedagogical training of teachers. Therefore, it is necessary to think about new methodologies such as Digital Information and Communication Technologies (TDICs), which emphasize the leading role of students in teaching biotechnology. In an attempt to improve and facilitate learning about biotechnology content, this study developed a didactic sequence for teaching biotechnology – transgenics. The study was developed with 3rd year high school students from the “Frei Marcelino de Milão” State School, in the city of Iapu, Minas Gerais. The methodology was applied with a discussion group on the transgenic topic, bibliographic research on the topic and subsequent presentation of this research. A playful activity on the construction of the DNA molecule and presentation of the digital platform (OGM3D) were also carried out. As an evaluation method, an exhibition was presented through a science fair about transgenic technology. The results obtained showed that the students' prior knowledge about the topic - Transgenics - was scarce and superficial. The playful activity brought gains in learning, since the students were able to perceive the phenotypic changes after changes in specific codons in the DNA molecule. Finally, the application of the platform called OGM3D brought positive results, regarding the interest and perception for the development of transgenics. The science fair allowed the presentation of the proposed didactic sequence and the perception of the knowledge acquired by the school's employees and students. After the results obtained, it is concluded that the didactic sequence proposed in this study can be used as a model in the educational process, in the area of biotechnology-transgenics.

Keywords: Biotechnology; Biology Teaching; Digital Platform; Transgenics; TDICs.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Número de alunos que participaram da primeira etapa da sequência didática	25
Gráfico 02: Número de alunos que participaram da segunda etapa da sequência didática.....	31
Gráfico 03: <i>Sites</i> mais pesquisados pelos alunos.....	31
Gráfico 04: Produtos transgênicos encontrados.....	33
Gráfico 05: Qual processo ocorreu após a troca dos genes das moléculas de DNA.....	36
Gráfico 06: Média de nota dos grupos da feira de ciências.....	43
Gráfico 07: Avaliação do conteúdo apresentado pelos alunos na feira de ciências.....	44
Gráfico 08: Avaliação da organização dos grupos da feira de ciências.....	44
Gráfico 09: Avaliação da clareza da apresentação dos grupos.....	45
Gráfico 10: Avaliação dos grupos quanto ao uso de Utilização de recursos visuais.....	45
Gráfico 11: Avaliação dos grupos quanto a habilidades de comunicação.....	46
Gráfico 12: Avaliação do tempo gasto pelos alunos para apresentar o trabalho.....	46
Gráfico 13: Avaliação do engajamento do apresentador com o público.....	47
Gráfico 14: Avaliação da originalidade e criatividade da apresentação dos grupos.....	47
Gráfico 15: Avaliação da originalidade e criatividade da apresentação dos grupos.....	48
Gráfico 16: Avaliação se houve perguntas e resposta destinada ao grupo.....	48
Gráfico 17: Se processo investigativo motivou os alunos querer discutir e debater a solução do problema com seus colegas.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: O que são transgênicos?	25
Tabela 02: Como os transgênicos são produzidos?.....	26
Tabela 03: Por que os transgênicos são produzidos?.....	27
Tabela 04: Quais os malefícios dos transgênicos?.....	28
Tabela 05: Será que conseguimos distinguir um alimento transgênico? Será que já vimos um transgênico?.....	30
Tabela 06: Organização dos grupos por assunto, para exposição sobre transgênicos na feira de ciências.....	40
Tabela 07: Autoavaliação	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Moléculas de DNA construída pelos alunos, com as respectivas características expressas.....	34
Figura 02: Moléculas de DNA construída pelos alunos, pós troca de genes.....	35
Figura 03: Imagem do cardápio de entrada da plataforma OGM3D.....	37
Figura 04: Imagem célula Procarionte.....	37
Figura 05: Imagem da célula Eucarionte Vegetal.....	38
Figura 06: Imagem da célula Eucarionte Animal.....	38
Figura 07: Imagem do núcleo da célula Eucarionte.....	39
Figura 08: Imagem do matéria genético da célula Procarionte.....	39
Figura 09: Estande da feira de ciências.....	41
Figura 10: Cartaz com as vantagens e desvantagens dos transgênicos.....	42
Figura 10: Cartaz para que serve os transgênicos.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLA

BNCC - Base Nacional Comum Curricular.

CEP - Comitê de Ética em Pesquisa.

CTNBio - Comissão Técnica Nacional de Biossegurança.

DNA – Ácido Desoxirribonucleico.

EJA – Educação de Jovens e Adultos.

GM – Geneticamente Modificado.

IA - Inteligência Artificial.

NEE - Necessidades Educacionais Especiais.

OGM3D – Organismos Geneticamente Modificado Tridimensional.

OGMs - Organismos Geneticamente Modificados.

OMS - Organização Mundial de Saúde.

ONU - Organização das Nações Unidas.

RA - Realidade Aumentada.

SD – Sequência Didática.

TALE - Termo de Assentimento.

TCLE - Termo de Consentimento Livre Esclarecido.

TDICs -Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS GERAL	20
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3	METODOLOGIA	21
3.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	21
4	PRODUTO PREVISTO	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1	APLICAÇÃO DA PROPOSTA E RODA DE CONVERSA.....	25
5.2	APRESENTAÇÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	30
5.3	ATIVIDADE LÚDICA.....	34
5.4	APRESENTAÇÃO PLATAFORMA OGM3D.....	36
5.5	EXPOSIÇÃO – FEIRA DE CIÊNCIAS.....	40
5.6	QUESTIONÁRIO	49
6	CONCLUSÃO	52
7	REFERÊNCIAS	54
8	PRODUTO	60
	ANEXOS	67
	APÊNDICES	77

1 INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade, a educação do ser humano sempre foi um desafio, sendo que esta era passada de pais para filhos, com o intuito de ensinar a próxima geração a se defender, como caçar, extrair o couro dos animais para utilizar na sobrevivência, como pescar e entre outras coisas, como descreve Rosa e Zigano (2013). O objetivo da educação pré-histórica era a sobrevivência do grupo, embora houvesse a existência de expressões artísticas, como pinturas rupestres.

Atualmente, tal processo continua sobre responsabilidade dos pais, sendo complementado pelas instituições de ensino, seja ela particular ou pública, tal como preconiza a Constituição Federal de 1988, no artigo 205:

“A educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho”.

No entanto, para que as pessoas possam valer de tal direito, é necessário a existência de mecanismos para transmissão do conhecimento para os educandos, com intuito de facilitar a compreensão dos mesmos acerca dos assuntos que estão na grade curricular do ensino. A transmissão do conhecimento, depende dos objetivos imediatos da aula, da escolha e da organização dos métodos, de conteúdos específicos e o conhecimento das características dos alunos, como descreve Libâneo (1994).

O modelo atual de ensino ainda se encontra enraizado nas estruturas do século XIX, sendo as atividades curriculares baseadas em lápis e papel, o professor único detentor e transmissor da informação, no conceito de emissor-receptor, tendo o aluno como o espectador, onde se preenche de informações, muita das vezes não compreendida e processada pelo mesmo. Paulo Freire discute essa situação, quando descreve “o paradigma bancário”, ou seja, que o professor vê o aluno como um banco, no qual deposita o conhecimento, observando os aspectos da sala de aula, com cadeiras enfileiradas, onde o aluno é um passivo receptor do conhecimento (FREIRE, 2017).

1.1 METODOLOGIAS ATIVAS

A partir da reflexão crítica do modelo tradicional da educação, começou-se a pensar em novas técnicas que proporcionassem aos alunos o protagonismo no processo de aprendizagem. Essa nova forma de ensino, conhecida como metodologias ativas, apresenta o aluno como

protagonista do processo de ensino-aprendizagem, deixando as aulas dinâmicas, interessantes e atrativas (LESSA; SANTOS, 2023; BENEVIDES; NETO, 2023).

Diferentes metodologias ativas já foram propostas como: pesquisa, investigação, sala de aula invertida, aulas práticas, e outras experiências que permitem ressignificar os conteúdos escolares, estabelecendo conexões com o cotidiano do aluno e práticas sociais (MORÁN, 2015; OLIVEIRA, SAMPAIO, SAMPAIO, 2023). Desta forma, como descreve Moreira e Ribeiro (2016), o uso de metodologias ativas, associadas as práticas tradicionais de ensino, pode representar alternativa viável para a mediação e a construção de conhecimentos teóricos, práticos e com significado social e real para os discentes.

Como destaca, Martins, Fernandes e Pereira (2020), em sua pesquisa, que os professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental revelou que 93% deles perceberam resultados positivos com o uso de metodologias ativas. Os benefícios mais citados incluíram aumento do interesse (63%), maior participação dos estudantes (55%) e desenvolvimento da criatividade (50%).

Já Vercoza *et. al.*(2023), destacou o uso de metodologia ativa para alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA), notando maior interação, participação e protagonismo dos alunos em sala de aula.

Em um estudo realizado por Martins, Fernandes e Pereira (2020), estudantes que participaram de atividades baseadas em metodologias ativas apresentaram uma taxa de aprovação até 50% superior em comparação com grupos que seguiram métodos tradicionais de ensino. Lagubeau; Tecpan e Hernández (2019) indicou que a aprendizagem ativa reduziu significativamente a taxa de reprovação entre estudantes com habilidades de raciocínio não formal, demonstrando a eficácia dessas metodologias em contextos de vulnerabilidade acadêmica.

O emprego de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDCIs), como computadores, internet, *smartphones*, *softwares*, como descreve Valente (2014), precisam estar inseridas e integradas aos processos educacionais, para levar o aluno a melhor compreensão do conteúdo estudado. Utilizar metodologias ativas integradas ao conteúdo didático é um desafio que pode auxiliar no ensino de biologia, especificamente na área de biotecnologia. Essas tecnologias, baseadas na problematização da situação, jogos didáticos, visualização das estruturas e processos metabólicos por meio de plataformas tridimensionais, podem auxiliar na compreensão de processos celulares, processos bioquímicos que ocorrem frequentemente nas células (VALENGA, 2019).

Um dos desafios enfrentados pelos professores do ensino médio é desenvolver e aplicar

metodologias ativas que levem os alunos à compressão da biotecnologia, conteúdo lecionado no 3º ano do ensino médio, conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Porém, para a aprendizagem desse conteúdo é necessário que o aluno possua conhecimento prévio sobre outros conteúdos abordados em biologia, como de genética e de biologia molecular, sendo esses conteúdos integrantes da matriz curricular do ensino médio.

1.2 BIOTECNOLOGIA

Os livros didáticos de Biologia do 3º ano do ensino médio, proposto pela BNCC possuem ferramentas didáticas pouco efetivas na compreensão, sendo muito descritivos, com poucas imagens, sem atividades interativas que possam auxiliar na contextualização dos temas. De acordo com Carvalho (2019) e Santos *et al.* (2020), o conteúdo de biologia nas escolas públicas é bastante teórico, prendendo-se à descrição e à segmentação dos conteúdos que visam apenas à memorização. Esses conteúdos não são aplicados à realidade dos alunos, assim são esquecidos após as avaliações.

Embora a biotecnologia tenha sido incluída no BNCC, no ano de 2012, onde ocorreu a revisão do mesmo, essa temática faz parte da história da ciência, tendo sua origem há mais de 10 mil anos, quando o homem, mesmo sem o conhecimento de biologia, produzia vinho com técnica de fermentação. Porém, foi em 1953 o grande marco da história da biotecnologia, com a descoberta da natureza química e da estrutura tridimensional do material genético, o ácido desoxirribonucleico (DNA), pelos cientistas: o americano James Watson e o inglês Francis Crick (SILVA *et al.*, 2021).

Em 1992, a convenção de biodiversidade, realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), definiu o termo biotecnologia como: “qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica” (BRASIL, 2000).

A biotecnologia é uma ciência multidisciplinar com diversos ramos de conhecimentos, como genética, bioquímica, microbiologia, biologia molecular, imunologia, entre outras (LIMA, SANTOS, 2022). Ela está presente em vários setores da sociedade, como: medicina, através da terapia gênica, com prevenção para o surgimento de doenças, na produção de medicamentos, prevenção e combates a doenças genéticas. Na agricultura, com o melhoramento genético de plantas, reduzindo uso de agrotóxicos e aumentando a produção, e também no exame de paternidade e criminais (BERNINI *et. al*, 2021).

Lima e Santos (2022), descreve: “[...] a biotecnologia tem passado de maneira imperceptível no ambiente escolar[...]”, muitos alunos não têm noção que consomem produtos transgênicos, que vários tratamentos de saúde e tecnologia para preservação do meio ambiente, são advindas desta área das ciências. Desta forma, como descreve Fonseca e Bobrowsky (2015), “devido ao grande desenvolvimento da biotecnologia e ao notável reflexo na sociedade e no meio ambiente, é indispensável a sua inserção no currículo escolar, principalmente na disciplina de Biologia.”

1.3 TRANSGENIA

Na década de 70, houve outro avanço, a partir do desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante, que possibilitou a transferência de material genético entre organismos vivos, que abriu a possibilidade para o surgimento dos transgênicos. A produção dos transgênicos se confirmou com a bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*), com a introdução de um gene de anuro nesse microorganismo (ARAGÃO, 2023). Após um período de censura, novos produtos foram originados a partir da recombinação do DNA, como o tabaco em 1983 e em 1986 a síntese de insulina por bactérias (JOSAHKIAN, 2019).

No entanto, os organismos transgênicos só tiveram visibilidade no Brasil em 1996, com o cultivo de soja, aprovado o uso em 1998 pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e também a partir da insulina humana sintética, produzida a partir de bactérias, especialmente a *E. coli*. Com isso, uma nova era surge na produção e na comercialização de produtos agrícolas no Brasil e nas indústrias de insumos e medicamentos (JOSAHKIAN, 2019).

Com essa nova tecnologia, surgiram grandes indagações, sobre sua eficiência e os efeitos que podem causar para saúde humana e o meio ambiente, gerando uma série de mitos, como os produtos advindos desta tecnologia possuir caráter carcinogênico, o que não está relacionado com a alteração genética do organismo e sim como os agrotóxicos associados a sua produção (MENDES, CASTRO E ALTINO, 2023).

No que tange as questões ambientais, riscos como: poluição genética, surgimento de super pragas e danos a espécies circundantes (LEITE, 2007), vem sendo estudados, como descreve Abreu *et al* (2009) “afirma que alguns estudos mostram que os transgênicos eliminam animais como abelhas e minhocas, necessárias para a oxigenação do solo e disseminação do pólen das plantas”, por outro lado, àqueles que defendem que os transgênicos passam por uma forte processo de teste, que atesta a biossegurança do produto (ABREU *et. al.* 2009).

Quanto aos benefícios dos transgênicos, os produtos transgênicos reduzem o número de pesticidas, aumentam a produção e evitam desperdícios, além de ser uma alternativa para garantir a alimentação para a população mundial (FERRO, PAIXÃO, SILVA, 2021). Pode-se destacar também os processos terapêuticos, produção de novos fármacos, aumento do potencial nutricional dos alimentos e também síntese de plásticos e novos materiais (ALVES, 2004).

Novas descobertas que utilizam este tipo de tecnologia sempre estão em evidência no meio científico, como mosquito geneticamente modificado que pode resistir à infecção por malária, sendo considerado uma forma promissora para o controle do parasita que causa essa doença (CORREIA, 2019). Outra forma promissora da tecnologia transgênica é a manipulação de suínos de modo a utilizar os órgãos para possíveis transplantes em humanos, evitando assim a rejeição pelos transplantados (SOARES *et. al.*, 2017).

Embora os produtos transgênicos sejam de grande notoriedade nas rotinas dos alunos, os processos de pesquisa, a intervenção e a produção dos mesmos não são compreendidos por boa parte dos alunos, já que os alunos apresentam dificuldade na compreensão sobre a tecnologia de recombinação do DNA (ROCHA, SLONSKI, 2016). Além disso, muitos professores não apresentam conhecimento adequado sobre o assunto, não sendo capacitados para as novas áreas dentro da biologia. Assim, esse conteúdo também é desafiador para os professores de biologia de escolas públicas e até mesmo de escolas particulares (SOUZA *et. al.*, 2015).

Com o avanço da ciência, que reflete diretamente no processo de ensino, tornam-se necessários o uso de novas tecnologias que possam facilitar a compreensão dos alunos acerca de assunto tão relevante como o processo de transgenia na biotecnologia. A inserção de novas metodologias que auxiliem, na educação tradicional pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem, uma vez que poderá correlacionar os conhecimentos adquiridos da forma tradicional com o cotidiano dos alunos (BARRETO, 2020).

Como descreve Dullius (2012), é necessário refletir acerca da inserção de instrumentos tecnológicos pedagógicos, tendo o mesmo a função de agregar conhecimento e não apenas ocupar o tempo. Sendo assim, é necessário um planejamento coerente com a realidade dos alunos, da instituição e sobretudo com o conteúdo que deverá ser abordado.

Desta forma é necessário buscar alternativas que possam ajudar os alunos na compreensão do assunto abordado, especialmente no contexto da biologia molecular, que necessita de equipamentos sofisticados, que não faz parte do contexto educacional das escolas públicas, sem falar na dificuldade encontrada pelos professores. Silva e Kalhil (2017) descreveram que o ensino de genética no ensino médio tem sido ministrado de forma muito superficial, devendo-se em

parte à limitação encontrada pelos professores e também pela ausência de tecnologias que favoreçam tal processo de ensino.

Sendo assim, as metodologias ativas possibilitam que os alunos sejam protagonistas do processo de ensino aprendizagem, estimulando sua curiosidade para pesquisar, refletir e analisar possíveis situações que possibilitam tomar possíveis decisões, tendo o professor como facilitador deste processo (BERBEL, 2011; DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017). Sendo tal metodologia, importante para despertar o interesse em assuntos complexos como a biotecnologia (VALENGA, 2019).

Sabendo-se das dificuldades encontradas pelos discentes e também pelos professores na compreensão de conteúdos de biotecnologia como a produção de transgênicos, pretende-se neste trabalho aplicar uma sequência didática como ferramenta pedagógica para auxiliar no processo de aprendizagem sobre Biotecnologia – transgenia.

2 OBJETIVO GERAL

Aplicar uma sequência didática para auxiliar no processo de aprendizagem sobre Biotecnologia – Transgenia.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar os conhecimentos prévios dos alunos, por meio de roda de conversa; sobre biotecnologia – conteúdo transgenia;
- Aplicar atividade lúdica para compreender a estrutura do DNA e a produção de transgênicos;
- Desenvolver e apresentar *software* OGM3D para os alunos;
- Identificar os mecanismos de recombinação de DNA e construir um modelo de transgênico utilizando a plataforma digital (*software* OGM3D);
- Verificar o conhecimento dos alunos, após aplicação do *software* OGM3D;
- Apresentar na forma de feira de ciências os modelos transgênicos construídos na plataforma OGM3D.
- Realizar questionário qualitativo final sobre as opiniões dos alunos com as metodologias empregadas.

3 METODOLOGIA

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Juiz de Fora, em 29 de maio de 2024, sob parecer no 6.857.005 /2024 (ANEXO I) e autorizado pela direção da Escola Estadual Frei Marcelino de Milão – Iapu–MG (ANEXO II).

Todas as etapas foram explicadas aos alunos para que não houvesse dúvidas nem desengajamento no decorrer da proposta. Foram selecionados para a pesquisa os 60 alunos regularmente matriculados e frequentes na escola no início do projeto, que aceitaram participar do projeto, que estivessem cursando o 3º ano do ensino médio e que assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A). Alunos dentro da faixa etária regular, entre 16 e 17 anos, assinaram o termo de assentimento, TALE (APÊNDICE B), e seus pais assinaram o TCLE – RESPONSÁVEIS (APÊNDICE C). Como critérios de exclusão foram definidos que não participassem deste estudo, discentes que estivessem de atestado médico; discentes que não comparecessem na escola no dia da aplicação das metodologias propostas ou discentes nos quais seus representantes legais não assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido da pesquisa. Para os alunos que não realizaram as atividades propostas, foram aplicadas atividades complementares extras no momento das atividades.

3.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática proposta neste estudo foi aplicada pelo professor da turma em 8 aulas de 50 minutos, sendo utilizadas 4 aulas de biologia e 4 aulas de conteúdos afins, como Práticas experimentais e Saberes Investigativo da Natureza, que são disciplinas que compõem o itinerário informativo do Novo Ensino Médio. Na primeira aula, após a explicação pelo professor da proposta, foi exposto um texto sobre o tema que refere-se ao Brasil como vice-líder em produção de transgênicos (Agência: Câmara de Notícias) (ANEXO III). Em seguida, os alunos expressaram seus conhecimentos sobre biotecnologia – Transgenia. Foi proposta uma roda de conversa com questionamentos gerais para estimular a curiosidade e a participação dos alunos. Segue abaixo os questionamentos levantados:

- a) O que são transgênicos?
- b) Como e por que são produzidos?
- c) Existe algum malefício? E benefício?
- d) Será que conseguimos distinguir um alimento transgênico? Será que já vimos um

transgênico?

O professor mediou o debate, interagindo com os alunos e estimulando a curiosidade por meio dos questionamentos que trazem o assunto para o cotidiano. As respostas foram aleatórias e sem intervenção acerca de conceitos errados. Houve a solicitação de que outros alunos interagissem nas respostas dos colegas. Nesse primeiro momento, o professor gravou o debate e depois redigiu para o computador, tabelando as respostas mais frequentes, utilizando a planilha Google de modo a comparar ao final da sequência didática.

No segundo momento, (2ª aula), foi proposto que os alunos buscassem informações sobre o tema. O professor direcionou as proposições feitas pelos alunos, informando sobre a necessidade da idoneidade das informações (*sites* confiáveis). Após a escolha, os alunos pesquisaram sobre os questionamentos feitos na roda de conversa, as curiosidades e as dúvidas que possam ter surgido, sendo utilizada a sala de computação, e o resultado da pesquisa transcrito para o Google Formulário.

No 3º momento (3ª aula) foi solicitado pelo professor que os alunos apresentassem suas pesquisas bibliográficas. O professor direcionou a apresentação levantando questionamentos como:

- a) Quais os produtos transgênicos que eles encontram no seu cotidiano?
- b) Qual a finalidade da modificação genética?
- c) Quais as vantagens e as desvantagens desse processo?

A apresentação se deu na forma de roda de conversa, sendo o professor o mediador desse momento, as informações ditas pelos alunos gravadas, sendo as 5 mais frequentes, transcritas para a planilha do Google, para possíveis comparações.

No quarto momento (4ª aula), para auxiliar na compreensão de como é produzido um transgênico, foi proposta a elaboração de uma atividade lúdica, onde foi apresentada aos alunos uma situação-problema sobre transgenia, onde um orquídeófilo precisava desenvolver mais tipos de orquídeas com características que fossem atrativas ao comércio (ANEXO IV).

Após a apresentação do tema, os alunos dividiram-se em grupos e cada grupo construiu uma fita complementar do DNA (ANEXO V). A fita-molde foi definida pelo professor, sendo cada uma diferente para cada grupo. Para a construção da fita complementar, o grupo utilizou papel cartão de diferentes cores, sendo o círculo amarelo representando o grupo fosfato, o pentágono azul escuro, representando a pentose, as bases nitrogenadas: Timina (cor verde), Adenina (cor roxa), Citosina (cor rosa), Guanina (cor vermelha).

Após a construção da fita de DNA, as mesmas foram fixadas no quadro, sendo descritas as características fenotípicas que aquele gene pode transcrever (cor da pétala, tamanho da planta, tipo de raiz, etc.) e foi proposto que cada grupo retirasse um gene e trocasse entre os grupos. O professor

explicou que a cada 3 pares de bases tinha-se um gene e que, uma vez transcrito, produziria uma proteína com característica fenotípica estabelecida. Após a execução da atividade, o professor solicitou que os grupos escrevessem as novas características fenotípicas após a troca. A discussão foi baseada na situação-problema (ANEXO III) apresentada, no qual os alunos puderam discutir os resultados obtidos.

No quinto momento (5ª aula) foram apresentados aos alunos a plataforma digital (*software*), denominada OGM3D, sendo utilizada a própria sala de aula e óculos 3D da Meta Quest 3. A plataforma OGM3D, que utilizou recursos tridimensionais, possibilitou a visualização de uma célula procariótica (bactéria) e duas células eucarióticas, sendo uma vegetal e outra animal.

Para acessar a plataforma, foi necessário que os alunos conectassem os óculos a uma rede *Wi-Fi*, sendo que esses óculos foram fornecidos pelo próprio professor. Em seguida, os alunos pressionaram o botão “Oculus” para abrir o menu principal. Depois, eles foram até a opção “Loja” (Store) e acessaram o menu de aplicativos externos, onde eles procuraram pela plataforma OGM3D – Projeto de Mestrado Geilson Santos.

Para a construção da plataforma, foram utilizados o programa Blender (<https://www.blender.org/>), para modelagem das células em 3D e o Unity (<https://unity.com/>), para programação de modo a criar uma dimensão onde os alunos puderam conhecer a estrutura da célula (gamificação), tendo a visão do cardápio que dá acesso as três células. Ao tocar com o controle do óculos em um destes cardápios, o aluno tem acesso da parte externa das células e ao tocar sua membrana (célula animal) ou parede celular (célula vegetal) o aluno adentra dentro da mesma, podendo conhecer sua principais estruturas internas, como: ribossomo, retículo endoplasmático liso e rugoso, mitocôndria, lisossomo (célula animal), complexo de Golgi, centríolos, citosol, citoesqueleto, cloroplasto e vacúolo (célula vegetal) e ao tocar na carioteca (membrana nuclear) pode-se visitar o núcleo celular, e alcançar o material genético (DNA).

Já a célula procarionte o aluno tem acesso ao citosol, ribossomo, plasmídeo e material genético, ao tocar o cardápio da mesma, com o controle do óculos. Também é possível que o aluno selecionasse e retirasse parte do material genético de uma célula, podendo trocar os genes, sendo que ao trocar o gene, a célula modificada geneticamente apresentava uma nova característica fenotípica, mudando assim seu formato e cor.

No sexto momento (6ª aula), foi realizada uma roda de conversa, para avaliar o conhecimento do aluno após o contato com uma célula em 3D. Nesse momento, o professor permitiu que os alunos apresentassem as modificações feitas, explicassem as alterações genéticas, os benefícios dessas alterações. Também nesse momento, o professor retomou os questionamentos iniciais da sequência

didática e estimulou as respostas, solicitando que os mesmos fizessem uma avaliação da sequência didática, dividindo-a em três etapas: roda de conversa + pesquisa bibliográfica + construção da molécula de DNA, utilização da plataforma OGM3D. Nesta avaliação os alunos deveriam descrever quais as etapas contribuíram com a formação do conhecimento sobre transgênicos.

No 7º momento (7ª aula), foi proposto que os alunos elaborassem estratégias para apresentar o mecanismo de criação de organismos modificados geneticamente por transferência gênica. A apresentação foi realizada, mediante o desenvolvimento de uma exposição na feira de ciências da escola, onde os mesmos foram avaliados por outros professores, demais funcionários e alunos quanto ao domínio do tema proposto. Foi elaborada uma tabela com pontuação para a avaliação dos professores e demais funcionários (ANEXO VI). Por fim, os alunos receberam um questionário qualitativo sobre a aprendizagem adquirida (ANEXO VII).

4 PRODUTO PREVISTO

Esta pesquisa abordou o ensino de biotecnologia – transgênicos, tendo como produto uma sequência didática com as metodologias didáticas propostas que foram aplicadas no segundo semestre do ano de 2024 aos alunos regularmente matriculados no 3º ano do Ensino Médio regular e integral, da Escola Estadual Frei Marcelino de Milão, localizada na cidade de Iapu–MG.

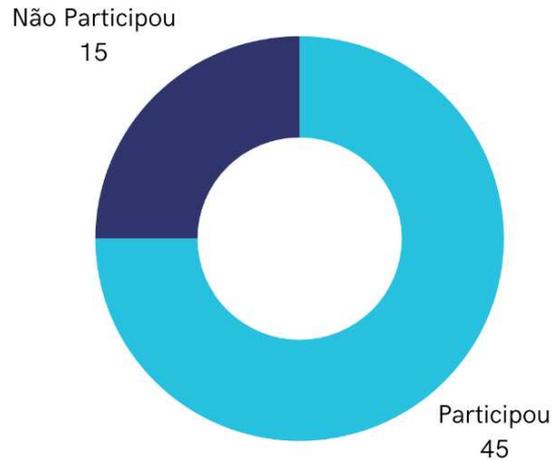
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Participaram efetivamente da pesquisa 60 alunos dos 63 alunos matriculados no 3º ano do ensino médio regular e integral da Escola Estadual Frei Marcelino de Milão, localizada no município de Iapu Minas Gerais. Os alunos foram divididos em 3 turmas: 3º ano integral com 18 alunos matriculados e 15 participantes do projeto, 3º ano regular noturno 1, com 22 alunos matriculados e 3º ano regular noturno 2 com 23 alunos matriculados, sendo as duas últimas turmas com 100% de participação. Dos três alunos que não aceitaram participar do projeto, um era infrequente, ou seja, embora esteja matriculado no sistema o mesmo não compareceu em nenhuma das aulas da sequência didática e dois possuem necessidades educacionais especiais (NEE). Para esses alunos foi elaborada atividades adaptadas as suas necessidades de acordo com o conteúdo nos momentos que eles não puderam participar do projeto.

5.1 APLICAÇÃO DA PROPOSTA E RODA DE CONVERSA.

Nesta etapa participaram 45 alunos (75%), dos 60 alunos que aceitaram participar do projeto (Gráfico 01).

Gráfico 01: Número de alunos que participaram da primeira etapa da sequência didática



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Inicialmente, os estudantes foram submetidos a uma sondagem de seus conhecimentos prévios sobre o conteúdo de biotecnologia através de uma roda de conversa. Para isso, o professor disponibilizou um texto sobre o tema que despertou interesse e curiosidade por parte dos alunos. Em seguida, o professor sugeriu algumas perguntas norteadoras sobre o assunto (perguntas descritas na metodologia) e para a primeira pergunta sobre o conceito de transgênicos, foram destacadas as 5 respostas mais frequentes, (Tabela 01).

Tabel 01: O que são transgênicos?

Pergunta norteadora.	Repetição:	Resposta:
O que são transgênicos?	9	Plantas geneticamente modificadas.
	6	Altera as características moleculares dos nutrientes.
	3	São plantas mais resistentes às pragas.
	2	Uma planta feita em laboratório.
	1	Plantas fáceis de se adaptar ao ecossistema.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

É importante ressaltar que nem todos os alunos responderam ao questionamento, pois se tratavam de uma roda de conversa, assim não foram todos os alunos que emitiram sua opinião, porém a maioria desses alunos que opinaram associou o uso dos transgênicos diretamente ao cultivo de plantas, em especial para o uso agrícolas. Para 9 alunos participantes (42,8%) a resposta dada aproxima-se do conceito correto para transgênicos que é Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), porém todo transgênico é um OGM, mas nem todo OGM é um transgênico, conforme a literatura (ALVES, 2007).

Embora o assunto transgênicos é abordado constantemente nos meios de comunicação e aparece nas habilidades a ser exploradas no ensino de biologia da BNCC (BRASIL, 2018), onde se deve “discutir as implicações éticas, sociais e ambientais das biotecnologias, incluindo os organismos geneticamente modificados (OGMs)”; poucos alunos sabem o que são transgênicos, como descreve Pedrancini, V. D. *et al.*(2008) a maioria dos estudantes divulga dados vinculados pela mídia, sendo bastante comum a expressão “[...]geneticamente modificado(a)”, muitas vezes também associado com plantas, alimentos, sementes.

Sobre o termo transgênicos, refere-se a qualquer organismo, microrganismo, animal ou planta que, por transformação, teve sua constituição genética alterada pela introdução de gene(s) de outro organismo, em geral, de outra espécie (KREUZER e MASSEY, 2001; TORRES, CALDAS e BUZO, 1999). Também pode ser denominado como transformação e alteração genética ocorrida em uma célula resultante da incorporação de material genético exógeno em seu genoma (QUECINE e VIEIRA, 2001).

A segunda pergunta norteadora da roda de conversa foi: Como e por que são produzidos? A tabela 02 destaca as 5 respostas mais frequentes.

Tabela 02: Como os transgênicos são produzidos?

Pergunta norteadora.	Repetição:	Resposta:
Como são produzidos?	12	Em laboratório.
	6	Mediante inserção do gene em uma célula.
	3	Por mutação da planta.
	1	Multiplicação de células.
	1	Cruzamento de plantas.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Pode-se notar que, um número maior de alunos respondeu ao questionamento 02 e embora grande parte dos alunos acredite que os transgênicos tenha sua origem em laboratório, eles não sabem como ocorre o processo, obtendo uma visão somente de uma reação química, com utilização de reagentes fora de uma célula. Outro grupo de alunos descreveu que é realizada a inserção de genes dentro da célula, porém não mencionou a inserção do mesmo em áreas estratégicas do genoma, para que seja realizada a troca destes genes.

O processo de transgenia também foi associada a mutação, o que é relativo, pois mutação pode ocorrer de várias formas, como pela perda, adição ou troca de um, ou mais nucleotídeos, sendo o processo de transgenia a adição de um gene exógeno em uma célula germinativa, dando origem a um embrião, gerando assim o organismo geneticamente modificado (GALVANI, 2019).

Quanto à fala do aluno sobre o processo de multiplicação celular, este processo ocorre em todos os organismos para sua reprodução e para o seu desenvolvimento, porém o mesmo não está associado exclusivamente ao processo de transgenia (UOMBE, 2024). Outros alunos destacaram que os transgênicos são feitos devido ao cruzamento de plantas, associando assim aos experimentos de Mendel com as ervilhas, tendo o processo gerado variabilidade genética, não sendo possível a manipulação de um gene específico (GALVANI, 2019).

Sendo assim, como descreve Pedrancini, V. D. *et al.* (2008) apesar do assunto sobre os transgênicos estar em pautas e discussões cotidianas, sendo motivo de preocupações de cunho político, econômico, social e ecológico, não garante que àqueles que discutem sobre o assunto tenham entendimento sobre ele, desta forma é importante que a escola exerça seu papel de informar e educar acerca dos desenvolvimentos científicos.

Também foram questionados o porquê são produzidos os transgênicos, no qual se nota as respostas mais frequentes na tabela 03.

Tabela 03: Por que os transgênicos são produzidos?

Pergunta norteadora.	Repetição:	Resposta:
Por que são produzidos?	14	Resistência as pragas nas plantas.
	5	Comercialmente mais atrativos.
	4	Durabilidade do produto.
	1	Melhorar a palatabilidade do produto.
	1	Reduzir o uso de fertilizantes.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Pode-se notar pelas respostas dos alunos que os organismos transgênicos estão sempre associados a agricultura, utilizados para criar plantas mais resistentes a pragas, sendo mais atrativas comercialmente, com maior durabilidade de prateleira, melhor sabor dos alimentos e reduzir o uso de fertilizantes no plantio. Fato este que vem sendo trazido pela mídia, pela intensa divulgação de organizações opositoras à técnica (PEDRANCINI. *et al.* 2008) e pela história dos produtos transgênicos no Brasil, que iniciou com a soja. No entanto, tal tecnologia é utilizada com avanço na área da medicina, como a produção de insulina sintetizada a partir da bactéria *E. coli* com a produção de insulina humana sintética (JOSAHKIAN, 2019).

A quarta pergunta da roda de conversa foi: Existe algum malefício? E benefício? Os resultados obtidos são apresentados na tabela 04.

Tabela 04: Quais os malefícios dos transgênicos?

Pergunta norteadora.	Repetição:	Resposta:
Existe algum malefício?	42	A saúde das pessoas que consome.
	6	Ao meio ambiente.
	1	Introdução de nova espécie.
	1	Alteração nutricional do produto.
	1	Causa mutações nas células.

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

É interessante notar que nesta pergunta 85% dos alunos participantes opinaram, o que mostra o aumento do interesse dos alunos com o seguimento das perguntas. Desses alunos, 94,1% acreditam que os produtos transgênicos fazem mal a saúde, assunto que já foi desmentido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), no qual diz: até hoje não foi encontrado nenhum caso de efeito sobre a saúde resultante do consumo de alimento geneticamente modificado (GM) "entre a população dos países em que eles foram aprovados"(OMS, 2003).

Sobre este assunto, Pedrancini. *et.al.*(2008) destaca que os cientistas que defendem a biotecnologia, argumentam que a possibilidade de um produto transgênico causar alergia e toxidez, não é maior que técnicas de melhoramento convencionais. Afinal, plantas transgênicas que passarem por testes bioquímicos, fisiológicos, alimentares e de impacto ambiental, e só depois deles forem comercializadas, serão tão seguras quanto aquelas que já consumimos (ALBRECHT, ALBRECHT E FILHO, 2013).

Em relação ao meio ambiente, com o surgimento de organismos mais resistentes pelo

melhoramento genético, pode levar por seleção natural espécies mais sensíveis à extinção, como também por fluxo gênico, criação de espécies daninhas de difícil controle e surgimento de novos patógenos (NODARI e GUERRA, 2003). No entanto Ivan Schuster (2013) ressalta que o fluxo gênico em diferentes espécies é bem complexo, tendo que quebrar várias barreiras de isolamentos reprodutivos.

Outra questão ambiental é a introdução de genes inseticidas inseridos na agricultura, que pode levar à disseminação de espécies importantes para o ecossistema, como os insetos polinizadores (PEDRANCINI *et al.* 2008).

Com relação à alteração nutricional dos produtos comercializados transgênicos, onde um aluno destacou que os produtos transgênicos são menos nutritivos do que os produtos da agricultura convencionais que não usa sementes geneticamente modificadas, Barros, Oliveira e Silva, (2021), descreve que existe equivalência nutricional entre alimentos convencionais e transgênicos. Pesquisas realizadas com soja transgênica e não transgênica não revelaram diferenças quanto as propriedades nutricionais dessas duas categorias de alimentos.

Com relação à mutação, essa resposta já foi abordada na tabela 02, é importante destacar que nos produtos transgênicos são inseridos um ou mais genes, que trará (ão) àquele organismo determinada (s) característica (s). Também precisa-se ressaltar que organismos transgênicos passarão por vários testes antes de chegar ao consumidor. Situações de mutações espontâneas ou induzidas por agentes mutagênicos, podem gerar novas características, porém a técnica utilizada é diferente, não sendo acrescentado e nem tirados genes, mas sim, alterando a cadeia polinucleotídica do DNA (DURLAND; AHMADIAN-MOGHADAM; 2021).

O questionamento sobre os benefícios dos transgênicos, foi correlacionado pelos alunos, à pergunta norteadora anterior sobre por que os transgênicos são produzidos, obtendo respostas similares (ver tabela 03). Os alunos novamente ressaltaram as questões comerciais relacionadas com a agricultura, não informando outros importantes avanços que a biotecnologia dos transgênicos trouxe para sociedade.

Ao final da roda de conversa, foi direcionada uma pergunta para cada um dos alunos, da seguinte forma: será que conseguimos distinguir um alimento transgênico? Será que já vimos um transgênico? A tabela 05 mostra os resultados obtidos;

Tabela 05: Será que conseguimos distinguir um alimento transgênico? Será que já vimos um transgênico?

Pergunta norteadora.	Repetição:	Resposta:
Será que conseguimos distinguir um alimento transgênico? Será que já vimos um transgênico?	28	Consegue distinguir e já viram.
	15	Não conseguem distinguir e não veem.
	2	Não conseguem distinguir e já viram escritos na embalagem.

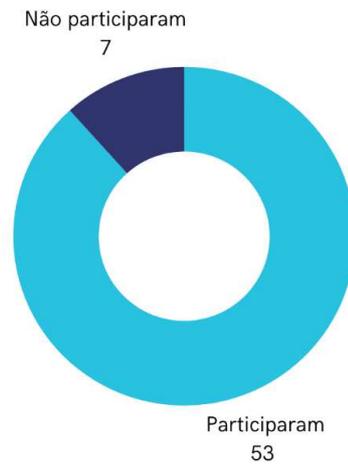
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Pode-se observar que muitos alunos declaram conseguir distinguir o produto transgênico ou já tiveram contato com algum, sempre relacionando com produtos da agricultura e principalmente local, como tomate e milho. Os alunos que não conseguiram distinguir relataram não saber diferenciar o produto transgênico dos produtos da agricultura convencional, já outros relataram ver escrito nos rótulos da embalagem dos produtos.

Embora haja muitas evidências sobre a importância desta tecnologia, muitos alunos não possuem informação precisa, sendo que os conceitos que estabelecem sobre o assunto chegam a eles por fontes sem nenhum respaldo científico. As informações erradas ou equivocadas podem levar a criação de ideias errôneas (mitos), que acabam distanciando dos conceitos verdadeiros, (MURTA, 2014).

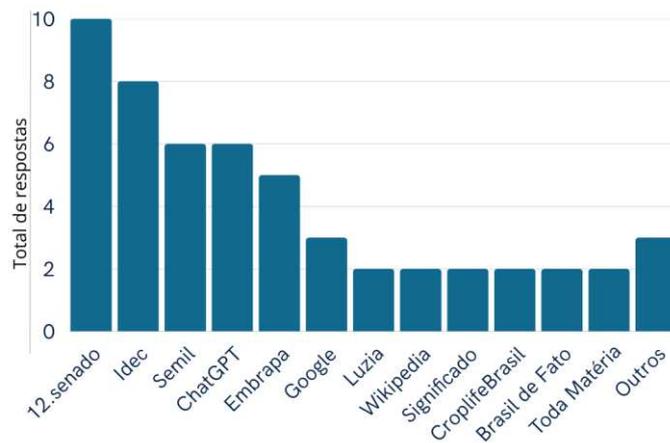
5.2 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Nessa etapa do projeto, os alunos foram levados ao laboratório de informática e foi proposto que eles pesquisassem sobre as informações levantadas e questionadas na roda de conversa. Participaram desta fase do projeto 53 alunos (88,3%), dos 60 alunos que assinaram o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), como demonstra o gráfico 02 abaixo:

Gráfico 02: Número de alunos que participaram da segunda etapa da sequência didática

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

A fim de garantir idoneidade da pesquisa, foram solicitados para que os alunos redigissem o que eles entenderam da pesquisa em um formulário, colocando a referência do *site* onde buscaram a informação. Os resultados dos *sites* pesquisados são apresentados no gráfico 03.

Gráfico 03: *Sites* mais pesquisados pelos alunos

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Pode-se notar que a maioria das páginas que os alunos buscaram informação para pesquisa são confiáveis, porém com informações mais superficiais sobre o assunto, não sendo destacados periódicos científicos. Como descreve Capurro e Hjørland (2007), a informação é o processo de transformação do conhecimento e, particularmente, a seleção e a interpretação em um contexto

específico.

Nota-se também a utilização por parte dos alunos do chat de busca de Inteligência Artificial (IA), que é um meio de informação no qual não se sabe ainda as precisões destas informações. Também não é possível mensurar a qualidade da informação e sua receptividade, ou seja, se de fato esta informação será abstraída, gerando ou não habilidades de gerir as informações adquiridas. Percebe-se que existe um fluxo informacional, entre o suporte computacional e os usuários, com o objetivo apenas de gerar conhecimento rápido para tomadas de decisão, (MENDONÇA; VARVAKIS, 2018).

Quanto à apresentação, a mesma foi gravada em forma de áudio, preservando assim a imagem do aluno, na qual os mesmos destacaram o que são transgênicos e se havia descoberto alguma informação nova. Nesse sentido, a maioria dos alunos repetiram as mesmas informações da 1ª roda de conversa, que:

“ [...]transgênicos são organismos geneticamente modificados”;

“Eles são organismos cujo material genético foi modificado para incluir genes de outra espécie[...]”;

“[...]são alimentos que tiveram seu DNA mudado para ter características melhores[...]”;
“[...]são organismos (plantas, animais ou microrganismos) que tiveram seu DNA modificado para incluir genes de outra espécie.”

“[...]têm genes de outras espécies inseridos em seu DNA, conferindo-lhes novas características”.

Ao analisar as respostas dos alunos sobre transgênicos, pode-se notar que os alunos que pesquisaram em fontes mais confiáveis, como *sites* do Senado e Embrapa, tiveram respostas mais assertivas sobre o assunto, porém as outras fontes deram respostas mais superficiais, não aprofundando no tema. Assim, a busca por informações mais sólidas, com referências científicas, contribui no processo de aprendizagem, tornando o aluno mais consciente e crítico sobre o assunto, como destacam Valentim, Jorge e Soria (2014):

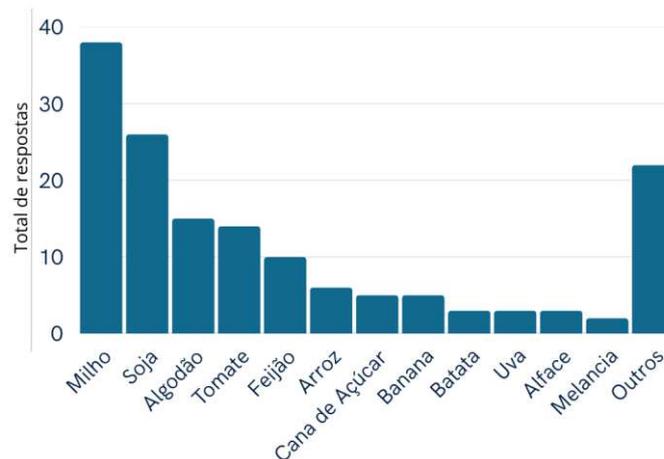
[...]evidenciaram a necessidade de um elemento responsável pelo processo de aprendizagem no que tange à informação, auxiliando e dinamizando o processo de geração de conhecimento, surgindo assim a necessidade de propiciar competência aos indivíduos no âmbito informacional.

A segunda pergunta que norteou a apresentação da pesquisa foi: quais produtos transgênicos

eles encontraram? Obtendo como resultados os produtos mencionados no gráfico 04 abaixo:

Pode-se notar que todos os produtos mencionados pelos alunos têm relação com a agricultura, tendo em vista que este é ponto forte da economia de nosso país, e é por isso que se encontra em maior evidência nos meios de comunicação e informação. Também se justifica pelas fontes pesquisadas, que não citam muitas vezes dados mais abstratos de popularidade nacional, não se aprofundando nas novas descobertas científicas.

Gráfico 04: Produtos transgênicos encontrados.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

A terceira pergunta que foi destacada na apresentação dos alunos foi: qual a finalidade da modificação genética? As respostas obtidas foram:

“aumento da produtividade[...]”;

“resistência a pragas e doenças.”;

“tolerância a condições adversas.”;

“melhora nutricional.”

“Inserir novas características em um organismo, para aumentar a sua utilidade.”

“Reduzir o uso de agrotóxicos e melhorar a qualidade dos alimentos.”

Mais uma vez, pode-se comprovar que mesmo pesquisando, a grande maioria dos alunos associa os transgênicos à produção agrícolas, acreditando eles que essa também é a maior vantagem de se produzir organismos geneticamente modificados pela técnica de transgenia.

Sobre as desvantagens, a maioria dos alunos acredita que os transgênicos fazem mal a saúde

humana e do meio ambiente, embora não encontrando embasamento científico que confirmasse sua concepção, tendo sua opinião baseada puramente no senso comum, criando assim um conceito sobre essa tecnologia. Como descreve Vigotsky (2001), “um conceito é mais do que a soma de certos vínculos associativos formados pela memória; é mais do que um simples hábito mental; é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser aprendido por meio de simples memorização [...]”.

5.3 ATIVIDADE LÚDICA

Nessa etapa, foi desenvolvida uma atividade lúdica com a construção de moléculas de DNA hipotéticas obtidas a partir de 4 espécies de orquídeas. Cada molécula de DNA representava 4 genes diferentes (cada gene era definido por uma trinca de bases nitrogenadas) que, ao serem codificados e traduzidos, dariam origem a aminoácidos com posterior síntese proteica, e com diferentes fenótipos das plantas.

Para essa atividade a turma foi dividida em 4 grupos. Essa atividade teve a participação de 100% dos alunos que aceitaram participar do projeto. Os grupos formados conseguiram desenvolver de forma correta a estrutura do DNA, obedecendo os critérios de ligação das bases nitrogenadas, e direção dos nucleotídeos, formando assim uma cadeia polinucleotídica com quatro genes diferentes por grupo (Figura 01).

Figura 01 : Moléculas de DNA construída pelos alunos, com as respectivas características expressas.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Após formar a estrutura do DNA, que foi de extrema importância para a identificação dos

genes, os grupos fixaram as moléculas que construíram na lousa, onde descreveram as características da planta e a relação dessas características com o gene codificante. Após os grupos terminarem, eles foram convidados a trocar um dos genes com o outro grupo. Ao fazer isso, o professor solicitou que reescrevessem as características da planta e se a nova característica trouxe vantagem ou não para o grupo. A figura 02 mostra as alterações observadas após a troca de genes.

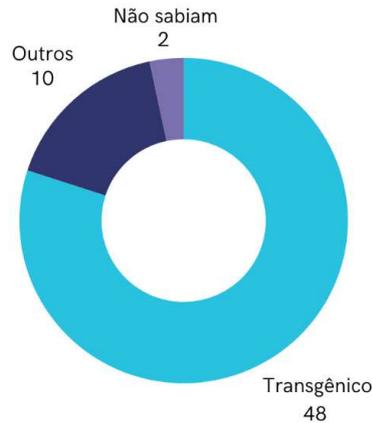
Figura 02: Moléculas de DNA construída pelos alunos, pós troca de genes.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Após as atividades, os alunos foram questionados se havia entendido qual processo era aquele, obtendo os seguintes dados, descritos no gráfico 05.

Gráfico 05: Qual processo ocorreu após a troca dos genes das moléculas de DNA?



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Pode-se observar que a construção da molécula de DNA pelos alunos, contribuiu para o entendimento da característica que um gene pode expressar, e, a partir dessa metodologia os alunos conseguiram aprofundar o conhecimento, e o entendimento sobre a produção de transgênicos.

Embora os produtos transgênicos sejam de grande notoriedade nas rotinas dos alunos, os processos de pesquisa, a intervenção e a produção dos mesmos não é compreendido por boa parte dos alunos, já que os alunos apresentam dificuldade na compreensão sobre a tecnologia de recombinação do DNA. De acordo com, Carvalho (2019) e Santos *et al.* (2020), o conteúdo de biologia nas escolas públicas é bastante teórico, prendendo-se à descrição e à segmentação dos conteúdos que visa apenas à memorização.

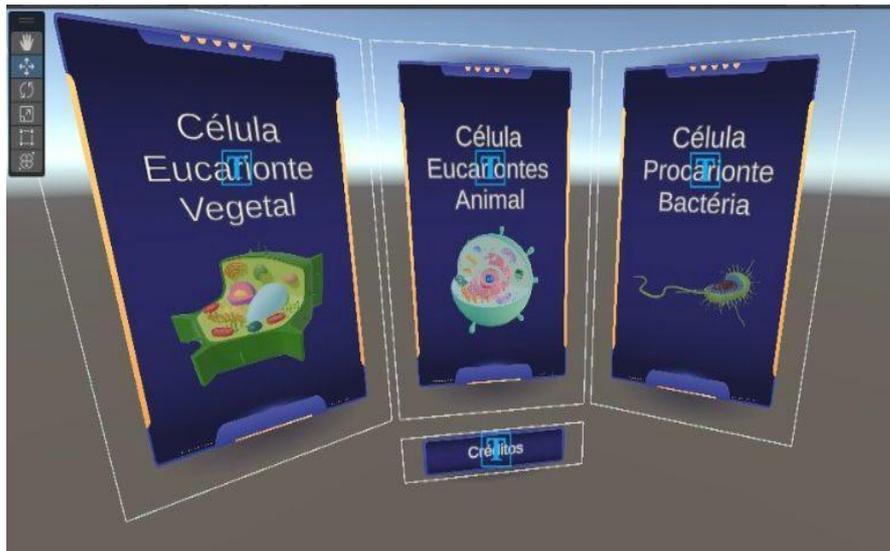
5.4 APRESENTAÇÃO DA PLATAFORMA OGM3D

A próxima etapa, foi a apresentação da plataforma OGM3D (Organismos Geneticamente Modificado Tridimensional), utilizando a tecnologia de modelagem 3D e gamificação. Essa plataforma foi desenvolvida pelo professor, foi elaborada uma realidade virtual (Metaverso), no qual os alunos utilizando um óculo 3D Metaquest 3, puderam conhecer a estrutura de uma célula procarionte e duas eucariontes (Vegetal e Animal), onde ao adentrar o material genético da célula, puderam alterar a estrutura de seu genoma, modificando assim as características fenotípicas das células.

Dos 60 alunos que aceitaram participar desta sequência didática, 58 alunos (96,7%), tiveram acesso à plataforma OGM3D, sendo que os dois alunos que não participaram da atividade não

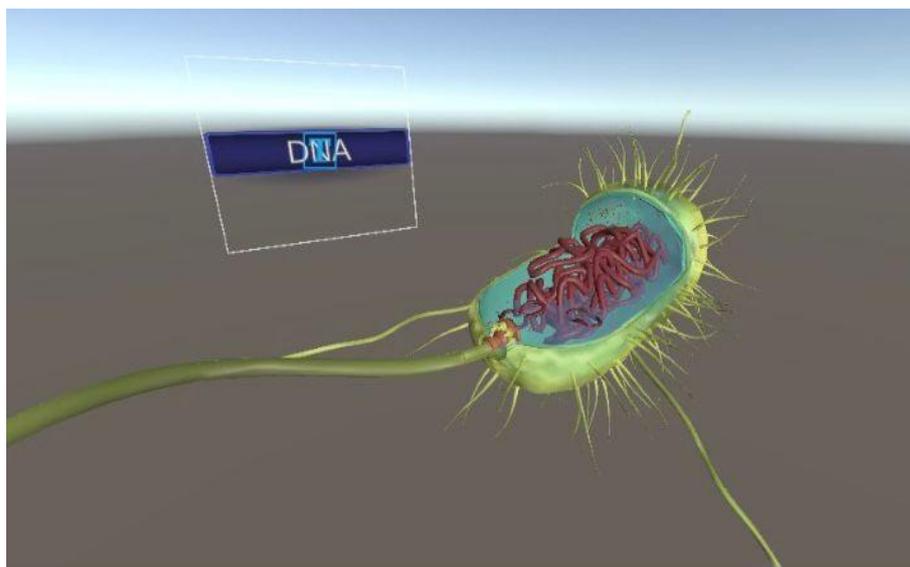
estavam presentes no dia da aplicação desta etapa da sequência didática. Em relação aos participantes, verificou-se que 100% conseguiram, com o auxílio do professor, acessar a plataforma, e orientar-se através do espelhamento do aplicativo (Meta Horizon) no celular. As figuras 3, 4, 5 e 6 são imagens representativas do ambiente tridimensional observado pelos alunos.

Figura 03: Imagem do cardápio de entrada da plataforma OGM3D.



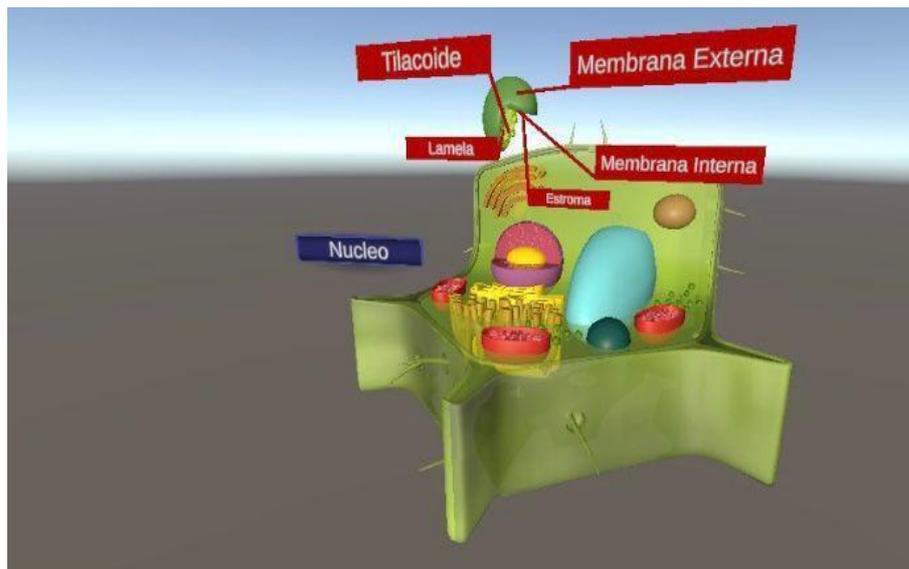
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Figura 04: Imagem célula Procarionte.



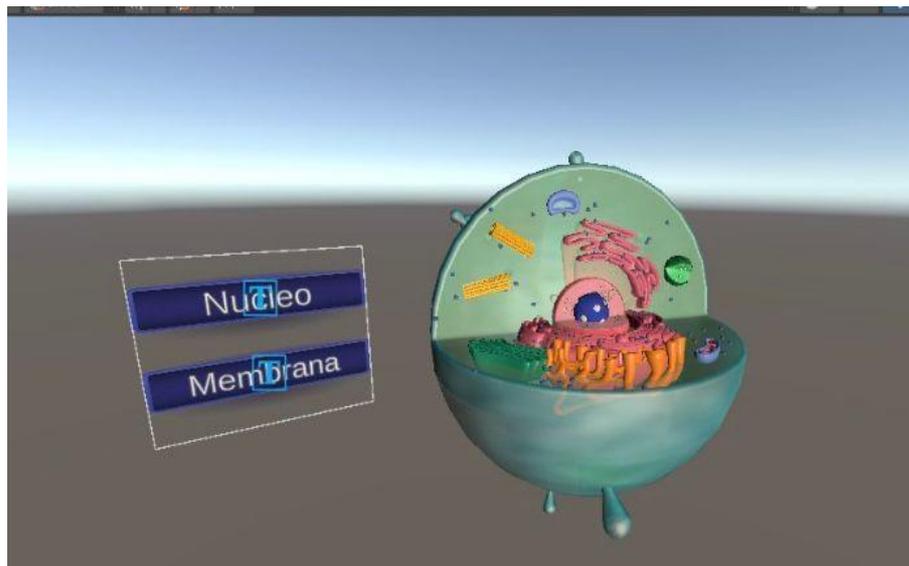
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Figura 05: Imagem da célula Eucarionte Vegetal.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

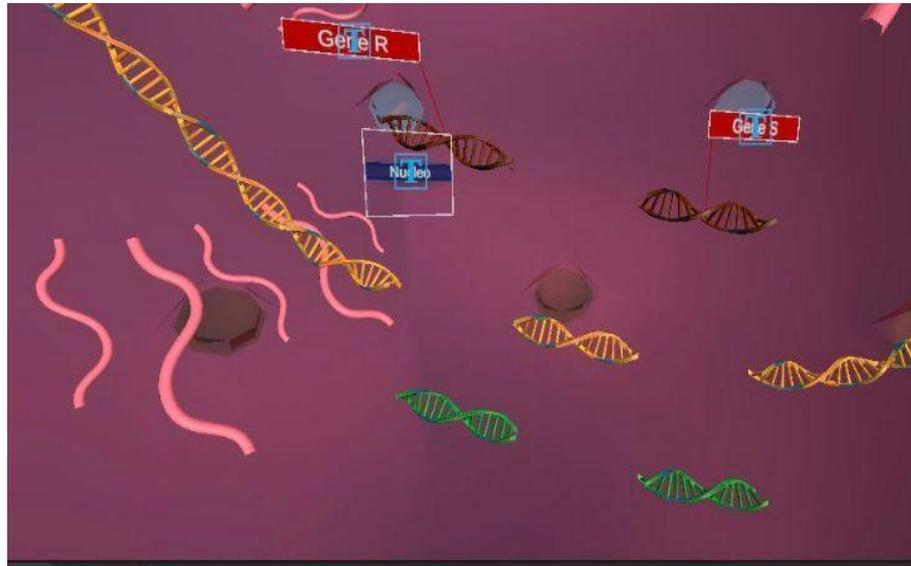
Figura 06: Imagem da célula Eucarionte Animal.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

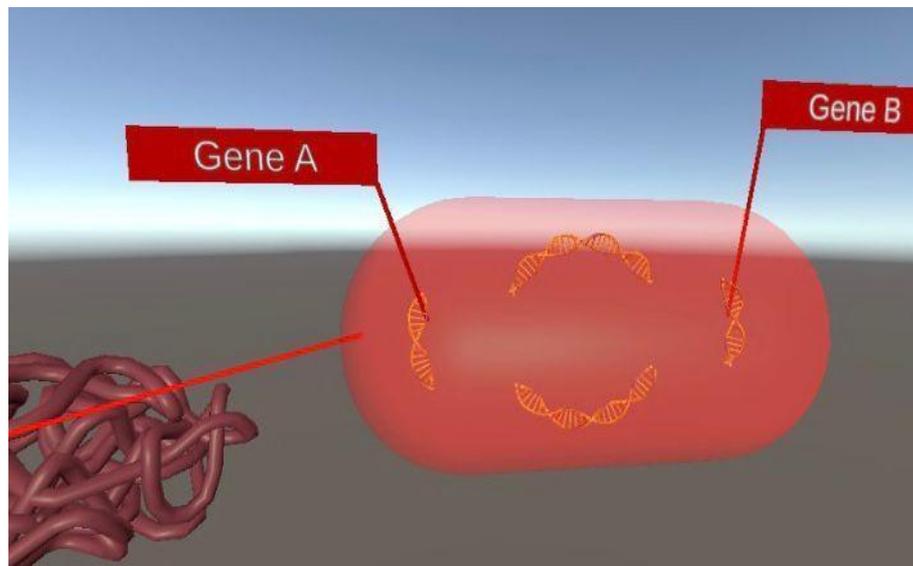
Após a familiarização com a plataforma solicitou-se que os alunos trocassem o material genético e anotassem o que ocorreria após a inserção de novo material genético. A figura 04 mostra a imagem observada pelos alunos trocando o material genético.

Figura 07 – Imagem do núcleo da célula Eucarionte.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Figura 08 : Imagem do matéria genético da célula Procarionte.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Ao terminar de utilizarem a plataforma OGM3D, o professor questionou sobre a utilização da plataforma e sobre os processos observados pelos alunos como a troca de material genético. Todos os participantes conseguiram correlacionar que o evento observado se tratava de uma tecnologia de transgenia, pois ao inserir os novos genes a célula sofreu transformação.

Sendo assim, pode-se destacar que o uso da plataforma OGM3D, como recurso virtual de realidade aumentada (RA), permitiu que os alunos conhecessem de perto a estrutura celular, como também interagissem com as células. Além disso, a possibilidade de troca de material genético entre as espécies apresentadas possibilitou a consolidação do conhecimento sobre o conteúdo de transgenia.

Este tipo de tecnologia promete ser promissora no processo de ensino e aprendizagem, sendo que, diversos estudos comprovam que sua utilização traz contribuições para a percepção e motivação dos usuários em diversas atividades no contexto educacional, auxiliando na aprendizagem em diversas áreas do conhecimento (AYER; MESSNER; ANUMBA, 2016; MANRIQUE-JUAN, C. *et al.*, 2017.). O fato dos alunos, além visualizar, poderem manipular as estruturas das células, como o DNA, acarreta aprimoramento do aprendizado, além de permitir mais engajamento dos estudantes (LOPES, L. *et al.*, 2019).

5.5 APRESENTAÇÃO DA FEIRA DE CIÊNCIAS

Nessa etapa os alunos foram divididos em dois grupos por turma, e foi proposto que os mesmos elaborassem uma estratégia para apresentar o processo de produção de algum produto transgênico, descrevendo a tecnologia envolvida, sua importância para sociedade. A tabela 06 mostra os produtos escolhidos pelos alunos.

Tabela 06: Organização dos grupos por assunto, para exposição sobre transgênicos na feira de ciências.

TURMA:	GRUPO:	ASSUNTO:
3º ano integral 1	1	Plantas transgênicas.
	2	Transplante de coração suíno transgênicos.
3º ano regular 1	1	Produção de milho transgênicos.
	2	Produção de soja transgênicas.
3º ano regular 2	1	Mosquitos geneticamente modificados contra a malária.
	2	Produção de insulina através da tecnologia de transgenia.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Pode-se notar na tabela acima, que nessa etapa do trabalho sugeriram outros produtos fruto da tecnologia transgênica que não foram citados pelos alunos nas etapas anteriores, como mosquito

geneticamente modificado para o combate de malária, sendo uma alternativa para reduzir a infecção deste protozoário, embora estudos não comprovem a capacidade de erradicação, este tipo de tecnologia promete ser promissora no controle de algumas parasitologias (WYSE, BEVILACQUA E RAFIKOV, 2017).

Quanto ao transplante do coração de porco, essa teve repercussão mundial com o 2ª segundo coração suíno a ser transplantado para o ser humano, após ter realizado a inserção de novos genes e a desativação de outros. Embora o primeiro paciente transplantado não ter tido uma sobrevida muito longa, vivendo apenas dois meses após o transplante, essa nova técnica promete revolucionar e solucionar os problemas da fila de transplantes de órgãos no mundo (FERRARI, 2023).

Sobre a produção de insulina, este foi um grande avanço não somente para medicina, mas para engenharia genética, que trouxe a possibilidade de criar um hormônio sintético a partir da técnica da transgenia, ajudando assim, pessoas que sofrem com *Diabetes Mellitus* (DM), doença que vem crescendo, causando um alerta na saúde pública (LOPES *et. al.* 2012).

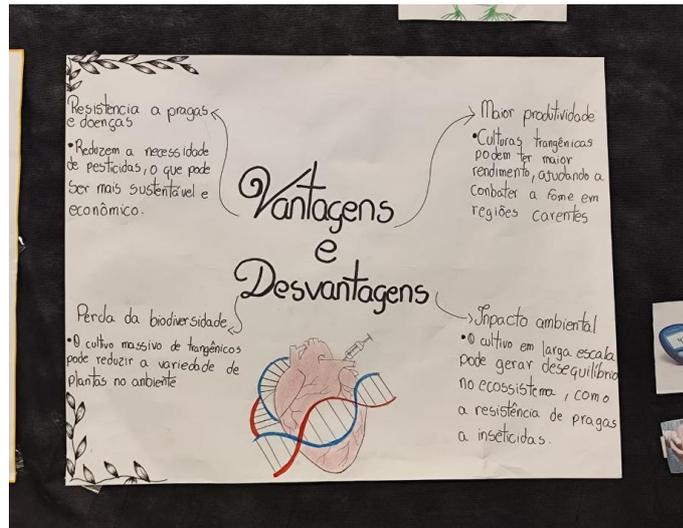
Quanto aos outros assuntos escolhidos pelo grupo, pode-se notar que são temas bem comuns na mídia, quando se fala sobre produtos transgênicos, sendo utilizados muitas vezes na agricultura em solução para o aumento da produtividade, resistência a pragas, redução do uso de agrotóxicos (ALVES, 2004), tendo em vista o setor do agronegócio um dos mais importantes para a economia do país. Após a escolha do assunto, ficou a critério dos alunos, desenvolver de maneiras práticas para explicar a produção e a importância do produto escolhido, utilizando recursos como maquete, cartazes, painéis, para demonstrar para a comunidade escolar (alunos, funcionários). As figuras 09, 10 e 11 mostram as produções realizadas pelos alunos para a exposição na feira de ciências.

Figura 09: Estande da feira de ciências.



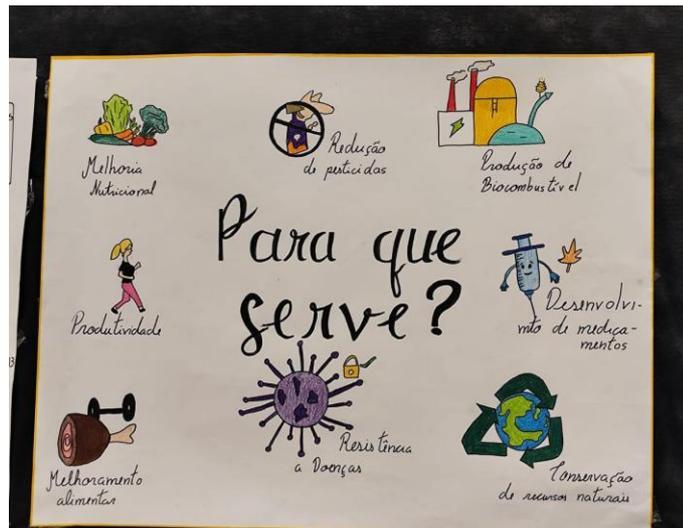
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Figura 10: Cartaz com as vantagens e desvantagens dos transgênicos.



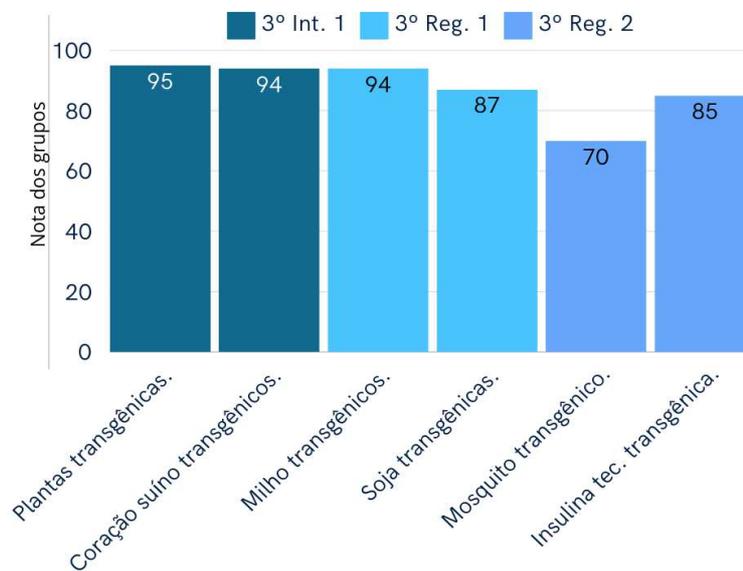
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Figura 11: Cartaz para que serve os transgênicos.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

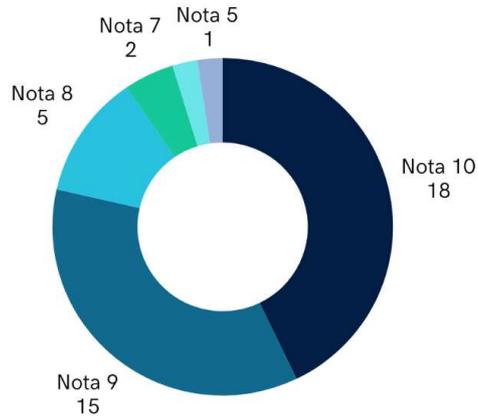
Para a avaliação dos alunos, foram escolhidos 10 funcionários da escola (diretor, vice, secretários e professores de diferentes disciplinas), porém devido ao curto tempo de exposição e também de outros trabalhos da escola, nem todos os avaliadores conseguiram visitar os 6 estandes onde se encontrava o trabalho sobre transgênicos. Os alunos foram avaliados com nota de 1 a 10 em dez tipos de categorias, sendo a média obtida pelo grupo, destacada no gráfico abaixo:

Gráfico 06: Média de nota dos grupos da feira de ciências.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Com base no gráfico, pode-se notar que grande parte dos alunos obtiveram resultados satisfatórios, ou seja de 70% acima, o que demonstra a capacidade de criar estratégias e expor o assunto para a comunidade escolar. Destaca-se também a importância da feira de ciências na demonstração dos conhecimentos dos alunos, e a capacidade deles em transmitir o conhecimento adquirido. Essa metodologia faz com que o aluno se torne protagonista do trabalho, criando oportunidade para investigação, sendo também um instrumento de integração com todos os setores escola (SILVA, ALMEIDA E LIMA, 2018). Foi estabelecido para a avaliação da exposição dos grupos da feira de ciências dez critérios, sendo encaminhado para os avaliadores através do Google Formulário. O primeiro critério avaliado foi o conteúdo. Os grupos foram avaliados de acordo com a informação apresentada e se a mesma era precisa, se era atual e relevante para o tema abordado. Pode-se destacar, segundo os avaliadores, que a maioria dos grupos apresentou domínio do conteúdo, confirmando que a sequência didática (SD), despertou curiosidade nos alunos, levando a pesquisar mais sobre o assunto, para expor na feira de ciências, como demonstra o gráfico 07 abaixo.

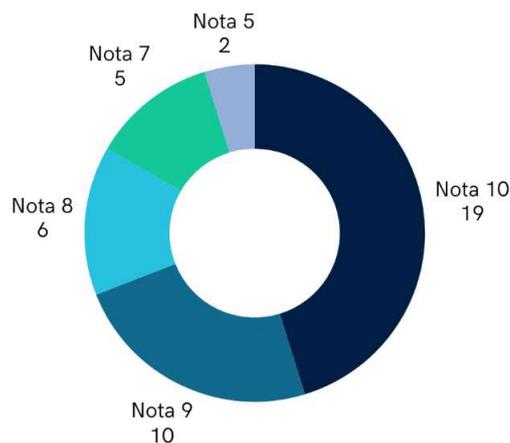
Gráfico 07: Avaliação do conteúdo apresentado pelos alunos na feira de ciências.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O segundo critério avaliado foi a organização do grupo, onde destacou a estrutura da apresentação, incluindo a introdução, o desenvolvimento e a conclusão. Os avaliadores observaram se a apresentação seguiu uma sequência lógica e se os pontos chave foram bem desenvolvidos. Neste critério, observou-se que os grupos preocuparam de manter uma sequência lógica na apresentação da exposição da feira de ciências, desenvolvendo assim uma metodologia que melhor explica o assunto, como destaca o gráfico 08.

Gráfico 08: Avaliação da organização dos grupos da feira de ciências.

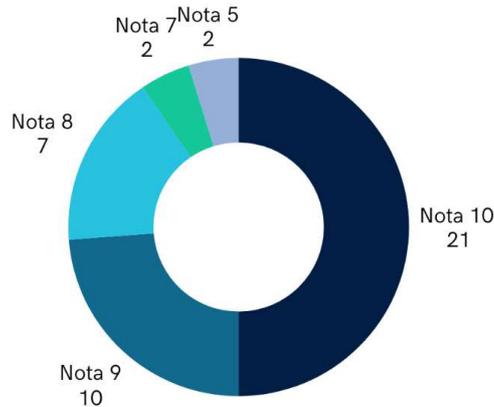


Fonte: elaborado pelo autor (2025).

No terceiro critério os alunos foram avaliados quanto a clareza da apresentação, incluindo a linguagem utilizada, a pronúncia e a articulação. Os avaliadores observaram se a informação foi apresentada de maneira compreensível para o público. Como demonstra o gráfico 09, a maioria dos

avaliadores deram nota 10 para os grupos.

Gráfico 09: Avaliação da clareza da apresentação dos grupos.

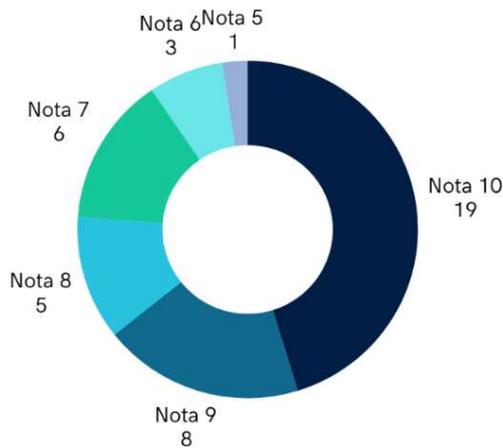


Fonte: elaborado pelo autor (2025).

No quarto critério foi avaliado quanto ao uso de recursos visuais, que contribuem para a compreensão da apresentação, como maquete, cartazes, projeções, etc. Os avaliadores verificaram se os recursos visuais foram claros, fáceis de ler e bem organizados. Os grupos avaliados obtiveram resultados satisfatórios, como demonstra o gráfico 10.

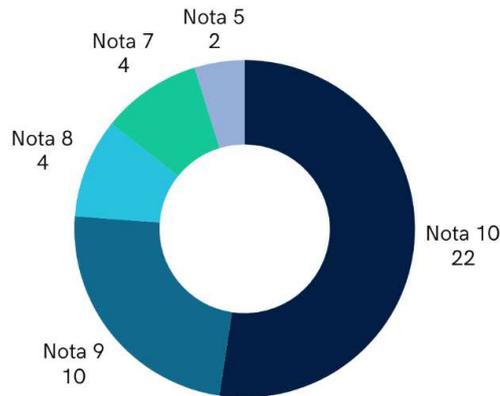
Para o quinto critério, os grupos foram avaliados quanto as habilidades de comunicação, a forma de se comunicar, que incluiu o contato visual com o público, a postura, o tom de voz e a expressão facial. Os resultados obtidos (Gráfico 11) mostram que os grupos foram bem avaliados neste critério.

Gráfico 10: Avaliação dos grupos quanto ao uso de utilização de recursos visuais.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

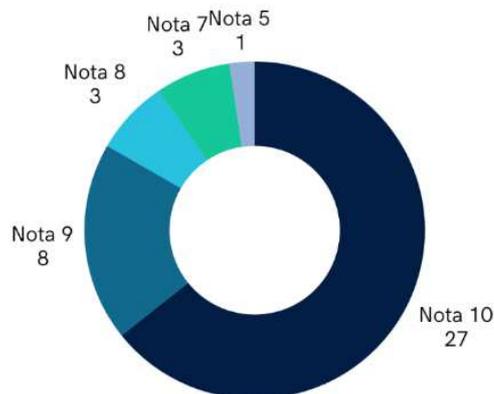
Gráfico 11: Avaliação dos grupos quanto as habilidades de comunicação.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Para um feira de ciência a gestão do tempo de apresentação é crucial para boa apresentação, não sendo demorada, pois a circulação de pessoas nos estandes é constante e nem rápida, de maneira que o expectador não compreenda e não faça sentido a ideia transmitida pelo apresentador, desta forma, os alunos foram avaliados quanto ao uso do tempo, sendo estipulado de 5 a 10 minutos por apresentação. Os dados obtidos deste critério de avaliação se destaca no gráfico 12.

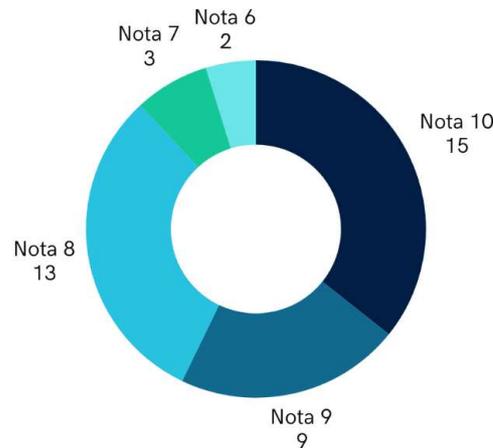
Gráfico 12: Avaliação do tempo gasto pelos alunos para apresentar o trabalho.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Para o sétimo critério foi avaliado o engajamento com o público, se o(s) apresentador(es) consegue(m) envolver as pessoas, por meio de perguntas, exemplos práticos ou outros meios de interação. A porcentagem de nota atribuída pelos avaliadores se encontra no gráfico 13.

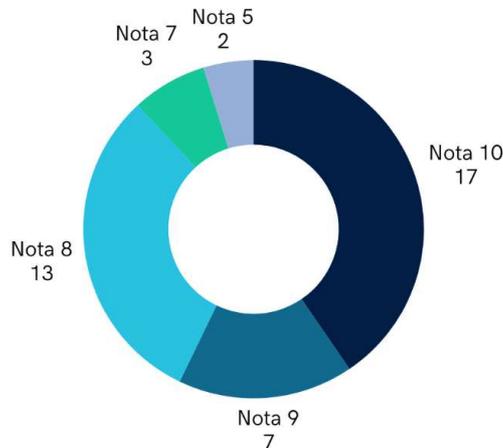
Gráfico 13: Avaliação do engajamento do apresentador com o público.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

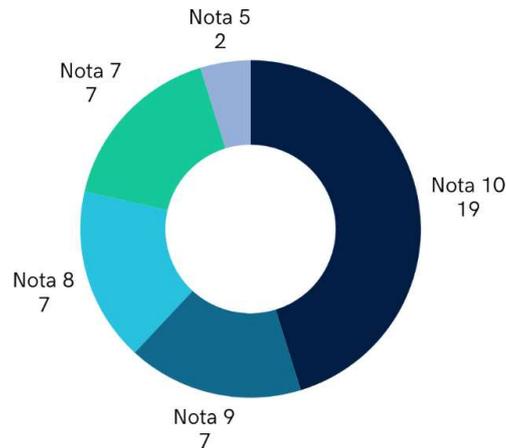
O gráfico 14 destaca os dados da avaliação do oitavo critério de originalidade e criatividade, ou seja, se a apresentação possuiu elementos com abordagens inovadoras do tema, exemplos únicos, etc,. Os resultados obtidos são apresentados no gráfico 14.

Gráfico 14: Avaliação da originalidade e criatividade da apresentação dos grupos.



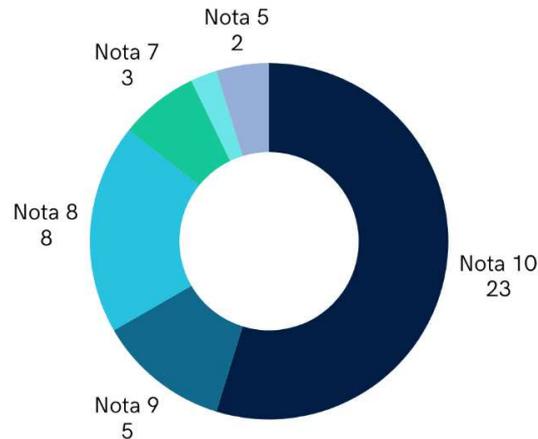
Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O nono critério de avaliação no qual resultou no gráfico 15, foi se a apresentação possuiu uma conclusão clara e se o apresentador recapitulou os pontos principais, etapa essa, que é importante para fixação do conteúdo pelo expectador, sendo uma estratégia de relevância no ensino e aprendizagem.

Gráfico 15: Avaliação conclusão e recapitulação

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O décimo critério de avaliação foi avaliar se houve uma seção de perguntas e respostas, se sim, foram avaliados quanto a habilidade do apresentador de responder de forma clara e precisa, demonstrando domínio do tema. O gráfico 16 mostra os resultados obtidos.

Gráfico 16: Avaliação se houve perguntas e respostas destinada ao grupo.

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Ao analisar os gráficos acima, pode-se observar que em todos os critérios avaliados pelos funcionários da escola a nota 10 obteve a maior frequência. Ao somar as notas 10, 9 e 8 mais de 80% da avaliação dos grupos obtiveram estas notas. Também pode-se constatar que a feira de ciências além de explorar o conhecimento técnico do aluno, o que ele sabe a respeito dos organismos transgênicos, como são produzidos, também estimula neles habilidades para desenvolver uma apresentação, gerenciamento do tempo, postura, estratégia para prender o expectador e oralidade.

Com base em parâmetros usados para avaliar a aprendizagem dos alunos, onde nota abaixo de 60%, abaixo do recomendado, de 60% a 80% recomendado e acima de 80% nível avançado, pode-se destacar que dos seis grupos que apresentaram o trabalho, cinco grupos se encontram em nível avançado, sendo um grupo com 70%, que se encontra no nível intermediário (BONAMINO, SOUSA, 2012).

Ao longo da sequência didática, foi possível observar uma evolução significativa no conhecimento dos alunos. No primeiro momento, durante a roda de conversa, ficou evidente que eles não possuíam uma compreensão precisa sobre os organismos geneticamente modificados (OGMs) - transgênicos, associando essa tecnologia apenas à modificação genética de plantas com fins agrícolas.

No entanto, com o avanço das atividades — especialmente por meio da simulação de um organismo transgênico na atividade lúdica e da manipulação virtual por meio da plataforma OGM3D — os alunos demonstraram não apenas maior domínio conceitual sobre a tecnologia, mas também uma mudança na forma como a analisavam criticamente.

A atividade também serviu como estímulo para que os estudantes pesquisassem outras aplicações promissoras da engenharia genética dos transgênicos, voltadas à resolução de problemas de saúde pública, como o transplante de órgãos e o controle de epidemias, a exemplo das arboviroses.

5.6 RESULTADO DA AUTOAVALIAÇÃO

Com o intuito de analisar a opinião dos alunos a cerca da sequência didática (SD), foi proposto um questionário qualitativo, contendo 7 questões (ANEXO VII). Este questionário tem como finalidade não só diagnosticar como os estudantes se auto avaliam após a aplicação da sequência didática proposta no estudo, mas também forneceu subsídio para que a professor reflita sobre sua prática e seu papel nesse processo (SANTOS, 2024).

Quanto a participação no questionário, 66,3% dos alunos optaram em participar da pesquisa. Em relação a primeira pergunta sobre se eles sentiram-se motivados a partir das problematizações apresentadas, a tabela 07 mostra que a maioria dos alunos participantes sentiram-se motivados em desenvolver a sequência didática proposta

Sobre os questionamentos feitos para os alunos na primeira etapa do trabalho (roda de conversa) e em outros momentos, foi questionado se eles tiveram curiosidade para saber a resposta, sendo que dos 40 alunos que responderam o questionário, 39 alunos (97,5%) tiveram curiosidade e apenas 1 aluno (2,5%) não manifestou curiosidade (tabela 07).

Embora o tema transgênico, seja noticiado com frequência nos meios de comunicação, principalmente em páginas do agronegócio, muitos dos alunos não tinham noção clara do assunto e nem como era produzido, e todas as normas de segurança que estava por trás de um produto geneticamente modificado por técnica de transgenia.

Sobre a confiança dos alunos a respeito do tema transgênicos, 27 alunos (67,5%) dos 40 alunos que responderam o questionário sentiram receio de estar errado em emitir sua opinião sobre o assunto, já 13 alunos (32,5%), sentiram confiança em manifestar sua opinião (tabela 07).

Santos (2024), ressalta que resultado tem relação com aspectos da personalidade de cada aluno, onde uns são mais introvertidos, outros mais extrovertidos e com posturas de liderança nata. Sendo assim, cabe ao professor promover perguntas norteadoras e criar estratégias para que todos possam emitir seu parecer.

Quanto ao processo de aprendizagem 39 alunos (97,5%), ou seja, a grande maioria dos que respondeu o questionário, destacaram que a sequência didática contribuiu com tal processo de aprendizagem (tabela 07), o que se confirma perante a avaliação da feira de ciências, destacando assim o processo investigativo desta sequência didática. Como descreve Moraes et al. (2021) através do ensino por investigação os discentes constroem questões, elaboram hipóteses, analisam evidências, tiram conclusões, comunicam resultados.

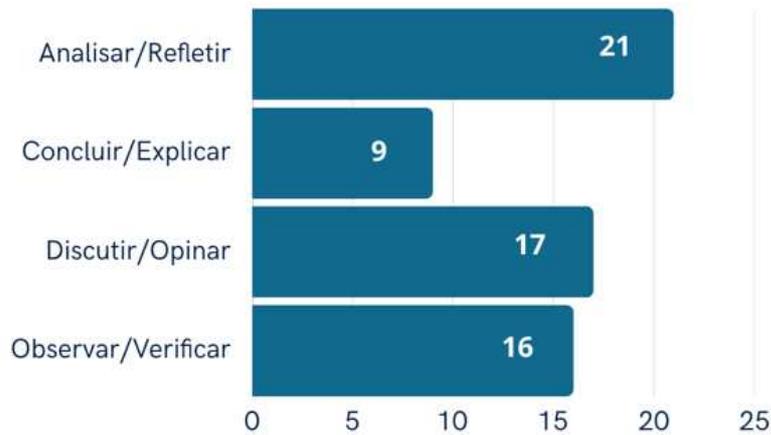
Quanto a visão dos alunos sobre o processo investigativo e se este processo os ajudou a chegarem em uma conclusão sobre a produção de organismos transgênicos e seu papel na sociedade 39 alunos (97,5%), acredita que o uso de metodologia investigativa, contribuiu para seu aprendizado (tabela 07).

Como descreve, Cezana e Silva (2022) discorrem que quando a prática experimental é conduzida de forma exploratória, instigando o pensamento crítico dos alunos, ela tem potencial para que desenvolvam habilidades de diferentes níveis de complexidade como a observação, a descrição, a análise, a argumentação e a síntese que são fundamentais para o processo investigativo.

Também foi questionado para os alunos se o processo investigativo utilizado nessa sequência didática (SD) lhes motivou a querer discutir e debater a solução do problema com seus colegas, sendo 39 alunos responderam que sim e 1 aluno respondeu que não. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 07.

Nesta pergunta do questionário, os alunos puderam marcar mais de uma questão. Pode-se observar que 21 alunos (52,5%) acham que o processo de investigação ocorrido durante a sequência didática sobre transgênicos, levaram a analisar e refletir sobre o desenvolvimento desta tecnologia, dos benefícios gerados pela produção.

Gráfico 17: O processo investigativo motivou os alunos a querer discutir e debater a solução do problema com seus colegas.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Os alunos também destacaram a importância da discussão e opiniões, obtendo 17 respostas (42,5%) sendo essa habilidade com maior protagonismo no início da sequência didática (SD) com as rodas de conversas, onde aos alunos demonstraram seu conhecimento prévio sobre o assunto e também discutiram os benefícios e os malefícios do uso dos transgênicos. Já a opção observar e verificar obteve 40%, das respostas o que correspondem 16 alunos, etapa essa que ocorreu na atividade lúdica, onde os alunos construíram um pedaço de uma fita de DNA, trocando os genes com outros grupos e a visualização da plataforma OMG3D, onde observaram o material genético da célula, podendo fazer mudanças nos genes.

Quanto a parte de concluir e explicar, que obteve 9 respostas (22,5%), essa etapa ocorreu na feira de ciências, onde os alunos tiveram que demonstrar seu conhecimento sobre o tema, desenvolvendo estratégias para ilustrar e explicar para comunidade escolar.

Por fim, a última questão visou estabelecer um parâmetro de comparação da contribuição na aprendizagem entre as estratégias metodológicas investigativas e o ensino tradicional, mostrando que grande maioria dos alunos (90%) que preencheu o questionário acham que métodos investigativos contribuem mais para aprendizagem que métodos tradicionais, como destaca o gráfico 17. A tabela 07 mostra os resultados dados pelos estudantes sobre a opinião da sequência didática aplicada.

Tabela 07: Autoavaliação dos alunos sobre a sequência didática aplicada

Pergunta:	Quantidade de alunos	
	Sim	Não
O estudante sentiu-se motivado a partir das problematizações apresentadas.	37	3
O estudante teve curiosidade em saber as respostas.	39	1
Durante o levantamento das hipóteses, você sentiu receio em estar errado?	27	13
O estudante obteve algum conhecimento durante a prática investigativa realizada nesta sequência didática.	39	1
O processo investigativo ajudou você a chegar em alguma conclusão sobre o assunto abordado.	39	1
O método investigativo contribui com a aprendizagem mais que o ensino tradicional, expositivo.	36	4

Fonte: elaborado pelo autor (2025).

6 CONCLUSÃO

Com base no desenvolvimento deste trabalho, conclui-se que a utilização de metodologias ativas integradas ao conteúdo didático é um desafio que pode auxiliar no ensino de biologia, especificamente na área de biotecnologia.

Embora os produtos transgênicos sejam de grande notoriedade nas rotinas dos alunos, os processos de pesquisa, a intervenção e a produção dos mesmos não é compreendido por boa parte dos alunos, já que os alunos apresentaram dificuldades na compreensão sobre a tecnologia de recombinação do DNA.

A utilização da plataforma OGM3D, juntamente com a construção da molécula de DNA pelos alunos, contribuiu para o entendimento da produção de transgênicos.

A exposição do conteúdo na feira de ciências contribuiu para o aprofundamento e a

consolidação do conhecimento na área de biotecnologia.

Assim, acredita-se que a sequência didática proposta neste trabalho trás alternativas que possam ajudar os alunos na compreensão dos assuntos relacionados à produção dos organismos transgênicos – biotecnologia, e que essa sequência cumpriu o papel não apenas de transmitir o conhecimento, mas também que este seja compreendido pelos alunos.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. S.; A.; A Biotecnologia dos Transgênicos: Precaução é a Palavra de Ordem. **HOLOS**, [S. l.], v. 2, 2007. DOI: 10.15628/holos.2004.33. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/33>. Acesso em: 15 maio. 2025 .

AYER, S. K.; MESSNER, J. I.; ANUMBA, C.J. **Augmented Reality Gaming in Sustainable Design Education**. Journal of Architectural Engineering, 2016, v. 22, n. 1, p. 1-9.

ARAGÃO, F. J. L. **A trajetória dos organismos transgênicos**. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/olharespara2030/artigo//asset_publisher/SNN1QE9zUPS2/content/francisco-jose-limaaragao?inheritRedirect=true>. Acesso em: 27, junho de 2023.

AZEVEDO, J. L. DE .; FUNGARO, M. H. P.; VIEIRA, M. L. C.. **Transgênicos e evolução dirigida**. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, v. 7, n. 2, p. 451–464, jul. 2000.

BARRETO, J. A. P; SANTOS, L. T. S. O. **O uso de imagens e as tecnologias da informação e comunicação: aportes para o ensino de biologia**. Revista Expressão Católica, [S.l.], v. 9, n. 1, may. 2020. ISSN 2357-8483. Disponível em: <http://publicacoesacademicas.unicatolicaquixada.edu.br/index.php/rec/article/view/3740> . Acesso em: 11 Mar. 2025. doi:<http://dx.doi.org/10.25190/rec.v9i1.3740>.

BARROS , B. M; OLIVEIRA, B. M; SILVA , M. C. Transgenic foods: Benefits, harms and disputes. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 17, p. e86101724543, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i17.24543. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24543> . Acesso em: 16 nov. 2024.

BERNINI, C. S.; GUIMARÃES, P. S; GALLO, P. B; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. Parâmetros genéticos de progênies interpopulacionais de milho para caracteres relacionados com tolerância à seca. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 14, n. 9, 2021. DOI: 10.36560/14920211453. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1453> . Acesso em: 10 mar. 2025.

BENEVIDES, V. L.; NETO A. C. A. O USO DA SALA DE AULA INVERTIDA COMO METODOLOGIA NO ENSINO DE BIOLOGIA PARA O 3º ANO DO ENSINO MÉDIO EM UMA ESCOLA DA REDE ESTADUAL DE MANAUS/AM. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, Brasil, v. 11, n. 1, p. e23005, 2023. DOI: [10.26571/reamec.v11i1.13963](https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/13963). Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/13963>. Acesso em: 9 mar. 2025.

BERNARDES, A. **Biotecnologia: proposta de sequência didática de ensino investigativa como material de apoio para professores do ensino médio**. Dissertação (mestrado profissional) Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2019. Disponível

em:<https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/37340/1/2019_Andr%C3%A9Bernardes.pdf>. Acesso: 05 de julho de 2023.

BLENDER FOUNDATION. Blender. Versão 2.8. País: Holanda, Blender Foundation, ano 2019. Disponível em: <https://www.blender.org/>. Acesso em: 11/06/2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**, retirado <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> 18/06/20018.

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

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Convenção sobre Diversidade Biológica** – CDB. Brasília, DF: MMA, 2000.

BONAMINO, A.; SOUSA, S. Z. **Três gerações de avaliação da educação básica no Brasil: interfaces com o currículo da/na escola**. Educação e Pesquisa, v. 38, p. 373-388, 2012.

CARVALHO, J. L. **O uso de histórias em quadrinhos/texto ilustrado como material paradidático no ensino de biologia celular e genética**. 2019. 1 recurso on-line (116 p.). Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/335652/1/Carvalho_JoseLuanDe_MP.pdf Acesso em: 27 julho, 2023.

CARVALHO, J. L. O uso de histórias em quadrinhos/texto ilustrado como material paradidático no ensino de biologia celular e genética. 2019. 1 recurso on-line (116 p.). Dissertação (mestrado profissional) - **Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP**. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/335652/1/Carvalho_JoseLuanDe_MP.pdf Acesso em: 7 julho, 2020.

CAPURRO, R.; HJORLAND, B. O Conceito de informação. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Minas Gerais, v. 12, n. 1, p.148-207, jan. 2007. Disponível em: <https://www.brapci.inf.br/index.php/res/v/33134>. Acesso em: 08 nov. 2024.

CORREA, L. V. *et al.* **Estudo do potencial paratransgênico de bactérias cultiváveis associadas ao Anopheles darlingi Root, 1926, para controle da malária**. 2019.

FORTES, A. G.; MUIAMBO, J. S.. Feira de ciências como estratégia de ensino para promover a interdisciplinaridade. **Revista Destaques Acadêmicos**, [S. l.], v. 13, n. 4, 2022. DOI: 10.22410/issn.2176-3070.v13i4a2021.3016. Disponível em: <https://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/3016>. Acesso em: 13 maio. 2025.

DE SOUZA MENDES, M.; GONÇALVES CASTRO, J. W.; GOMES ALTINO, A. L. Transgênicos: Verdades e Mitos Acerca da Carcinogênese - Um Levantamento Bibliográfico. **Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 1672–1675, 2023. DOI: 10.16891/2317-434X.v11.e1.a2023.pp1672-1675. Disponível em: <https://interfaces.unileao.edu.br/index.php/revista->

[interfaces/article/view/1136](#) . Acesso em: 19 nov. 2024.

DULLIUS, M. M. Tecnologias no ensino: por que e como?. **Caderno Pedagógico**. Lajeado, v. 9, n. 1, p. 111-118, 2012.

DURLAND, J.; AHMADIAN MOGHADAM, H. **Genetics, Mutagenesis**. [Updated2021Sep21]. In: Stat Pearls [Internet]. TreasureIsland(FL): Stat Pearls Publishing; jan., 2021.

FRANCO, L. G. Ensinando Biologia por investigação: propostas para inovar a ciência na escola – São Paulo: **Na Raiz**, 2021.

FERRO, A. C; PAIXÃO, A. K. L.; SILVA, J. A. Agricultura Transgênica como Ferramenta para o Desenvolvimento Sustentável e Econômico. **Diversitas Journal**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 2827–2838, 2021. DOI: 10.17648/diversitas-journal-v6i2-1775. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/1775 . Acesso em: 10 mar. 2025.

FERRARI, L. CNN Brasil. Homem em estágio terminal é 2º do mundo a receber transplante de coração de porco. São Paulo, 24 set. 2023. Disponível em: [https://www.cnnbrasil.com.br/saude/coracao-de-porco-geneticamente-modificado-e-transplantado-para-2o-paciente-do-mundo/#:~:text=Os%20m%C3%A9dicos%20da%20Universidade%20de,quarta%2Dfeira%20\(20\)](https://www.cnnbrasil.com.br/saude/coracao-de-porco-geneticamente-modificado-e-transplantado-para-2o-paciente-do-mundo/#:~:text=Os%20m%C3%A9dicos%20da%20Universidade%20de,quarta%2Dfeira%20(20)). Acesso em: 29 de nov. de 2024.

FILHO, R. S.; ALLE, L. F.; LEME, D. M. Diagnosticando dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de genética nas escolas e universidades. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 5. Olinda: 2018. n. p.

FRANZOLIN, F.; PROCHAZKA, L. de S.; DE PIETRI, A. P. Z. S.; CARVALHO, G. S. de. Complexidade genética e a expressão da cor da pele, cor dos olhos e estatura humana: Transposição didática. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 239–261, 2020.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 2017.

FONSECA, V. B.; BOBROWSKI, V. L. Biotecnologia na escola: a inserção do tema nos livros didáticos. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, Canoas, v. 17, n. 2, p. 496-509, mai./ago. 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/1231> . Acesso em: 18 nov. 2024.

GALVANI, M. S. Patenteabilidade dos organismos geneticamente modificados (OGMs). **Holos Environment**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 243–272, 2019. DOI: 10.14295/holos.v19i2.12321. Disponível em: <https://cea-unesp.org.br/holos/article/view/12321>. Acesso em: 16 nov. 2024.

JOSAHKIAN, L. Ciência sem crenças: uma breve história dos produtos transgênicos. **Globo Rural**. 2019. Disponível em: <https://globo.rural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2019/01/ciencia-sem-crencas-uma-breve-historia-dos-produtos-transgenicos.html>>. Acesso em: 27, junho de

2023.

LAGUBEAU, G.; TECPAN, S.; HERNANDEZ, C.. Active learning reduces academic risk of students with non-formal reasoning skills: Evidence from an introductory physics massive course in a Chilean public university. **arXiv**, [s.l.], 03 set. 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1909.01235>. Acesso em: 15 maio 2025.

LESSA, A.; SANTOS, C., O mapa mental como metodologia ativa no ensino de leitura. 2023; **Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais**; Volume: 27; Issue: 59 Linguagem: Português, 10.5752/p.2358-3428.2023v27n59p92-117. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/scripta/article/view/30138> . Acesso em: 18 nov. 2024.

LIMA, J. R.; SANTOS, L. F. M. A Biotecnologia no cotidiano escolar do ensino médio: análise da percepção dos estudantes. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 260–276, 2022. DOI: 10.46667/renbio.v15i1.599. Disponível em: <https://renbio.org.br/index.php/sbenbio/article/view/599> . Acesso em: 18 nov. 2024.

LIBÂNEO, J. C.. 'Didática.' (São Paulo: Cortez, 1994).

LOPES, L. M. D., VIDOTTO, K. N. S., POZZEBON, E., FERENHOF, H. A. Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática, **Educação Em Revista**, 35, e197403. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-4698197403>

LOPES, D. S. A. *et al.* A produção de insulina artificial através da tecnologia do DNA recombinante para o tratamento de diabetes mellitus. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 10, n. 1, p. 234-245, 2012.

MALAJOVICH, M. A. O ensino de Biotecnologia: enfrentando desafios. In: **II Simpósio de Popularização da Biotecnologia (ANBIO)**, 2007, Ouro Preto-MG. Disponível em: http://www.bteduc.bio.br/palestras/07_MAM_ANBIO_Ensino_Biotecnologia.pdf Acesso em: 05 julho de 2023.

MARQUES, H. R. *et al.* Inovação no ensino: uma revisão sistemática das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, v. 26, n. 3, p. 718–741, set. 2021.

MORAIS, V. R. A; LAGE, A. J. F. ;FERNANDES, A. J.; TOLEDO, M. M. Práticas para o ensino de Ciências por investigação. **Uberlândia : Culturatrix**, 2021. E-book.

MENDONÇA, T. C.; VARVAKIS, G. Análise do uso da informação para tomada de decisão gerencial em gestão de pessoas: estudo de caso em uma instituição bancária. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. 104-119, 2018.

MOREIRA, J.R; RIBEIRO, J. B.P. Prática pedagógica baseada em metodologia Ativa: aprendizagem sob a perspectiva do letramento informacional para o ensino na educação profissional. **Periódico Científico Outras Palavras**, v.12, n. 2, ano 2016, p. 93.

MURTA, F. L. G.*et al.* Abordagem sobre esquistossomose em livros de ciências e

biologia indicados pelo programa nacional do livro didático (PNLD) – 2011/2012. **Rev. Patol. Trop.**, v. 43, n. 2, p. 195-208, 2014.

OLIVEIRA, L. A.; SAMPAIO, A. V. O.; SAMPAIO, V. S. Reflexões sobre o cotidiano e vivências das práticas professores no processo de ensino e aprendizagem. **Interfaces da Educação**, [S. l.], v. 13, n. 39, 2023. DOI: 10.26514/inter.v13i39.5956. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/interfaces/article/view/5956> . Acesso em: 9 mar. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Safety of genetically modified foods: approaches to assessment. Genebra: OMS, 2001. Disponível em: <https://www.who.int/docs/default-source/nutritionlibrary/publications/safety-assessment-of-foodsderived-from-genetically-modified-microorganisms.pdf> . Acesso em: 12/01/ 25.

PEDRANCINI, V. D. *et al.* Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. **Ciência educ.**, Abr 2008, vol.14, no.01, p.135-146. ISSN 1516-7313

ROCHA, A. L. F; SLONSKI, G. T. Um olhar para os transgênicos nas áreas de pesquisa em ensino de ciências e de educação ambiental: Contribuições para a formação de professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 74–91, 2016. DOI: [10.22600/1518-8795.ienci2016v21n3p74](https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v21n3p74). Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/150>. Acesso em: 11 mar. 2025.

ROCHA, M. L.; COSTA, F. J.; ANDRADE, M. S.; MARTINS, É. M. A utilização de jogos no ensino de genética: uma forma de favorecer os processos de ensino e aprendizagem. **Revista Tecer**, Belo Horizonte, v. 9, n. 17, p. 106-116, 2016.

ROSA, A. P.; ZINGANO, E. M. Pré-Historia: Educação como Sobrelevência. **Maeutico**, n.º1, janeiro de 2013.

SANTOS, A. L. C.; et al. Dificuldades apontadas por professores do programa de mestrado profissional em ensino de biologia para o uso de metodologias ativas em escolas de rede pública na Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n.4, p.21959-21973, apr. 2020.

SCHUSTER, I. Fluxo gênico e coexistência de lavouras com espécies transgênicas e convencionais. **Informativo Abrates**, vol.23, n.º.1, 2013.

SILVA, C. C.; KALHIL, J. B. A aprendizagem de genética à luz da Teoria Fundamentada: um ensaio preliminar. **Ciência e Educação**. Bauru, v. 23, n. 1, p. 125-140, 2017.

SILVA, E. F.; *et. al.* Biotecnologia: um panorama ao logo dos séculos. **Editora Quipa**, 1ª edição, 2021.

SOARES. P. R. *et. al.* Animais Transgênicos: Conceito, Metodologias e Aplicações REDVET. **Revista Electrónica de Veterinaria**, vol. 18, núm. 9, septiembre, 2017, pp. 1-16 Veterinaria Organización Málaga, España.

SOUZA, D. G. de; BEZERRA, L. A.; SILVA, J. L. da; SANTOS, S. da S. Transgênicos: a visão de alunos do ensino fundamental de uma escola do município de Jaciara-MT sobre os alimentos geneticamente modificados. **Revista Monografias Ambientais**, [S. l.], v. 14, p. 147–156, 2015. DOI: 10.5902/2236130820449. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/20449> . Acesso em: 11 mar. 2025.

VALENGA, F. *et al.* Uso de aprendizagem baseada em projetos com apoio de outras metodologias ativas para promover aprendizagem ativa no ensino de biotecnologia. **bras. Ens. Ci. Tecnol.**, Ponta Grossa, v. 12, n. 2, p. 148-163, mai./ago. 2019.

VALENTE, J.A. A Comunicação e a Educação baseada no uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. *Revista UNIFESO – Humanas e Sociais*, v. 1, n. 1, 2014, p. 141-166.

VALENTIM, M. L. P.; JORGE, C. F. B.; SORIA, M. G. C. Contribuição da competência em informação para os processos de gestão da informação e do conhecimento. **Em Questão, Porto Alegre**, v. 20, n. 2, p. 207-231, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/115024>. Acesso em: 08 nov. 2024.

VERCOZA, A. G. S. *et al.* O impacto das metodologias ativas no engajamento e na motivação dos discentes da eja: um estudo de caso em porto calvo/al. Anais IX CONEDU... **Campina Grande: Realize Editora**, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/99108> . Acesso em: 15/05/2025

WYSE, A. P.; BEVILACQUA, L.; RAFIKOV, M. **O Efeito dos Mosquitos Transgênicos e da Profilaxia na Dinâmica Sazonal de Transmissão da Malária.** Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics, Vol. 5, N. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5540/03.2017.005.01.0074>. Acesso em: 08 nov. 2024.

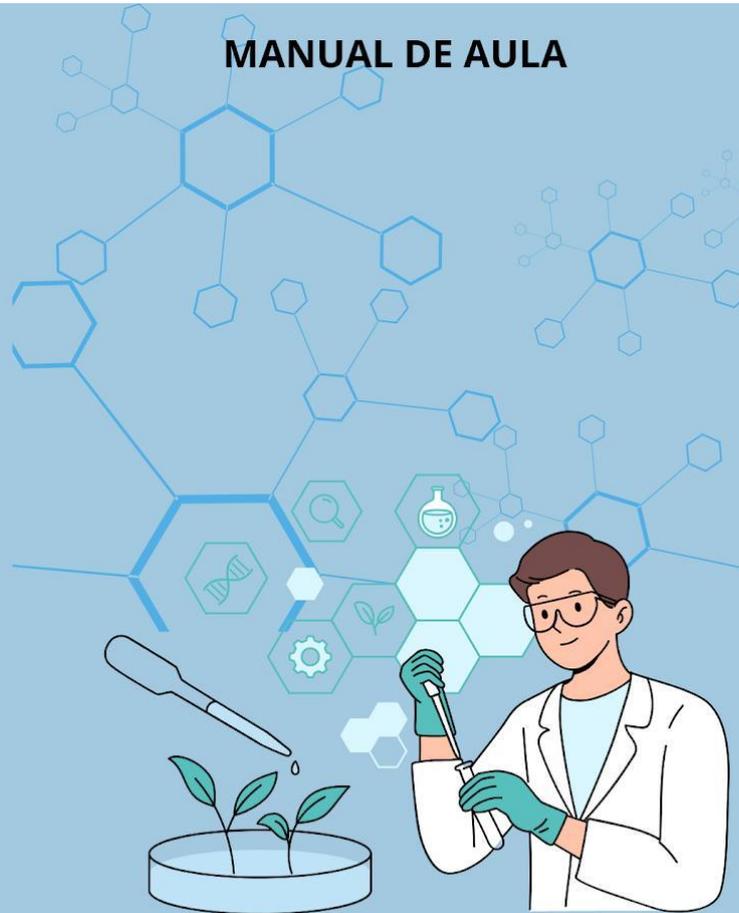
PRODUTO

O resultado desta pesquisa é uma sequência didática investigativa, que inclui um plano de aula que pode ser realizado em 8 aulas de biologia focadas em Biotecnologia, especificamente sobre transgênicos. O produto está organizado em um manual que oferece orientações sobre as atividades a serem realizadas. O texto que orienta a roda de conversa pode ser acessado através de um link na descrição do roteiro, assim como as perguntas que guiarão essa discussão.

A questão problematizadora também está presente no texto, juntamente com uma atividade lúdica que utiliza uma tabela de DNA, a qual deve ser utilizada pelos grupos para essa etapa, disponível no anexo VI. Além disso, a plataforma OGM3D pode ser encontrada na loja de aplicativos da Meta Quest, conforme indicado no roteiro da sequência didática.

Essa sequência pode ser adaptada conforme a necessidade pedagógica e a disponibilidade de tempo do professor. Portanto, sugerimos que este manual seja utilizado por professores de Biologia do Ensino Médio como uma prática recomendada para o ensino de biotecnologia e transgênicos.

MANUAL DE AULA



SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA - TRANSGÊNICO.

DRA MICHELLE B. M. PEREIRA ANTUNES
GILSON OLIVEIRA DOS SANTOS

Esta Sequência Didática é o produto da dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO) pelo mestrando Geilson Oliveira dos Santos sob a orientação da Professora D^{ra} Michelle Bueno de Moura Pereira Antunes.

Apoio:



**Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
(CAPES) - Brasil - Código de Financiamento 001.**



APRESENTAÇÃO

Caros educadores,

No contexto das aprendizagens de biologia, o ensino de biotecnologia - transgenia constitui um tópico de estudo fundamental, mas desafiador, visto que, apresenta um vocabulário específico, rico em termos técnicos de difícil pronúncia ou assimilação aumentando a dificuldade dos discentes na compreensão do tema. Somado a isso, Franzolin *et al.* (2020) destaca a abordagem do tema nos livros didáticos que, geralmente, estão distantes da realidade dos estudantes e apresentados em conteúdos didáticos de forma abstrata e sem contextualização, o que dificulta alcançar índices satisfatórios de aprendizagem. Franco (2021) discorre da necessidade de inovar, pois a sociedade de hoje nos impõe demandas que não existiam ontem e que o ensino de forma restrita e estática não se justifica justamente em um momento histórico em que a ciência se faz muito presente nas relações sociais. Sendo assim, o uso de novas metodologias de ensino, baseadas em um trabalho que permita ao aluno aprender, construir o seu próprio conhecimento e adquirir um pensamento crítico, faz-se necessário.

Diante da necessidade de superar estes desafios é que este manual apresenta uma sequência didática investigativa como sugestão ao professor de biologia para facilitar o ensino de Biotecnologia – transgênicos. A proposta deste trabalho pode ser desenvolvida em 8 aulas de biologia, cada aula e sua atividade a ser realizada está detalhada indicando o que compete ao professor e ao aluno executar.

A SD é composta por um conjunto de atividades que visa promover a construção de uma aprendizagem significativa sobre os transgênicos através de uma abordagem que contextualiza o tema e incentiva a participação ativa do discente. Também conta com uma sugestão de utilização de uma plataforma OGM3D, com materiais alternativos, utilizando como recurso didática óculos 3D da Meta Quest, podendo ser utilizado em qualquer espaço da escola com sinal Wi-Fi. Para avaliação é sugerido uma exposição através de uma Feira de Ciências, onde é destacado o protagonismo dos alunos em sua capacidade de desenvolver estratégias para explicar e exemplificar a tecnologia de transgenia.

Os autores.

Etapa:	Descrição:	Número de aula:
1	<p>Os alunos deverão expressar seus conhecimentos sobre biotecnologia – transgenia, sendo proposta uma roda de conversa, utilizando como referência o texto : Brasil é vice-líder em produção de transgênicos, destacando alguns questionamentos gerais para estimular a curiosidade e a participação dos alunos.</p> <p>Segue abaixo os questionamentos que podem ser levantados:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) O que são transgênicos? b) Como e por que são produzidos? c) Existe algum malefício? E benefício? d) Será que conseguimos distinguir um alimento transgênico? Será que já vimos um transgênico? 	1 aula de 50 min.
2	<p>Os alunos deverão pesquisar sobre os questionamentos feitos na roda de conversa, as curiosidades e as dúvidas que possam ter surgido. A busca pelas informações será feita na sala de computação, onde os participantes farão anotações no caderno, evidenciando as fontes coletadas.</p>	1 aula de 50 min.
3	<p>Deverá ser solicitado pelo professor que os alunos apresentem suas pesquisas bibliográficas. O professor direcionará a apresentação levantando questionamentos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Quais os produtos transgênicos que eles encontram no seu cotidiano? b) Qual a finalidade da modificação genética? c) Quais as vantagens e as desvantagens desse processo? <p>A apresentação poderá ser realizada através de uma roda de conversa ou de maneira que for conveniente, devendo ser entregue a pesquisa sugerida na aula anterior, sendo o professor o mediador desse momento.</p>	1 aula de 50 min.
4	<p>Para auxiliar na compreensão de como é produzido um transgênico, proposta-se a elaboração de uma atividade lúdica, deverá ser apresentado a seguinte situação-problema:</p> <p style="text-align: center;">A Expansão da Produção de Orquídeas</p> <p>Contexto: Um produtor de orquídeas, chamado João, possui uma pequena estufa onde cultiva diversas espécies de orquídeas. Nos últimos meses, ele notou um aumento significativo na demanda por orquídeas em sua região, especialmente por variedades raras e exóticas. Com isso, ele percebeu que, para manter seus clientes e aumentar suas vendas, precisaria diversificar sua produção e introduzir novas espécies.</p> <p>Desafio: João enfrenta algumas dificuldades. Ele não possui conhecimento suficiente sobre como cultivar novas espécies de orquídeas, e a estufa atual está quase no limite de sua capacidade. Além disso, ele precisa decidir quais espécies produzir, levando em consideração o mercado e a demanda dos clientes.</p> <p>Você estando ciente do processo de modificação genética transgenica, desenvolva um esquema com quatro gêneros de</p>	1 a 2 aula de 50 min

	<p>orquídeas para ilustrar para João, como poderá desenvolver novas espécies mais resistentes e com um poder comercial maior.</p> <p>Após a apresentação do tema, os alunos dividiram-se em grupos e cada grupo construiu uma fita complementar do DNA (ANEXO).</p> <p>Para a construção da fita complementar, o grupo utilizará papel cartão de diferentes cores, sendo o círculo amarelo representando o grupo fosfato, o pentágono azul escuro, representando a pentose, as bases nitrogenadas: Timina (cor verde), Adenina (cor roxa), Citosina (cor rosa), Guanina (cor vermelha).</p> <p>Após a construção da fita de DNA, as mesmas deverão ser fixadas no quadro, sendo descritas as características fenotípicas que aquele gene transcreve (cor da pétala, tamanho da planta, tipo de raiz, etc.) e foi proposto que cada grupo retirasse um gene e trocasse entre os grupos.</p> <p>O professor explicou que a cada 3 pares de bases tinha-se um gene e que, uma vez transcrito, produzirá uma proteína com característica fenotípica estabelecida. Após a execução da atividade, o professor solicitará que os grupos escrevessem as novas características fenotípicas após a troca. O professor poderá estimular uma discussão, sobre a viabilidade de se produzir o transgênico.</p>	
5	<p>Será apresentados aos alunos a plataforma digital (<i>software</i>), denominada OGM3D, utilizando a própria sala de aula e óculos 3D da Meta Quest 3. A plataforma OGM3D, utiliza recursos tridimensionais, possibilitando a visualização de uma célula procariótica (bactéria) e duas células eucarióticas, sendo uma vegetal e outra animal.</p> <p>Para acessar a plataforma, foi necessário que os alunos conectassem os óculos a uma rede <i>Wi-Fi</i>, em seguida, os mesmos pressionaram o botão “Oculus” para abrir o menu principal. Depois, eles clicam na opção “Loja” (Store) e acessaram o menu de aplicativos externos, onde eles procuraram pela plataforma OGM3D – Projeto de Mestrado Geilson.</p> <p>Através desta plataforma, o aluno poderá conhecer a estrutura da célula, visitar o núcleo celular eucarionte, e alcançar o material genético (DNA). Também poderá selecionar e retirar parte do material genético de uma célula, podendo trocar os genes, sendo ao trocar a célula modificada geneticamente apresentava uma nova característica fenotípica, mudando assim seu formato e cor.</p> <p>Essa etapa é opcional, podendo o professor não realizar caso a instituição de ensino não possua óculos 3D.</p>	1 a 2 aulas de 50 min.
6	<p>Nesta etapa o professor poderá abrir uma nova discussão sobre a tecnologia recombinação genética para produção dos transgênicos, utilizando como base as indagações da 1ª e 3ª etapa.</p>	1 aula de 50 min
7	<p>Propor para os alunos elaborar estratégias para apresentar o mecanismo de criação de organismos modificados geneticamente por transferência gênica. A apresentação poderá ser realizada, mediante o desenvolvimento de uma exposição na</p>	1 aula de 50 min

	feira de ciências da escola, onde os mesmos poderá ser avaliados quanto ao domínio do assunto abordado na feira e conhecimento sobre a técnica de transgenia.	
8	Exposição do trabalho para comunidade escolar.	2 aulas 50 min.

Obs.: Essa sequência didática poderá ser fracionada de acordo com a conveniência pedagógica e a disponibilidade de tempo do professor.

ANEXO I

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
JUIZ DE FORA - UFJF



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE PLATAFORMA DIGITAL (OGM3D) E METODOLOGIAS ATIVAS COMO FERRAMENTAS DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA

Pesquisador: Michelle Bueno de Moura Pereira Antunes

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 77202224.7.0000.5147

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA UFJF

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.857.005

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JUIZ DE FORA, 29 de Maio de 2024

Assinado por:

Patrícia Aparecida Baumgratz de Paula
(Coordenador(a))

Endereço: JOSE LOURENCO KELMER S/N

Bairro: SAO PEDRO

CEP: 36.036-900

UF: MG

Município: JUIZ DE FORA

Telefone: (32)2102-3788

E-mail: cep.propp@uff.br

ANEXO II

DECLARAÇÃO

Na qualidade de diretor da Escola Estadual "Frei Marcelino de Milão", autorizo a realização da pesquisa intitulada PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE PLATAFORMA DIGITAL (OGM3D) E METODOLOGIAS ATIVAS COMO FERRAMENTAS DIDÁTICO-PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DE TRANSGÊNICO da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF – Instituição Associada), campus Governador Valadares e da Universidade Federal de Minas Gerais (Instituição Sede), conduzida pelo pesquisador GEILSON OLIVEIRA DOS SANTOS, sob orientação da Prof.ª Dr.ª Michelle Bueno de Moura Pereira Antunes.

lapu, 23 de janeiro de 2024.



Assinatura e carimbo do Diretor.

Diego Magno Pires
DIRETOR - MASP 1213456-5
Minicção - MG 02/01/2023

ANEXO III

Brasil é vice-líder em produção de transgênicos

Na última safra, o Brasil passou a ocupar o segundo lugar na lista dos maiores produtores mundiais de alimentos geneticamente modificados. Foram 30 milhões de hectares de plantações transgênicas. Só os Estados Unidos têm uma plantação maior: 69 milhões de hectares.

O começo da história dos transgênicos no Brasil, no entanto, foi tumultuado. No início dos anos 90, produtores do sul do País iniciaram o cultivo de soja modificada vinda da Argentina, mas o assunto ainda não era regulamentado no País. A comercialização dessa soja só foi autorizada por medida provisória em 1995.

Mas, a alegria dos produtores durou pouco. Em 1998 a venda dos transgênicos foi proibida, devido a uma ação judicial do Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec). O embargo durou até 2003, com a edição de nova MP para autorizar a comercialização.

A Lei de Biossegurança (11.105/05), aprovada pelo Congresso em 2005, representou o fim da polêmica em torno do assunto. Além de criar regras gerais sobre as pesquisas em biotecnologia no País, a lei criou a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), que passou a ser responsável por toda regulação do setor de biotecnologia.

Desde então, o órgão já aprovou a utilização comercial de cerca de 50 organismos geneticamente modificados, dos quais 35 são plantas. Segundo o presidente da CTNBio, Flávio Finardi, as regras de liberação desses organismos no País estão entre as mais rigorosas do mundo.

Etapas do licenciamento

Ao todo, no Brasil para chegar às prateleiras, um produto transgênico tem de passar por cinco fases. Primeiro, a empresa deve submeter o projeto à aprovação da CTNBio. A comissão analisa a proposta e faz uma visita local para saber se há condições para se desenvolver o trabalho com segurança.

Aprovada a proposta, vem a fase de desenvolvimento e testes, que devem ser realizados em ambiente restrito e controlado. Se for uma planta, cabe ao Ministério da Agricultura fiscalizar o experimento. Em seguida, antes da liberação comercial, a CTNBio avalia se os dados coletados correspondem aos critérios de biossegurança.

Antes da comercialização efetiva, o produto ainda será submetido a uma avaliação política. Um conselho formado por 11 ministros decide se é vantajoso ou não para o País lançar a novidade no mercado.

Reportagem – Maria Neves

Edição – Natalia Doederlein

Fonte: Agência Câmara de Notícias.

ANEXO IV

Situação Problema: A Expansão da Produção de Orquídeas

Autores: mestrando do projeto

Contexto: Um produtor de orquídeas, chamado João, possui uma pequena estufa onde cultiva diversas espécies de orquídeas. Nos últimos meses, ele notou um aumento significativo na demanda por orquídeas em sua região, especialmente por variedades raras e exóticas. Com isso, ele percebeu que, para manter seus clientes e aumentar suas vendas, precisaria diversificar sua produção e introduzir novas espécies.

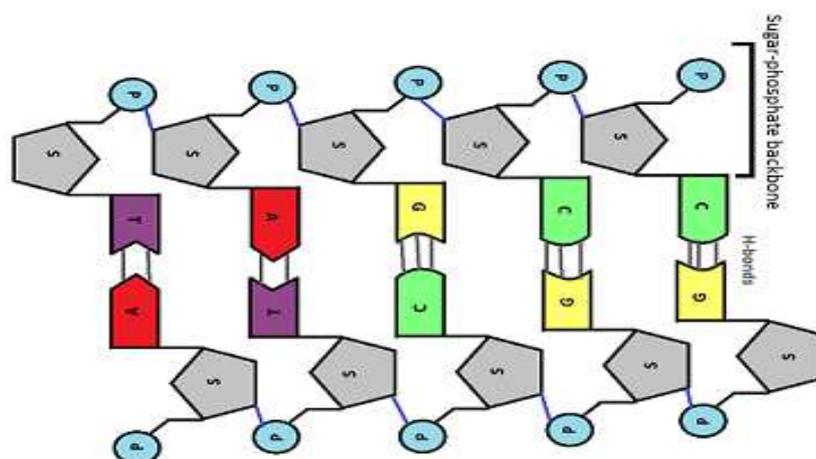
Desafio: João enfrenta algumas dificuldades. Ele não possui conhecimento suficiente sobre como cultivar novas espécies de orquídeas, e a estufa atual está quase no limite de sua capacidade. Além disso, ele precisa decidir quais espécies produzir, levando em consideração o mercado e a demanda dos clientes.

Você estando ciente do processo de modificação genética transgênica, desenvolva um esquema com quatro gêneros de orquídeas para ilustrar para João, como poderá desenvolver novas espécies mais resistentes e com um poder comercial maior.

ANEXO V

ROTEIRO DE ATIVIDADES - CONSTRUÇÃO DA MOLÉCULA DE DNA	
Habilidades Exploradas	
(EM13CNT301)	Identificar a natureza do material hereditário em todos os seres vivos, analisando sua estrutura química para avaliar a universalidade dessa molécula no mundo vivo.
(EM13CNT304)	Interpretar a tabela do código genético com a ocorrência dos mesmos aminoácidos em proteínas de diferentes seres vivos. Estabelecer relação entre DNA, código genético, fabricação de proteínas e determinação das características dos organismos.

- 1) Deverão formar 4 grupos de alunos.
- 2) Cada grupo receberá um kit com tesoura, cola, fita adesiva, 5 folhas de papel cartão de diferentes cores, folhas A4 brancas.
- 3) Cada grupo irá ficar responsável de construir uma molécula de DNA, de grupo da família de Orchidaceae (orquídea).
 - Grupo 1 - Gênero *Phalaenopsis*
 - Grupo 2 – Espécie *Laelia purpurata*
 - Grupo 3 – Espécie *Cymbidium* spp
 - Grupo 4 – Espécie *Epidendrum fulgens*
- 4) O grupo deverá, utilizando papel cartão, fazer um esquema conforme o grupo de orquídeas estipulado, construindo sua molécula de DNA, observando as ligações das bases nitrogenadas e os demais elementos que compõem os nucleotídeos. Como segue o exemplo abaixo.



- 5) Após ter construído a molécula de DNA, do grupo de orquídeas estipulado, o grupo deverá identificar cada gene (trinca de nucleotídeos), identificando, assim, qual característica ela expressa. (ver tabela).

- 6) Após identificar o aluno deverá pesquisar por essa planta na internet e tentar reproduzir ou mesmo imprimir uma cópia e colar com fita de DNA.
- 7) Vendo a habilidade com a construção da fita de DNA, um laboratório de biotecnologia resolveu contratá-los para um experimento com organismos geneticamente modificados (transgênico), para isso, pediu que fizesse a troca dos genes de alguma destas plantas.
- Grupo 1, irá trocar o gene *Pha 1*, pelo gene *Cym 1* do grupo 3.
 - Grupo 2, irá trocar o gene *Lae 1*, pelo gene *Epi 1* do grupo 4.
 - Grupo 3, irá trocar o gene *Cym3*, pelo gene *Lae 3* do grupo 2.
 - Grupo 4, irá trocar o gene *Epi2*, pelo gene *Pha 2* do grupo 1.
- 8) Após ser realizada a troca, eles deverão construir uma nova fita de DNA, substituindo os genes trocados.
- 9) Após ter construído essa nova fita de DNA, eles irão descrever as características que cada genes expressa e compará-las com as características da planta antes de fazer modificação genética da mesma. Reproduzindo a nova planta.
- 10) Qual(is) a(s) vantagem e a(s) desvantagem, destas mudanças realizadas nestas plantas?
- A nova características adquire, favoreceu na comercialização, resistência e na produção destes organismos. Justifique sua resposta.

TABELA COM A SEQUÊNCIA GÊNICA DAS ORQUÍDEAS

Espécie da Planta	Gene Expresso	Sequência de Base Nitrogenada.	Características do Genes:	Função do Genes:
<i>Phalaenopsis</i>	<i>Pha 1</i>	G - C C - G C - G	Coloração das Pétalas: Purpuras.	Flores ornamentais com duração 10 dias, perfume adocicado e não atrai muitos insetos para polinização.
	<i>Pha 2</i>	T- A G -C G - C	Raízes carnudas, esbranquiçadas	Favorece a reserva de nutriente, porém dificulta a fixação.
	<i>Pha 3</i>	A - T T - A G - C	Folhas largas, brilhosas e suculentas, nascendo no centro da planta.	Favorece a reserva de nutriente, fotossíntese e resistente a pragas, porém poucas quantidades de folhas.
	<i>Pha 4</i>	A - T T - A C - G	Inflorescências longas, com várias flores de pétalas arredondadas.	Fatores favoráveis para comercialização.

<i>Laelia purpurata</i>	<i>Lae 1</i>	C - G C - G G - C	Coloração das Pétalas: rosa.	Flores ornamentais com duração 5 dias, perfume adocicado e atrai muitos insetos para polinização.
	<i>Lae 2</i>	T - A A - T G - C	Raízes carnudas, longas e escuras.	Favorece a reserva de nutriente, tem boa fixação.
	<i>Lae 3</i>	C - G T - A G - C	Folhas compridas, fosca e suculentas, nascendo no centro da planta.	Favorece a reserva de nutriente, fotossíntese e resistente a pragas, com grande quantidade de folhas.
	<i>Lae 4</i>	A - T G - C C - G	Inflorescências longas, com várias flores de pétalas Compridas crespas.	Fatores favoráveis para comercialização.
<i>Cymbidium spp</i>	<i>Cym 1</i>	G - C G - C G - C	Coloração das Pétalas: tons amarelos.	Flores ornamentais com duração 5 dias, perfume adocicado e não atrai muitos para polinização.
	<i>Cym2</i>	A - T C - G T - A	Raízes costumam ser bastante resistentes, bem grossas, adaptada para fixação no solo.	Reserva de nutriente, profunda fixação no substrato.
	<i>Cym3</i>	C - G C - G T - A	Folhas coriáceas, longas e pseudobulbos ovóides.	Não suporta o sol direto nas horas mais quentes do dia.
	<i>Cym4</i>	T - A G - C A - T	Inflorescências grandes, compostas de muitas flores. Flores com sépalas e pétalas isentas e semelhantes umas às outras.	Fatores favoráveis para comercialização.
<i>Epidendrum fulgens</i>	<i>Epi1</i>	C - G C - G C - G	Coloração das Pétalas: alaranjada.	Flores ornamentais com duração 7 dias, perfume adocicado e atrai muitos insetos para polinização.
	<i>Epi2</i>	A-T C-G T-A	Raízes costumam ser bastante resistentes, bem grossas, adaptada	Reserva de nutriente, profunda fixação no

			para fixação no solo.	substrato.
	<i>Epi 3</i>	A-T C-G T-A	Folhas coriáceas, linear a elíptica, com tamanho muito variável, indo de 2,5-9 cm de comprimento.	Suporta o sol direto nas horas mais quentes do dia
	<i>Epi 4</i>	T – A G – C C - G	A inflorescência da Orquídea da praia é ereta e apical. Hastes que variam de 10-40cm de comprimento, com dezenas de flores que abrem em sucessão formando um buque de flores.	Usada na decoração de jardins, isoladas ou em grupos formando maciços, também se desenvolvem bem em vasos e jardineiras.

ANEXO VI**AValiação Qualitativa Exposição.**

Critério de Avaliação	Descrição	Pontuação
Conteúdo	Avaliar se a informação apresentada é precisa, atualizada e relevante para o tema abordado.	1 a 10
Organização	Avaliar a estrutura da apresentação, incluindo a introdução, desenvolvimento e conclusão. Verificar se a apresentação segue uma sequência lógica e se os pontos-chave são bem desenvolvidos.	1 a 10
Clareza:	Avaliar a clareza da apresentação, incluindo a linguagem utilizada, a pronúncia e a articulação. Verificar se a informação é apresentada de maneira compreensível para o público.	1 a 10
Utilização de recursos	Avaliar se o uso de recursos visuais que contribui para a compreensão da apresentação. Verificar se os recursos visuais são claros, fáceis de ler e bem organizados.	1 a 10
Habilidades de comunicação	Avaliar a habilidade do apresentador de se comunicar de forma eficaz, incluindo o contato visual com o público, a postura, o tom de voz e a expressão facial.	1 a 10
Tempo	Avaliar se a apresentação é realizada dentro do tempo estipulado (10 minutos), sem ultrapassar o limite de tempo nem terminar muito cedo.	1 a 10
Engajamento do público	Avaliar se o apresentador consegue envolver o público, por meio de perguntas, exemplos práticos ou outros meios de interação.	1 a 10
Originalidade e criatividade	Avaliar se a apresentação possui elementos de originalidade e criatividade, como abordagens inovadoras do tema, exemplos únicos, etc.	1 a 10
Conclusão e recapitulação	Avaliar se a apresentação possui uma conclusão clara e se o apresentador recapitula os pontos principais.	1 a 10
Respostas a perguntas	Houver uma seção de perguntas e respostas, avaliar a habilidade do apresentador de responder de forma clara e precisa, demonstrando domínio do tema.	1 a 10

ANEXO VII

AVALIAÇÃO QUALITATIVA

Prezado estudante, esta pesquisa tem por objetivo auxiliar a elaboração da dissertação de mestrado ofertado pela UFJF – *campus* Avançado Governador Valadares – instituições associadas à UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais – que oferta o curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO – um curso de pós-graduação *stricto sensu* semipresencial com oferta simultânea nacional, sob a orientação da Profa. Dra. Michelle B. de M. P. Antunes.

Para que este estudo seja válido, é importante que você responda cada questão de maneira cuidadosa e sincera. Todas as suas respostas serão confidenciais.

Agradecemos a colaboração e nos colocamos a disposição para outros esclarecimentos que se façam necessários.

Geilson Oliveira dos Santos – geilson.santos@estudante.ufjf.br

Michelle B. de M. P. Antunes - michelle.antunes@ufjf.br

INFORMAÇÕES PESSOAIS

NOME:

IDADE: () ANOS

Leia as perguntas e marque uma das opções ao lado.

1	Você se sentiu motivado a partir das problematizações apresentadas?	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO
2	Você teve curiosidade em saber as respostas?	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO
3	Durante o levantamento das hipóteses, você sentiu receio em estar errado?	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO
4	Você obteve algum conhecimento durante a prática investigativa realizada nesta aula?	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO
5	O processo investigativo ajudou você a chegar em alguma conclusão sobre o assunto abordado?	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO
6	O processo investigativo lhe motivou a querer discutir e debater a solução do problema com seus colegas?	<input type="checkbox"/> Analisar/Refletir <input type="checkbox"/> Concluir/Explicar <input type="checkbox"/> Discutir/Opinar <input type="checkbox"/> Observar/Verificar	
7	Você acha que o método investigativo contribui com a aprendizagem mais que o ensino tradicional, expositivo?	<input type="checkbox"/> SIM	<input type="checkbox"/> NÃO

FONTE: Adaptado de MOURÃO e SALES, 2018

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa “PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE PLATAFORMA DIGITAL (OGM3D) E METODOLOGIAS ATIVAS COMO FERRAMENTAS DIDÁTICO-PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA”. Desenvolvido pelo mestrando: GEILSON OLIVEIRA DOS SANTOS. O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é a necessidade de aprimorar as metodologias de ensino para a disciplina de Biologia, conteúdo transgênico. Ao apresentar alternativas metodológicas para o estudo da genética e Biologia Molecular, compreensão dos transgênicos pretendemos que os alunos possam compreender a importância do tema tanto para o processo de aprendizagem quanto para conhecimento mais aprofundado do tema. Nesta pesquisa pretendemos desenvolver e aplicar plataforma digital (OGM3D) e metodologias ativas como ferramentas didático-pedagógicas para auxiliar na aprendizagem sobre transgenia.

Caso você concorde em participar, vamos fazer as seguintes atividades:

Etapa	Descrição da Sequência didática.	Número de aulas
1ª	Explicação da proposta pelo professor e roda de conversa com os alunos.	1 aula
2ª	Pesquisa bibliográfica sobre o tema.	1 aula
3ª	Apresentação das pesquisas bibliográficas.	1 aula
4ª	Atividade lúdica.	1 aula
5ª	Apresentação e aplicação da plataforma digital (OGM3D).	1 aula
6ª	Apresentação dos resultados da plataforma OGM3D	1 aula.
7ª	Feira de Ciências	1 aula
8ª	Aplicação de questionário quali/quantitativo.	1 aula

Esta pesquisa tem alguns riscos, que são mínimos, pois como parte de sua metodologia utiliza apresentação de conceitos explanados pelos alunos, e caso algum aluno deixe de apresentar, os resultados da investigação podem ficar incompletos. Todos os dados coletados da pesquisa serão armazenados de forma segura, bem como os procedimentos para assegurar o sigilo e a confidencialidade das informações do participante da pesquisa.

A pesquisa aborda biotecnologia, assunto inserido no conteúdo de biologia no Ensino Médio e sua participação nos ajudará a apresentar alternativas metodológicas para o ensino e compreensão por parte dos alunos sobre os transgênicos, tema importante tanto para o processo de aprendizagem, quanto para conhecimento mais aprofundado do tema.

Para participar deste estudo você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causadas atividades que fizermos com você nesta pesquisa, você tem direito a buscar indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Iapu, _____ de _____ de 2023.

Assinatura do Participante

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

APÊNDICE B

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TALE

Gostaríamos de convidar você a participar como voluntário (a) da pesquisa “**PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE PLATAFORMA DIGITAL (OGM3D) E METODOLOGIAS ATIVAS COMO FERRAMENTAS DIDÁTICO-PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA**”. Desenvolvido pelo mestrando: **GEILSON OLIVEIRA DOS SANTOS**. O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é a necessidade de aprimorar as metodologias de ensino para a disciplina de Biologia, conteúdo transgênico. Ao apresentar alternativas metodológicas para o estudo da genética e Biologia Molecular, compreensão dos transgênicos, pretendemos que os alunos possam compreender a importância do tema tanto para o processo de aprendizagem quanto para conhecimento mais aprofundado do tema. Nesta pesquisa pretendemos desenvolver e aplicar plataforma digital (OGM3D) e metodologias ativas como ferramentas didático-pedagógicas para auxiliar na aprendizagem sobre transgenia.

Caso você concorde em participar, vamos fazer as seguintes atividades:

Etapa	Descrição da Sequência didática.	Número de aulas
1ª	Explicação da proposta pelo professor e roda de conversa com os alunos.	1 aula
2ª	Pesquisa bibliográfica sobre o tema.	1 aula
3ª	Apresentação das pesquisas bibliográficas.	1 aula
4ª	Atividade lúdica.	1 aula
5ª	Apresentação e aplicação da plataforma digital (OGM3D).	1 aula
6ª	Apresentação dos resultados da plataforma OGM3D	1 aula.
7ª	Feira de Ciências	1 aula
8ª	Aplicação de questionário quali/quantitativo.	1 aula

Esta pesquisa tem alguns riscos, que são mínimos, pois como parte de sua metodologia utiliza apresentação de conceitos explanados pelos alunos, e caso algum aluno deixe de apresentar, os resultados da investigação podem ficar incompletos. Todos os dados coletados da pesquisa serão armazenados de forma segura, bem como os procedimentos para assegurar o sigilo e a confidencialidade das informações do participante da pesquisa.

A pesquisa aborda biotecnologia, assunto inserido no conteúdo de biologia no Ensino Médio e sua participação nos ajudará a apresentar alternativas metodológicas para o ensino e compreensão por parte dos alunos sobre os transgênicos, tema importante tanto para o processo de aprendizagem, quanto para conhecimento mais aprofundado do tema.

Para participar deste estudo você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causadas atividades que fizermos com você nesta pesquisa, você tem direito a buscar indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Declaro que concordo em participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Iapu, _____ de _____ de 2023.

Assinatura do Participante

Assinatura do (a) Pesquisador (a)

APÊNDICE C

TCLE – RESPONSÁVEIS

O menor _____, sob sua responsabilidade, está sendo convidado a participar como voluntário (a) da pesquisa “**PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE PLATAFORMA DIGITAL (OGM3D) E METODOLOGIAS ATIVAS COMO FERRAMENTAS DIDÁTICO-PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA**”. Desenvolvido pelo mestrando: **GEILSON OLIVEIRA DOS SANTOS**. O motivo que nos leva a realizar esta pesquisa é a necessidade de aprimorar as metodologias de ensino para a disciplina de Biologia, conteúdo transgênico. Ao apresentar alternativas metodológicas para o estudo da genética e Biologia Molecular, compreensão dos transgênicos pretendemos que os alunos possam compreender a importância do tema tanto para o processo de aprendizagem quanto para conhecimento mais aprofundado do tema. Nesta pesquisa pretendemos desenvolver e aplicar plataforma digital (OGM3D) e metodologias ativas como ferramentas didático-pedagógicas para auxiliar na aprendizagem sobre transgenia.

Caso você concorde em participar, vamos fazer as seguintes atividades:

Etapa	Descrição da Sequência didática.	Número de aulas
1ª	Explicação da proposta pelo professor e roda de conversa com os alunos.	1 aula
2ª	Pesquisa bibliográfica sobre o tema.	1 aula
3ª	Apresentação das pesquisas bibliográficas.	1 aula
4ª	Atividade lúdica.	1 aula
5ª	Apresentação e aplicação da plataforma digital (OGM3D).	1 aula
6ª	Apresentação dos resultados da plataforma OGM3D	1 aula.
7ª	Feira de Ciências	1 aula
8ª	Aplicação de questionário quali/quantitativo.	1 aula

Esta pesquisa tem alguns riscos, que são mínimos, pois como parte de sua metodologia utiliza apresentação de conceitos explanados pelos alunos, e caso algum aluno deixe de apresentar, os resultados da investigação podem ficar incompletos. Todos os dados coletados da pesquisa serão armazenados de forma segura, bem como os procedimentos para assegurar o sigilo e a confidencialidade das informações do participante da pesquisa.

A pesquisa aborda biotecnologia, assunto inserido no conteúdo de biologia no Ensino Médio e sua participação nos ajudará a apresentar alternativas metodológicas para o ensino e compreensão por parte dos alunos sobre os transgênicos, tema importante tanto para o processo de aprendizagem, quanto para conhecimento mais aprofundado do tema.

Para participar deste estudo você não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, se você tiver algum dano por causadas atividades que fizermos com você nesta pesquisa, você tem direito a buscar indenização. Você terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você queira participar agora, você pode voltar ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você. Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, conforme a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Declaro que concordo em deixá-lo participar da pesquisa e que me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Iapu, _____ de _____ de 2023.

Assinatura do Participante