



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO PROFISSIONAL EM
ENSINO DE BIOLOGIA - PROFBIO

Natalia Moraes da Silva

Bioética em biotecnologia no Ensino Médio: Uma Sequência Didática
Investigativa por meio da metodologia 7E's

Florianópolis
2025

Natalia Moraes da Silva

Bioética em biotecnologia no Ensino Médio: Uma Sequência Didática Investigativa por meio da metodologia 7E's

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado em Ensino de Biologia - PROFBIO da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Orientador(a): Profa. Dra. Aurea Elizabeth Linder

Florianópolis

2025

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Silva, Natalia Moraes da
Bioética em biotecnologia no Ensino Médio: : Uma
Sequência Didática Investigativa por meio da metodologia
7E's / Natalia Moraes da Silva ; orientador, Áurea
Elizabeth Linder, 2025.
222 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas,
Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Biologia
- PROFBIO, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Ensino de Biologia. 2. Bioética. 3. Biotecnologia.
4. Ensino por investigação. 5. 7E's. I. Linder, Áurea
Elizabeth. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Biologia
- PROFBIO. III. Título.

Natalia Moraes da Silva

Bioética em biotecnologia no Ensino Médio: Uma Sequência Didática Investigativa por meio da metodologia 7E's

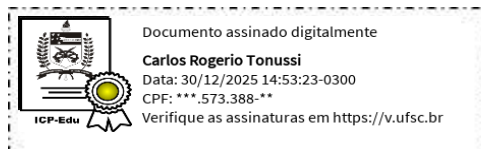
O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 02 de outubro de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Áurea Elizabeth Linder, Dr.(a)
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

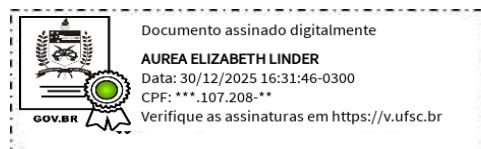
Prof.(a) Norma Machado da Silva, Dr.(a)
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Carlos Renato Carola , Dr.(a)
Instituição Universidade do extremo Sul Catarinense

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Ensino de Biologia.



Coordenação do Programa de Pós-Graduação



Prof.(a) Dr.(a) Aurea Elizabeth Linder
Orientador(a)
Florianópolis, 2025.

Dedico essa dissertação à minha mãe,
pelo seu exemplo de força e coragem, e
que me sempre me incentivou, sendo a
minha base de apoio, ao meu marido e
minhas filhas Victoria e Alice, por serem
as minhas inspirações, e aos meus
alunos que são o motivo de eu sonhar.

AGRADECIMENTOS

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

Agradeço a minha mãe, por me incentivar e apoiar para chegar até aqui. Ao meu marido Leandro e minhas filhas Victoria e Alice por seu amor, apoio incondicional e por sempre acreditarem em mim. À minha orientadora, Áurea Elizabeth Linder, por sua paciência, orientação e valiosas contribuições para este trabalho. Aos meus amigos, que foram meus parceiros durante esta jornada, oferecendo apoio e incentivo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

“A compreensão do mundo natural é uma fonte não apenas de grande curiosidade, mas também de grande realização.” — *David Attenborough*

Relato do Mestrando

Instituição: UFSC - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Mestrando: Natalia Moraes da Silva

Título do TCM: Bioética em Biotecnologia no Ensino Médio: Uma Sequência Didática Investigativa por meio da metodologia 7E's

Sou Natalia Moraes da Silva, mestranda vinculada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal de Santa Catarina, sob orientação da professora Áurea Elizabeth Linder. Minha pesquisa tem como foco o desenvolvimento de uma sequência didática investigativa sobre o tema bioética em biotecnologia no Ensino Médio, utilizando a metodologia dos 7E's.

A escolha deste tema surgiu da necessidade de promover reflexões éticas frente às tecnologias de engenharia genética às quais estamos cada vez mais expostos. Observa-se, nos materiais pedagógicos disponíveis para professores do Ensino Médio, uma abordagem superficial da bioética, além do pouco conhecimento demonstrado pelos estudantes sobre os dilemas éticos envolvidos nas práticas biotecnológicas.

Para fundamentar a pesquisa, realizei um estudo aprofundado dos documentos que norteiam a educação em Santa Catarina, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o Currículo Base do Território Catarinense. Em seguida, investiguei os principais dilemas bioéticos relacionados às técnicas de biotecnologia, com o objetivo de identificar conteúdos relevantes e atuais para compor a sequência didática.

Também foi realizada uma análise dos livros didáticos distribuídos pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), com o intuito de identificar as potencialidades e lacunas na abordagem da bioética em biotecnologia. Essa etapa foi essencial para

compreender os limites dos recursos didáticos disponíveis e propor alternativas mais eficazes.

Além disso, estudei as principais etapas do ensino por investigação e diferentes metodologias voltadas ao desenvolvimento do ciclo investigativo dos 7E's para que essas informações servissem de subsídio à elaboração da sequência didática.

A proposta foi cuidadosamente planejada para estimular o protagonismo juvenil, promovendo a reflexão, o diálogo e a criticidade. A intenção é que os estudantes se desenvolvam como cidadãos ativos, capazes de compreender e intervir nas demandas da sociedade contemporânea, contribuindo para uma sociedade mais justa e inclusiva.

Espera-se que esta pesquisa auxilie professores na organização didático-pedagógica de suas aulas e incentive a adoção do ensino por investigação como prática cotidiana. A sequência didática elaborada poderá servir de modelo para outras propostas pedagógicas, ampliando o alcance da abordagem investigativa no ensino de Biologia.

RESUMO

A reforma do Ensino Médio traz muitas novidades com relação à estrutura curricular, à aprendizagem, e à carga horária. Uma das mudanças são os itinerários formativos, onde o aluno pode escolher uma trilha de aprofundamento na área pela qual ele tem mais afinidade. A nova grade curricular constitui-se de um currículo mínimo comum a todo o território nacional e uma parte diversificada, que caberá a cada rede de ensino a sua elaboração. No portfólio de trilhas de aprofundamento, no caderno três do Currículo Base do Território Catarinense, encontra-se a trilha de aprofundamento denominada: *Saúde traz felicidade?* Essa trilha traz objetos de conhecimento diversos a serem trabalhados integralmente por professores de áreas distintas. Porém, como cada rede de ensino elaborou seus itinerários formativos com base na sua realidade local, as trilhas de aprofundamento como esta citada, não acompanham material didático para auxiliar o professor no processo de ensino e aprendizagem, o que demanda mais tempo de pesquisa e planejamento por parte do docente. Portanto, esta pesquisa objetiva abordar o tema bioética no ensino de biotecnologia para o Ensino Médio utilizando a abordagem investigativa por meio da metodologia do 7E's em uma sequência didática para ser aplicada na trilha de aprofundamento *Saúde traz felicidade?* Para isso, avaliamos inicialmente as habilidades e competências do objeto de conhecimento bioética disposto nesta trilha e, para atingi-las, definimos os objetivos de aprendizagem, selecionamos uma metodologia de ensino- aprendizagem que envolvesse o ensino por investigação. Elaboramos uma sequência didática utilizando a metodologia dos 7E's para ser aplicada no componente curricular de biologia e na trilha de aprofundamento abordando a bioética na Biotecnologia. Espera-se que essa pesquisa, como um todo, auxilie o professor no processo de organização didático-pedagógica e desponte o ensino por investigação em sua didática, servindo assim de modelo para elaboração de sequências para as demais trilhas de aprofundamento.

Palavras chave: Ensino por investigação; metodologias ativas; contextualização; objetos de aprendizagem; material didático; trilhas de aprofundamento; Caderno Base do Território Catarinense.

ABSTRACT

The reform of High School results in many novelties regarding curricular structure, learning, and workload. One of the changes is the formative itineraries, where students can choose an in-depth learning path in the area they are most interested in. The new curriculum consists of a common minimum curriculum for all the national territory and a diversified part, which will be the responsibility of each school system to elaborate. In the portfolio of in-depth learning paths, in notebook three of the Basic Curriculum of the Santa Catarina Territory, there is an in-depth learning path entitled: Does health bring happiness? This path presents diverse knowledge objects to be worked on comprehensively by teachers from different areas. However, since each school system developed its educational pathways based on its local reality, in-depth learning paths like the one mentioned do not include teaching materials to assist the teacher in the teaching and learning process, which demands more research and planning time on the part of the teacher. Therefore, this research aims to address the topic of bioethics in biotechnology education for high school using an investigative approach through the 7E's methodology in a didactic sequence to be applied in the in-depth learning path "Does Health Bring Happiness?" To this end, we initially assessed the skills and competencies of the bioethics subject of knowledge presented in this learning path and, to achieve them, we defined learning objectives and selected a teaching-learning methodology that involved inquiry-based teaching. We developed a didactic sequence using the 7E's methodology to be applied in the biology curriculum component and in the in-depth learning path addressing bioethics in biotechnology. It is expected that this research, as a whole, will assist the teacher in the didactic-pedagogical organization process and highlight inquiry-based learning in their teaching methods, thus serving as a model for the development of sequences for other in-depth learning paths.

Keywords: Inquiry-based teaching; active methodologies; contextualization; learning objects; teaching materials; deepening paths; Base Notebook of the Catarinense Territory

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Organização Curricular do Novo Ensino Médio.....26

Figura 2 - Espiral dos eixos temáticos da área de ciências da natureza.....34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Trilhas de aprofundamento e suas respectivas áreas de conhecimento.....	29
Quadro 2: Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) nas atividades investigativas.....	42
Quadro 3: Resumo do Modelo Instrucional BSCS 5E.....	44
Quadro 4: Habilidades e objetos de conhecimento da trilha de aprofundamento integrada: Saúde traz felicidade?	55
Quadro 5: Competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (2018) e os Conhecimentos, habilidades, atitudes e valores mobilizados pelas mesmas.....	58
Quadro 6: Dilemas bioéticos relacionados às técnicas de biotecnologia.....	60
Quadro 7: Critérios analisados nos livros didáticos do Novo Ensino Médio.....	65
Quadro 8: Palavras chaves relacionadas ao tema bioética.....	67
Quadro 9: Palavras-chave relacionadas ao conhecimento de bioética e biotecnologia e a frequência com que são mencionados nos textos didáticos.....	68
Quadro 10: Síntese dos 7E's por IBRAHIM.....	72
Quadro 11: Síntese dos 7E's por KHASHAN.....	74
Quadro 12: Ampliação do modelo BSCS 5E proposto por REIS e MARQUES.....	76
Quadro 13: Comparação das etapas do ensino por investigação com o ciclo de aprendizagem proposto pelos autores IBRAHIM, KHASHAN e REIS e MARQUES.....	80
Quadro 14: Síntese das fases do ciclo investigativo dos 7E's relacionadas às atividades propostas da sequência didática.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CBTC	Currículo Base do Território Catarinense
CNE	Conselho Nacional de Educação
CRISPR	Repetições Palindrômicas Curtas Agrupadas e Regularmente Interpassadas
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
DNA	Ácido desoxirribonucleico
DUBDH	Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério de Educação
OCDE	Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
PCSC	Proposta Curricular de Santa Catarina
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PNLD	Plano Nacional do Livro Didático
PNE	Plano Nacional de Educação
RNA	Ácido Ribonucleico
SBCS	Biological Sciences Curriculum Study
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS.....	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
3.1	A “reforma do Ensino Médio”	20
3.2	BNCC e o Currículo do Novo Ensino Médio	23
3.3	A Organização do Novo Ensino Médio em Santa Catarina	27
3.4	Caderno das trilhas de aprofundamento do Novo Ensino Médio no Estado de Santa Catarina.....	28
3.5	O ensino de ciências e biologia.....	31
3.6	O ensino de Ciências da Natureza no Currículo Base do Território Catarinense	33
3.7	O ensino de bioética em biotecnologia.....	34
3.8	O ensino por investigação.....	38
3.9	O ciclo de aprendizagem 7E’s.....	43
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	47
4.1	Seleção da trilha de aprofundamento prevista no Currículo do Ensino Médio que permita a abordagem multidisciplinar sobre bioética no ensino de biotecnologia.....	48
4.2	Identificação das habilidades e competências da trilha de aprofundamento <i>Saúde traz felicidade?</i> para a abordagem da bioética no ensino em biotecnologia.....	48
4.3	Identificação das relações entre bioética relacionados às técnicas de biotecnologia.....	49
4.4	Avaliação dos livros didáticos distribuídos para o Novo Ensino Médio que abordam o objeto de conhecimento bioética e biotecnologia, identificando lacunas e potencialidades pedagógicas	49
4.5	Fundamentos e estratégias do ciclo de aprendizagem 7E’s para subsidiar a elaboração de uma sequência didática sobre bioética em biotecnologia.....	52

4.6 Integração e elaboração de quadro comparativo entre etapas do ensino por Investigação e o Ciclo 7E's.....	53
4.7 Elaboração de uma sequência didática para a trilha de aprofundamento <i>Saúde traz felicidade?</i> sobre bioética em biotecnologia fundamentada na abordagem investigativa utilizando os 7Es.....	53

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....53

5.1 Seleção da trilha de aprofundamento prevista no Currículo do Ensino Médio que permita a abordagem multidisciplinar sobre bioética no ensino de biotecnologia.....	54
5.2 Resultados da identificação das habilidades e competências da trilha de aprofundamento <i>Saúde traz felicidade?</i> para a abordagem da bioética no ensino em biotecnologia.....	55
5.3 Identificação dos dilemas bioéticos relacionados às técnicas de biotecnologia.....	60
5.4 Análise dos livros didáticos distribuídos para o Novo Ensino Médio que abordam o objeto de conhecimento bioética e biotecnologia, identificando lacunas e potencialidades pedagógicas.....	65
5.5 Fundamentos e estratégias do ciclo de aprendizagem 7E's para subsidiar a elaboração de uma sequência didática sobre bioética em biotecnologia.....	70
5.6 Síntese comparativa das etapas da abordagem do ensino por investigação e as fases do ciclo investigativo.....	80
5.7 Sequência didática para a trilha de aprofundamento <i>Saúde traz felicidade?</i> sobre o objeto de conhecimento bioética em biotecnologia fundamentada na abordagem investigativa dos 7Es.....	83

6 DISCUSSÕES.....83

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

REFERÊNCIAS

APÊNDICE A – PRODUTO

1 INTRODUÇÃO

Em 2017, a necessidade de uma reforma no Ensino Médio Brasileiro entrou em discussão. Decidiu-se por uma modificação na estrutura curricular e na carga horária dessa etapa do ensino básico. Uma das justificativas para tais mudanças é que o currículo desperta pouco interesse dos estudantes no ensino, pois os objetos de conhecimento não relacionavam o aprendizado em sala de aula com a realidade do estudante (BRASIL, 2016).

O Plano Nacional de Educação (PNE) de 2014 destaca, em uma das estratégias propostas para alcançar suas metas, que a reforma deve ocorrer por meio de “currículos escolares que organizem, de maneira flexível e diversificada, conteúdos obrigatórios e eletivos articulados em dimensões como ciência, trabalho, linguagens, tecnologia, cultura e esporte” (BRASIL, 2014, p. 55). Diante deste novo cenário, as Redes Estaduais de ensino tiveram que reformular seus currículos seguindo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e elaborar, dentro da parte diversificada, itinerários formativos que atendessem as necessidades do seu território. Além disso, o ensino assume o foco na aprendizagem do estudante, retirando o papel do professor como detentor e transferidor do saber, possibilitando ao estudante o protagonismo na construção do seu próprio conhecimento (FREIRE, 2020).

A BNCC assume o ensino por meio de habilidades e competências, de modo que as habilidades são um conjunto de procedimentos cognitivos e socioemocionais, que servirão juntamente com os conceitos e com as atitudes, de subsídios para aquisição de uma competência necessária para atender as complexidades da vida (BNCC, 2018). Portanto, a BNCC do Ensino Médio, assim como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), serviram de norteadores para a construção dos currículos das redes de Ensino Estaduais de todo o Brasil.

No Estado de Santa Catarina, o Currículo Base do Território Catarinense (CBTC) foi desenvolvido tendo também como referência a Proposta Curricular de Santa Catarina (PCSC). Estruturando-se em duas partes complementares: uma parte comum (BNCC) e uma parte diversificada com foco nas áreas do conhecimento e na formação profissional e técnica, com uma organização composta por: Componentes Curriculares Eletivos, Segunda Língua Estrangeira e as Trilhas de

Aprofundamento - a fim de atender as expectativas dos jovens residentes neste Estado (SANTA CATARINA, 2020). A parte flexível do CBTC compreende 4 cadernos: o primeiro com as disposições gerais, o segundo com a formação geral básica, o terceiro com o portfólio das trilhas de aprofundamento e o quarto com o portfólio de componentes curriculares eletivos. De acordo com o Caderno 1 do CBTC:

Os itinerários são, portanto, arranjos curriculares flexíveis, compostos por situações educativas e unidades curriculares, que permitem ao estudante seguir diferentes percursos escolares, ampliando e aprofundando seus conhecimentos, e tendo ampliadas suas possibilidades de desenvolvimento pleno e integral (SANTA CATARINA, 2020, p.49).

Dentro dos itinerários formativos, definiu-se que as trilhas de aprofundamento ofertadas nas escolas do Estado Catarinense devem contemplar obrigatoriamente os quatro eixos estruturantes (Investigação Científica; Processos Criativos; Mediação e Intervenção Sociocultural; e Empreendedorismo) abordando as habilidades para cada um dos eixos. De modo interessante, a periodicidade dessas trilhas é semestral, mas não seriada, isto é, alunos de qualquer série do ensino médio poderão escolher as trilhas que constam no Portfólio de Trilhas de Aprofundamento, no Caderno 3, de acordo com a oferta e as vagas disponíveis. Essas mudanças, de acordo com o Ministério da Educação e Cultura (MEC), “pretendem atender as necessidades e as expectativas dos jovens, fortalecendo o protagonismo juvenil na medida em que possibilita aos estudantes escolher o itinerário formativo no qual desejam aprofundar seus conhecimentos” (BRASIL, 2017b).

A Rede de Ensino do Estado de Santa Catarina organizou as trilhas de aprofundamento em áreas de conhecimento, sendo quatro trilhas nas áreas de: matemática e suas tecnologias, ciências sociais humanas e aplicadas e de ciências da natureza e suas tecnologias; duas trilhas na área de linguagens e suas tecnologias, e onze trilhas de aprofundamento integradas entre as áreas de conhecimento. Essas trilhas de aprofundamento integradas entre as áreas de conhecimento possibilitam o envolvimento de múltiplos componentes curriculares favorecendo, assim, o processo de ensino-aprendizagem e a solução de problemas. Estabelecem relações entre as áreas de conhecimento na busca da compreensão por fenômenos e na aquisição do saber contextualizado através de vários pontos de vista. Conforme o CBTC:

As trilhas de aprofundamento integradas entre áreas do conhecimento aprofundam, de forma interdisciplinar e transdisciplinar, conhecimentos e conceitos de duas ou mais áreas do conhecimento. Estas trilhas figuram como importantes oportunidades para que escolas menores, que não têm possibilidades de ofertar uma grande variedade de trilhas, possam desenvolver, junto aos estudantes, aprofundamentos em mais de uma área do conhecimento (SANTA CATARINA, 2020, p. 87).

Além disso, as trilhas de aprofundamento contemplam conhecimentos mais atuais e de relevância social de modo que o estudante possa obter

... uma formação que visa à cidadania, à emancipação e à liberdade como processos ativos e críticos que possibilitem ao estudante o pleno desenvolvimento e a apropriação do conhecimento e da cultura historicamente construídos, bem como o protagonismo de seu percurso formativo (SANTA CATARINA, 2019, p. 19).

Um desses conhecimentos presentes nas trilhas de aprofundamento é a bioética, um conhecimento que abrange reflexões profundas sobre ciência, sociedade e valores humanos. Segundo Messias, Anjos e Rosito (2007), trabalhar bioética é trabalhar a interdisciplinaridade e até mesmo a transdisciplinaridade percorrendo caminhos que promovam o pensamento científico, crítico e criativo, a responsabilidade e a cidadania (BRASIL, 2018), a empatia e o respeito às diferenças, competências essas que a BNCC deseja que sejam desenvolvidas nos estudantes. O ensino de bioética é uma ótima opção para trabalhar dentro do conhecimento de biotecnologia. Na realidade, a incorporação da bioética no ensino de biotecnologia é não apenas recomendável, mas imprescindível diante dos avanços científicos (CONCEIÇÃO, 2011) que envolvem manipulação genética, clonagem, uso de organismos transgênicos e aplicações médicas de biotecnologia, cada vez mais intensas e presentes na nossa sociedade. Ao abordar questões éticas, sociais e ambientais relacionadas à biotecnologia, à bioética, possibilita aos estudantes a construção de uma consciência crítica, responsável e humanizada e favorece o desenvolvimento de habilidades argumentativas e reflexivas que são preceitos fundamentais do ensino de Biologia na BNCC.

Além disso, na BNCC, os fundamentos metodológicos têm como foco o protagonismo do aluno e a formação integral do sujeito e, para isso, utiliza-se de estratégias metodológicas ativas com objetivo de desenvolver habilidades e competências nos estudantes (BRASIL, 2018). Desse modo, o CBTC destaca que:

... é preciso privilegiar práticas pedagógicas que permitam aos estudantes do ensino médio reconhecer e explorar seus próprios modos de pensar, bem como as estratégias que empregam em situações cotidianas, seja para

resolver problemas, seja para interagir com seus pares e com outras pessoas, ou, ainda, para agir nas diversas e complexas situações de seu cotidiano, mobilizando os diversos conhecimentos (SANTA CATARINA, 2020, p. 23).

Dentro dessa perspectiva, o ensino por investigação é uma abordagem que por meio de estratégias didáticas como, por exemplo, 7E's, aprendizagem por descoberta, resolução de problemas, projetos de aprendizagem (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), permite ao estudante o engajamento ativo no processo de construção do conhecimento (SCARPA, CAMPOS, 2018). A abordagem investigativa e suas diferentes estratégias “permitem promover a aprendizagem dos conteúdos conceituais, e também dos conteúdos procedimentais que envolvem a construção do conhecimento científico” (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011. p. 78).

O ensino por investigação por meio da metodologia do ciclo de aprendizagem dos 7E's (Excitação, Exploração, Explicação, Expansão, Extensão, Troca e Avaliação- do inglês: *Excitement, Exploration, Explanation, Expansion, Extension, Exchanging e Evaluation*) é uma oportunidade de trabalhar envolvendo os estudantes nessas sete fases de aprendizagem, onde os estudantes poderão investigar situações reais dentro do conteúdo abordado (KHASHAN, 2016). Existem propostas de ensino usando a metodologia dos 7E's nas áreas de matemática e de física e ciências que revelam ser eficaz para o aprendizado ativo (KHASHAN, 2016; IBRAHIM *et al.*, 2022; NAADE; ALAMINA; OKWELLE, 2018). Ao pesquisar sobre essa metodologia, verificou-se pouca disponibilidade de materiais dentro da área de biologia e ainda maior escassez de material quando se tratava de bioética em biotecnologia.

Apesar dessas propostas de mudanças no ensino, não há disponibilizado material didático específico para cada trilha, isto é, nem os objetivos de aprendizagem, tampouco como esses objetivos poderão ser alcançados. Portanto, como trabalhar conteúdos tão contemporâneos, que anteriormente não eram o enfoque da aprendizagem, sem livros e materiais didáticos que orientem o trabalho do Professor de Biologia, em uma nova estrutura curricular?

Partindo dessa premissa, hipotetizamos que é possível abordar o tema bioética no ensino de biotecnologia para o Ensino Médio elaborando uma sequência didática com uma abordagem investigativa por meio da metodologia dos 7E's para ser aplicada em uma trilha de aprofundamento.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral: Abordar o tema bioética no ensino de biotecnologia para o Ensino Médio utilizando uma abordagem investigativa por meio da metodologia do 7E's em uma sequência didática para ser aplicada em uma trilha de aprofundamento.

Objetivos Específicos:

- Selecionar uma trilha de aprofundamento prevista no Currículo do Ensino Médio que permita a abordagem multidisciplinar sobre bioética no ensino de biotecnologia;
- Identificar as habilidades e competências da trilha de aprofundamento selecionada para a abordagem da bioética no ensino em biotecnologia;
- Identificar os dilemas bioéticos relacionados às técnicas de biotecnologia.
- Avaliar como os livros didáticos distribuídos para o Novo Ensino Médio abordam o objeto de conhecimento bioética e biotecnologia, identificando lacunas e potencialidades pedagógicas.
- Aplicar os fundamentos e estratégias 7E's na criação de uma sequência didática sobre bioética em biotecnologia.
- Relacionar as etapas do ensino por investigação com as fases do ciclo de aprendizagem por 7E's.
- Desenvolver uma sequência didática investigativa sobre bioética em biotecnologia para trilhas de aprofundamento no Ensino Médio.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A REFORMA DO NOVO ENSINO MÉDIO

O Ensino Médio Brasileiro passou por uma reforma, em 2017, que trouxe uma série de implicações e mudanças às quais estudantes, professores, gestão e escola tiveram que se adequar. Para entender um pouco mais sobre essa reforma devemos

compreender o processo que motivou a medida e quais leis foram alteradas para implementação do Novo Ensino Médio.

A Lei de Diretrizes e Bases (LDB) número 9.394, de 20 de dezembro de 1996, é a lei que trata da organização escolar do Brasil e estabelece os órgãos competentes responsáveis por cada etapa e modalidade de ensino. Essa lei, no seu artigo 24 e 35, norteou o modelo de ensino médio vigente nos últimos anos. De acordo com o Art. 24 da LDB (1996) a educação básica, nos níveis fundamental e médio, dispunha de carga horária mínima de 800 horas anuais distribuídas em 200 dias letivos. E ao se tratar da finalidade do Ensino Médio o Art. 35 da LDB diz que:

O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

- I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (BRASIL, 1996).

As implicações que justificam uma reforma para o Ensino Médio são muitas, dentre elas, a estagnação dos resultados das provas de proficiência, notadamente no Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). De acordo com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), ao longo de quatorze anos, o ensino fundamental, anos iniciais e finais, obteve melhoras de desempenho de 5,3% e 40% respectivamente. Porém o ensino médio não acompanhou esse progresso ficando com uma média de 23,5 % apenas (CODES; FONSECA; ARAÚJO, 2021). O ministro da educação na 2ª Sessão Legislativa Ordinária em 2016, expõe os motivos para alteração da LDB, dizendo que

O ensino médio deverá consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, bem como formar indivíduos autônomos, capazes de intervir e transformar a realidade. Todavia, nota-se um descompasso entre os objetivos propostos por esta etapa e o jovem que ela efetivamente forma (BRASIL, 2016).

Além disso, de acordo com o PISA (programa internacional de avaliação dos estudantes), em 2015, o Brasil registrou uma queda significativa no aprendizado dos

estudantes e “constatou que sete em cada dez alunos brasileiros, com idade entre 15 e 16 anos, estão abaixo do nível básico de conhecimento” (BRASIL, 2016). O texto referente ainda traz informações que indicam um retrocesso de, no mínimo, dez anos na área de matemática. Com base nos baixos índices de desempenho da educação brasileira nas avaliações internacionais quando comparados a outros países, outra justificativa para a reformulação do ensino médio brasileiro é a falta de interesse dos estudantes pelo currículo escolar.

Com base na fala do ministro da educação José Mendonça Bezerra Filho “Atualmente o ensino médio possui um currículo extenso, superficial e fragmentado, que não dialoga com a juventude, com o setor produtivo, tampouco com as demandas do século XXI” (BRASIL, 2016, p.1). Soma-se a isso a quantidade excessiva de disciplinas que os estudantes têm que cursar, a metodologia de exposição das aulas e a falta de conectividade com a vida real deles, justificando assim a baixa atratividade e sendo um dos motivos de evasão escolar nesse período. De acordo com Codes; Fonseca; Araújo

Do lado da escola, a predominância de padrões e modos de ensino tradicionais – como a duração de 50 minutos para cada aula e o formato de exposição do conhecimento por parte de professor – podem ser insuficientes para despertar e manter o interesse dos alunos. É desejável, portanto, oferecer mais do que isso (2021, p. 18).

A elaboração de um currículo diversificado e mais flexível, que atendesse as expectativas e necessidades dos estudantes, que lhes permitissem um encontro com as suas preferências é uma das apostas do Novo Ensino Médio, afinal

A grande quantidade e a diversidade das disciplinas obrigatórias muitas vezes determinam que todos estudem tópicos demasiadamente específicos. Certamente, conhecimentos de múltiplas áreas são necessários, mas seus graus de detalhamento e cargas horárias podem ser questionados (CODES; FONSECA; ARAÚJO, 2021, p. 19).

Há também a necessidade de uma reformulação nos conteúdos do currículo de modo que “há ainda temas que podem ser inseridos na grade por sua relevância para as vidas dos futuros adultos” (CODES; FONSECA; ARAÚJO, 2021, p. 20), conhecimentos mais atuais e que se apliquem à realidade do estudante de modo a diminuir a discrepância entre os conhecimentos obtidos na escola e o cotidiano de

vida a qual o estudante está inserido. Na fala do ministério da educação, “Um novo modelo de ensino médio oferecerá, além das opções de aprofundamento nas áreas do conhecimento, cursos de qualificação, estágio e ensino técnico profissional de acordo com as disponibilidades de cada sistema de ensino” (BRASIL, 2016, p. 1). Em uma perspectiva, a reforma do ensino médio está mais que tardia, mas vale ressaltar que é necessário suporte para tamanhas mudanças que envolvem estrutura, curricular, metodologia, carga horária e formação de professores.

3.2 BNCC E O CURRÍCULO DO NOVO ENSINO MÉDIO

Devidos às novas demandas e complexidades do mundo do trabalho, a Lei nº 13.415/2017 alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e instituiu uma nova carga horária e um novo currículo escolar, estabelecendo assim o novo Ensino Médio para que fosse implementado até 2022 . Organizado por áreas de conhecimento, o Novo Ensino Médio pretende acabar com a fragmentação do conhecimento e focar na aprendizagem ao invés de ter como foco, o ensino (BRASIL, 2018a). Para isso propõe metodologias ativas com base no protagonismo do aluno. Conforme o Ministério da Educação e Cultura (MEC), justifica-se que o formato até então, era pouco atrativo para os estudantes e gerava insatisfação por parte dos mesmos, fato esse que era corroborado pelos altos índices de evasão e reprovação escolar (BRASIL, 2017b).

Além disso, não é atual a intenção de uma reestruturação do Ensino Médio, visto que debates sobre uma reformulação persiste desde a década de 50 e “está prevista em diversos marcos legais da educação brasileira e é justificada pelos recentes resultados do Ensino Médio, sejam estes referentes às avaliações externas, índices de proficiência, reprovação ou abandono dos estudantes” (SANTA CATARINA, 2020, p. 25). Conforme o parecer de nº 5 do Conselho Nacional de Educação (CNE):

O Ensino Médio tem ocupado, nos últimos anos, um papel de destaque nas discussões sobre educação brasileira, pois sua estrutura, seus conteúdos, bem como suas condições atuais, estão longe de atender às necessidades dos estudantes, tanto nos aspectos da formação para a cidadania como para o mundo do trabalho (BRASIL, 2011, p. 1).

Porém, as discussões sobre a reforma do ensino médio não levam em consideração, conforme Ferreti (2018) a infraestrutura precarizada das escolas, a falta de valorização e alta rotatividade dos professores, o abandono do estudante para contribuir financeiramente com a renda familiar, a gravidez na adolescência, violência no ambiente familiar, entre outros. Propondo então, uma nova matriz curricular, contendo uma parte diversificada no currículo, na esperança de atrair os estudantes e assim diminuir o número de reprovações.

A reforma do Ensino Médio inicia-se com a Medida Provisória nº 746/ 2016 e sanciona-se com a Lei nº 13.415/2017 que altera a LDB/1996 em seu artigo 24 parágrafo primeiro que dispõe sobre a carga horária do ensino médio

A carga horária mínima anual de que trata o inciso I do caput deverá ser ampliada de forma progressiva, no ensino médio, para mil e quatrocentas horas, devendo os sistemas de ensino oferecer, no prazo máximo de cinco anos, pelo menos mil horas anuais de carga horária, a partir de 2 de março de 2017 (BRASIL, 2017b, p. 1).

Em 2014 iniciou-se a elaboração de um documento de caráter normativo sendo finalizado em 2017, denominado Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que tem como objetivo a padronização dos currículos escolares em todo o território nacional. A BNCC Ensino Médio foi reformulada e aprovada pelo CNE no ano de 2018.

De modo a atender as estratégias 2.2 e 3.2 do Plano Nacional de Educação – Ministério da Educação (PNE, 2014 - 2024) estipulou-se currículos mínimos a serem contemplados em todo território nacional por meio de direitos de aprendizagem e desenvolvimento dos estudantes, e “a construção de currículos flexíveis que permitam, itinerários formativos diversificados aos alunos e que melhor respondam à heterogeneidade e pluralidade de suas condições, interesses e aspirações” (BRASIL, 2018a, p. 466) além de uma nova carga horária e a reorganização do currículo, e também a possibilidade de formação profissional através de um itinerário formativo, entre outras. Para atender esse novo contexto, duas grandes mudanças na estrutura do Ensino Médio foram resultado da Lei nº 13.415/2017, sendo que a primeira diz respeito ao tempo de permanência do jovem na escola, e a segunda versa sobre a reorganização da matriz curricular.

A respeito da carga horária, de acordo com o Art. 35 - A. parágrafo 5º da Lei 13.415/2017, o estudante fará 1.800 horas de componentes curriculares comuns, ou

seja, a parte padrão a todo território Nacional e 1.200 horas de parte diversificada, ou seja, os Itinerários Formativos. Há, portanto, uma extensão da carga horária, com aumento de 200 horas anuais, ou seja, de 800 horas para 1.000 horas anuais. Totalizando ao final do ensino médio 3.000 horas, o que anteriormente eram 2.400 horas.

Nesse novo formato curricular os Componentes Curriculares Comuns estão de acordo com as Áreas do Conhecimento: Matemáticas e suas Tecnologias; Linguagens e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. Por sua vez, os Itinerários Formativos devem seguir quatro eixos estruturantes de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio (DCNem) sendo eles : empreendedorismo, mediação e intervenção sociocultural, investigação científica e processos criativos. Esses eixos “têm por objetivo integrar os diferentes arranjos de formação oferecidos pelos itinerários, para melhor orientar o aprofundamento e a ampliação das aprendizagens em áreas do conhecimento” (BRASIL, 2018b).

Além disso, os itinerários formativos buscam uma educação mais personalizada e flexível para os estudantes, buscam aprofundar o conhecimento em uma das áreas de conhecimento, desenvolver a autonomia e a responsabilidade do estudante para com o seu conhecimento e assim promover o desenvolvimento das habilidades e das competências alinhadas à sociedade e o mundo do trabalho.

A organização do Novo Ensino Médio pode ser observada com mais clareza de acordo com a imagem abaixo:

Figura 1: Organização Curricular do Novo Ensino Médio



Fonte: Elaboração própria com base em Santa Catarina (2020).

Alguns pontos importantes que devem ser considerados nesta organização do Novo Ensino Médio. São, primeiro: a escolha do estudante no itinerário formativo de seu interesse; visto que as escolas têm que oferecer pelo menos um itinerário formativo; visto que nessa fase os jovens ainda não tem muita certeza do que pretendem estudar com aprofundamento, como será feito, caso o estudante se arrependa da sua primeira escolha em um itinerário formativo? E por último: Se o estudante demonstrar interesse num itinerário que não está disponível na escola mais próxima, como será feito o transporte até a escola que possui o itinerário na qual o estudante gostaria de cursar? Além disso, se um dos motivos da evasão dos jovens da escola para entrar para o mundo do trabalho, não parece atrativo o aumento da carga horária nessa nova estrutura.

Necessita-se destacar que o ensino por competência, tem foco na busca por soluções de problemas, que por vezes, pode contribuir para a não identificação e reflexão do surgimento dos mesmos. De modo que essa proposta pode atender a uma demanda de “constituição da sociabilidade da força de trabalho adaptada às novas demandas do capital” (FERRETI, 2018, p. 34). Portanto, é interessante entender que não há “neutralidade na produção do conhecimento” (FERRETI, 2018, p. 39) e a escola deve atuar como espaço de questionamento, onde o conhecimento seja compreendido como construção social, historicamente situada, buscando preparar o estudante para uma educação emancipatória.

3.3 A ORGANIZAÇÃO DO ENSINO MÉDIO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

A BNCC não é currículo, mas sim, um documento que busca padronizar as aprendizagens mínimas por meio de habilidades e competências que todo estudante deve ter ao concluir a etapa da formação geral básica. Desse modo, fica a cargo de cada rede de ensino “a elaboração dos seus currículos e propostas pedagógicas, promovendo a elevação da qualidade do ensino com equidade e preservando a autonomia dos entes federados e as particularidades regionais e locais” (BRASIL, 2018a, p. 5).

A proposta permite adequar os currículos às diversas realidades, respeitando a diversidade e a pluralidade locais e regionais. Sendo assim, no ano de 2020, foi publicado o Currículo Base do Território Catarinense do Ensino Médio, que teve como base de consulta para a sua construção os seguintes documentos “ a Proposta Curricular de Santa Catarina; o Currículo Base da Educação Infantil e do Ensino Fundamental do Território Catarinense; a Base Nacional Comum Curricular e as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio de 2018” (SANTA CATARINA, 2020, p. 19).

O novo Ensino Médio no Estado de Santa Catarina está organizado da seguinte forma: uma parte de formação geral básica e uma parte flexível, ou seja, a parte diversificada do currículo denominada de itinerários formativos. Esta última, compõe-se de componentes curriculares eletivos, trilhas de aprofundamento, segunda língua estrangeira e projeto de vida, completando 1200 horas distribuídas entre os três anos do ensino médio. A organização curricular do estado de Santa Catarina, está sistematizada por quatro áreas do conhecimento, são elas: I

linguagens e suas tecnologias; II - matemática e suas tecnologias; III - ciências da natureza e suas tecnologias e IV - ciências humanas e sociais. Portanto, “a organização curricular cumpre o preconizado pelas DCnem, bem como pela Lei no 13.415/2017 e pela BNCC, apresentando a organização por área do conhecimento prevista por estes documentos norteadores” (SANTA CATARINA, 2020, p. 13). Mesmo com a divisão em quatro áreas, a carga horária de cada componente curricular continua garantida, sendo ideal um planejamento que promova a interdisciplinaridade, a transdisciplinaridade ou a organização por áreas.

De modo a garantir melhor compreensão e sistematização do Currículo Base do Território Catarinense do Ensino Médio, foram elaborados quatro cadernos, são eles: Caderno 1- Disposições Gerais, que trata de “textos introdutórios e gerais do Currículo Base do Ensino Médio do Território Catarinense” (SANTA CATARINA, 2020 p. 14); o Caderno 2 - “que compreende os textos referentes à Formação Geral Básica do Ensino Médio do Currículo Base do Território Catarinense, organizado em quatro áreas do conhecimento, que integram diferentes componentes curriculares” (SANTA CATARINA, 2020, p. 10). O caderno 3 e o caderno 4- Ambos são itinerários formativos que compõem a parte flexível do currículo, tratando -se de trilhas de aprofundamento e componentes curriculares eletivos respectivamente.

3.4 CADERNO DAS TRILHAS DE APROFUNDAMENTO DO NOVO ENSINO MÉDIO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

O caderno 3 do Currículo Base do Território Catarinense, compreende juntamente com o caderno 4, os itinerários formativos, ou seja, as trilhas de aprofundamento fazem parte da flexibilidade curricular. O objetivo das trilhas de aprofundamento é enfatizar “o aprofundamento e a ampliação de aprendizagens em uma ou mais áreas de conhecimento e/ou na formação técnica e profissional, com carga horária total mínima de 1.200 horas” (SANTA CATARINA, 2020, p. 14).

A intenção dos itinerários formativos é articular os conhecimentos e as habilidades da formação geral básica com as demandas do mundo do trabalho e da vida cotidiana, de modo a preparar esse estudante em toda sua complexidade para o exercício da cidadania.

Para isso, o Caderno de trilhas fundamentou as trilhas de aprofundamento em quatro eixos estruturantes de acordo com a Resolução nº 3, de 21 de novembro de

2018, sendo eles I - investigação científica: II - processos criativos: III - mediação e intervenção sociocultural: IV - empreendedorismo. Para fins desta pesquisa, apenas os eixos investigação científica que

supõe o aprofundamento de conceitos fundantes das ciências para a interpretação de ideias, fenômenos e processos para serem utilizados em procedimentos de investigação voltados ao enfrentamento de situações cotidianas e demandas locais e coletivas, e a proposição de intervenções que considerem o desenvolvimento local e a melhoria da qualidade de vida da comunidade (BRASIL, 2018c, p. 7).

e o eixo de processos criativos que

supõe o uso e o aprofundamento do conhecimento científico na construção e criação de experimentos, modelos, protótipos para a criação de processos ou produtos que atendam a demandas pela resolução de problemas identificados na sociedade; III - mediação e intervenção sociocultural: supõe a mobilização de conhecimentos de uma ou mais áreas para mediar conflitos, promover entendimento e implementar soluções para questões e problemas identificados na comunidade (BRASIL, 2018c, p. 7).

interessam para o desenvolvimento da sequência didática que é um dos objetivos dessa pesquisa.

As trilhas de aprofundamento estão organizadas de acordo com as áreas de conhecimento e seus respectivos componentes curriculares ou podem ser integradas, quando mais de uma área de conhecimento está envolvida.

Quadro 1: Trilhas de aprofundamento de acordo com as suas áreas de conhecimento e/ou trilhas integradas.

Áreas de conhecimento				
Matemática e suas tecnologias	Trilha 1- A matemática, o ser humano e a natureza	Trilha 2- A matemática e o mundo do trabalho	Trilha 3- Matemática e música: sistematização e analogias.	Trilha 4- Edificando o sonho da moradia própria em um contexto socioambiental

Ciências da Natureza e suas tecnologias	Trilha 1- “Diálogos com as nossas cidades - Meio ambiente e sustentabilidade.	Trilha 2- Eureka! Investigação no mundo na ciência.	Trilha 3- A Tecnologia das coisas: uma perspectiva sustentável na sociedade contemporânea.	Trilha 4 - Eu, nós e nossas escolhas: diálogos com a ciência para a transição de sociedades sustentáveis.
Ciências humanas sociais e aplicadas	Trilha 1 - Mulheres no território Catarinense.	Trilha 2 – Os mundos do trabalho no território Catarinense.	Trilha 3: “Observatório da saúde pública”	Trilha 4 - Ciências humanas“ tecnologias digitais e a internet como espaço social”.
Linguagens e suas tecnologias	Trilha 1: Corpos que expressam suas vozes.	Trilha 2: Produção cultural.		
Integradas	Trilha 1- Saúde, juventudes e cuidados de si e dos outros..	Trilha 2- Foto (Cidade) grafia em movimento.	Trilha 3- Modelagem de fenômenos naturais, sociais e seus impactos.	Trilha 4- Desenvolvimento e sustentabilidade no mundo contemporâneo
	Trilha 5 - Atelier do	Trilha 6 - Território e	Trilha 7- Identidades e	Trilha 8- O campo como

	território Catarinense: identidades, pluralidades e diversidades.	territorialidade das populações tradicionais e comunidades negras catarinenses e as diversidades	territórios catarinenses: concepções, avanços e desafios.	lugar de “ vidas”, de relações humanas de direitos humanos de culturas e produção de alimentos sustentáveis.
	Trilha 9 - linguagens tecnológicas para sociedades em rede	Trilha 10 - Eu, jovens; Nós, juventudes.	Trilha 11- Saúde traz felicidade?	

Fonte: Elaboração própria com base em Santa Catarina (2020).

3.5 O ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA

De acordo com a reportagem do G1 (2023), os resultados nas avaliações de larga escala mostram que o ensino de ciências está abaixo do esperado, ocupando a 62ª posição entre os 81 países participantes. Os resultados do PISA 2022 em Ciências da Natureza mostraram que o Brasil manteve um desempenho estável em relação à edição de 2018, mas ainda está abaixo da média da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

Isso significa que avaliações como o PISA, onde o foco é avaliar as habilidades dos estudantes, ou seja, a nota tem como base as aplicações dos conceitos adquiridos pelos estudantes em situações problemas que demonstrem a realidade do estudante, há um descompasso entre o método de ensino e a aprendizagem do estudante (FIALHO, 2020).

Neste caso, se o ensino está muito focado na memorização, os alunos podem ter dificuldades com provas que exigem raciocínio, argumentação e criatividade. É necessário realizar a adaptação pedagógica, revisando as estratégias didáticas buscando desenvolver as habilidades cognitivas por meio do letramento científico. Bernardo destaca que

De acordo com OCDE (2008), no PISA 2006, a definição de letramento científico está relacionada: ao conhecimento científico e sua utilização para aquisição de conhecimentos novos, explicações de fenômenos científicos e ao estabelecimento de conclusões sobre questões ligadas a ciências com base em evidências; compreensão da ciência como forma de investigação e conhecimento humano; conscientização sobre como a ciência e tecnologia estão interligadas aos ambientes material, intelectual e cultural, influenciando diretamente sobre ele e a disposição de se envolver com questões científicas como um cidadão crítico e reflexivo (2024, p. 20).

Deste modo, nas avaliações de larga escala o foco das ciências da natureza são habilidades e competências que envolvam a interpretação e explicação dos fenômenos, com base em evidências e argumentos coerentes, além da aplicação de conceitos científicos para compreender e resolver problemas reais.

No PISA 2015, o letramento científico é definido como a “capacidade de se envolver com questões relacionadas à ciência e com as ideias de ciência, como um cidadão reflexivo” (INEP, 2016, p. 3 apud BERNARDO, 2024, p. 21). Portanto entende-se que o estudante deve desenvolver ao longo do processo formativo habilidades e competências que promovam o letramento científico, de modo que este consiga interpretar o mundo social e tecnológico, de forma crítica e reflexiva, buscando por meio das ciências explicações para solucionar problemas. De acordo com Sasseron e Carvalho (2008, p. 334) tanto o termo letramento científico, quanto alfabetização científica possuem “as mesmas preocupações com o ensino de Ciências, ou seja, motivos que guiam o planejamento deste ensino para a construção de benefícios práticos para as pessoas, a sociedade e o meio-ambiente”.

O Currículo Base do Território Catarinense, adota o termo letramento científico, enfatizando que este deve ser o objetivo formativo da área das ciências da natureza, para que, por meio dele o estudante possa “compreender a forma como vivemos, pensamos e agimos, tendo por base o desenvolvimento do pensamento científico, com seus procedimentos e métodos dentro do contexto natural, social e tecnológico” (SANTA CATARINA, 2020, p. 178).

Desse modo, ao analisar mais profundamente os resultados das avaliações em larga escala percebemos que o ensino de ciências e biologia deve ser feito por

meio de metodologias ativas, que promovam o desenvolvimento de habilidades e competências no estudante com base no letramento científico, e uma abordagem para atingir tal objetivo pode ser o ensino por investigação.

3.6 O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA NO CURRÍCULO BASE DO TERRITÓRIO CATARINENSE

De acordo com a BNCC (BRASIL, 2018a), o ensino de ciências da natureza é de suma importância para o processo formativo, tanto quanto as demais áreas do conhecimento. O Currículo Base do Território Catarinense, enfatiza que o conhecimento científico é uma importante ferramenta para compreensão e enfrentamento das demandas do cotidiano. Além disso, as ciências da natureza contribuem para a formação dos estudantes “promovendo a educação integral, o protagonismo e contemplando o projeto de vida” (SANTA CATARINA, 2020, p. 174) .

De acordo com o Currículo Base do Território Catarinense, no Ensino Médio espera-se que o estudante utilize as habilidades aprendidas para solucionar problemas cotidianos, utilizando os conceitos estudados em seu percurso formativo, promovendo assim a sua autonomia e o seu protagonismo.

Esse processo de elaboração conceitual, que apresenta diversos níveis de aprendizagem é o organizador do currículo do ensino médio de ciências da natureza, apresentando os objetos de conhecimento em níveis cada vez mais complexos de conhecimento. Uma organização em espiral, com eixos temáticos (SANTA CATARINA, 2020), conforme a imagem abaixo.

Figura 2: Espiral dos eixos temáticos da área de ciências da natureza.



Fonte: Elaboração própria com base em Santa Catarina (2019).

Conforme observado na imagem, no centro encontram-se os conceitos estruturantes; e ao lado, estão nominados os grupos nas quais a evolução da elaboração conceitual acontece (SANTA CATARINA, 2020).

É importante ressaltar que o objetivo dos componentes curriculares da área de ciências da natureza é o desenvolvimento do letramento científico nos estudantes, que de acordo com o Currículo Base do Território Catarinense, busca despertar no estudante o modo de ver e explicar o mundo no qual está inserido por meio dos conceitos científicos.

3.7 O ENSINO DA BIOÉTICA EM BIOTECNOLOGIA

Antes de falarmos sobre o ensino da bioética em biotecnologia, precisamos entender o que é bioética. A bioética é definida como “um ramo do conhecimento que procura entender todas as realidades vigentes onde está em foco a dignidade

da pessoa humana e suas relações com os diversos ambientes onde este humano está inserido” (LELIS, 2019, p. 10).

No entanto, o termo bioética começou a ganhar popularidade a partir da década de 1970, quando o cientista Van Rensselaer Potter utilizou o conceito para descrever a necessidade de uma ponte entre a ciência e a ética. Potter descrevia a bioética “como um campo interdisciplinar do conhecimento direcionado a garantir a sobrevivência da humanidade frente aos riscos causados por ações humanas e por desordens naturais” (CUNHA, 2016, p. 2393).

É importante ressaltar que em 2005 durante a 33ª conferência da UNESCO, foi adotada a Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos (DUBDH), que tinha como principal objetivo, “proporcionar uma reflexão bioética em relação a aspectos sociais, com vistas a orientar, além de profissionais e comunidades, concretizar a elaboração de leis normativas, tendo como fundamento o conceito de Bioética” (AZEVEDO; MORAES, 2020, p. 10). Destaca-se no seu Artigo 23º, sobre Educação, formação e informação em matéria de bioética, que “os Estados devem esforçar-se por fomentar a educação e a formação em matéria de bioética a todos os níveis, e estimular os programas de informação e de difusão dos conhecimentos relativos à bioética” (UNESCO, 2005, p. 10).

A Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos foi elaborada para que práticas experimentais com humanos, como as realizadas no período do Nazismo, por exemplo, não se repitam nunca mais. No entanto, outros autores que tratam a Bioética como Potter, na década de 70, quanto Lelis, em 2019, parecem não tratar da ética em relação a animais não humanos. Essa visão antropocêntrica para a ética pode ter contribuído para o uso exagerado de testes e experimentos em animais como ratos, gatos, macacos, coelhos, cachorros entre outros, sem grandes questionamentos se essas aplicações eram éticas ou não (DIAS, 2018).

Mas, em 1959, os Princípios de Russell-Burch, ou Princípios dos 3R, estabelecem a redução (reduce), refinamento (refine) e substituição (replace) dos animais nas pesquisas. No Brasil, para fazer cumprir a Lei Arouca (2008), projeto que regulamenta o uso de animais em experimentos científicos, deu-se o início da obrigatoriedade da criação das Comissões de Ética no Uso de Animais (CEUAs) nas instituições de pesquisa. O avanço nos estudos biomédicos decorrentes do uso de animais em pesquisa é inquestionável, como a vacina para a poliomielite, a descoberta da insulina para o tratamento do diabetes, entre muitos outros. No

entanto, apesar desses avanços, o uso de animais em pesquisa ainda enfrenta desafios éticos, desde a transparência de seu uso até o compromisso com novas tecnologias (DIAS, 2018).

Sendo assim, fica claro que a bioética enquanto estudo deve ser estimulada em todos os níveis escolares, porém, o professor na sala de aula quando se refere à bioética, observa que “os alunos pouco ou quase nada conhecem sobre o tema proposto. Percebe-se ainda que para tal intento, conhecimentos prévios, existentes como pré-requisito, são inexistentes” (LELIS, 2019, p. 10).

A verdade é que os estudantes estão inseridos em um mundo moderno, onde os alimentos transgênicos, a clonagem de animais, e a engenharia genética são realidades emergentes. Mas pouco se fala nessas biotecnologias e muito menos se discute sobre esses conhecimentos refletindo sobre as implicações éticas que os envolvem.

Se considerarmos que os jovens estudantes do ensino médio são o futuro, os próximos a tomarem decisões frente aos avanços tecnológicos da biotecnologia e da ciência em geral, devemos como educadores ensinar a questionar até que ponto o ser humano tem permissão para avançar? no que diz respeito ao limite do que pode ou não ser considerado ético, mas também sobre quem realmente se favorece e com qual propósito.

No tocante ao ensino da Bioética está “possui uma natureza educacional com uma forte característica interdisciplinar” (LELIS, 2019, p. 14), isso significa que o professor de biologia, juntamente com os componentes curriculares de sociologia, filosofia e história, podem adaptar o currículo escolar de modo a abarcar toda a complexidade que envolve a bioética. Porém vale ressaltar que o currículo deve considerar a transdisciplinaridade, isto é, promover a interconexão dos saberes e todo o seu pensamento complexo, uma vez que o estudante carrega consigo saberes forjados no seu meio cultural, social e étnico.

Os documentos norteadores das práticas pedagógicas como a Proposta Curricular de Santa Catarina (PCSC), ampara o ensino da ética nas ciências da natureza quando diz que “a escola é lugar de mediação cultural para a formação cognitiva, afetiva e ética, não somente voltada à aquisição de conhecimentos, mas igualmente ao desenvolvimento de valores humanos, qualificações práticas e críticas” (SANTA CATARINA, 2014, p. 155).

Bem como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), reforçam a importância da problematização e da análise da ética como um dos temas sociais relevantes. Sendo este, um conhecimento integrado a outras áreas do conhecimento e devendo assim ser trabalhado como um tema transversal, assim como o tema do meio ambiente, saúde, orientação sexual e pluralidade cultural (BRASIL, 1997).

Também salienta que a revolução tecnológica e os “os avanços na biogenética e outros mais, que fazem emergir questões de ordem ética merecedoras de debates em nível global” (BRASIL, 2000, p. 13).

O ensino de bioética então, pode levar ao estudante desconstruir paradigmas que influenciam que modulam seus pensamentos, trazendo assim um conflito no seu modo de enxergar o mundo, o que coloca-os em uma situação de reflexão, de reformulação, que poderá ou não ser substituídos por novos. Conforme Lelis,

O referencial teórico apontado pela Bioética está na formação centrada no protagonismo juvenil que devem proporcionar novos significados entre os estudantes de Ensino Médio, na tentativa de indicar caminhos para que estes jovens possam resolver seus problemas e ao mesmo tempo tenham condições de assimilar experiências (2019, p. 15).

O ensino da bioética em biotecnologia tem possibilidade de trabalhar muitas habilidades, como argumentação, responsabilidade social, empatia, pensamento crítico, sendo assim é uma ótima oportunidade de despertar o interesse do estudante para o mundo e as novas tecnologias que estão ao seu entorno. Mas devemos ter consciência de que “pelo fato de a Bioética ser uma área de saber complexa e recente, não existe, para seu ensino, uma tradição pedagógica específica nem uma experiência didática consolidada” (AZÊVEDO, 1998, p. 135).

Diante desse contexto, deve-se ampliar o conhecimento de bioética e sua relação com a biotecnologia, não que a bioética tenha a intenção de parar os procedimentos biotecnológicos, mas para que o ser humano possa refletir sobre escolhas (ARAÚJO; CLEM, 2018) e o início dessa criticidade inicia-se na formação geral básica.

3.8 O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

É fato que o ensino tradicional, por meio de aulas expositivas e dialogadas, leitura do livro didático e resolução de atividades de fixação, não dá conta das

demandas do ensino das ciências da natureza, muito dificilmente, consegue despertar no estudante o interesse pelas ciências e o aproxima do letramento científico.

De acordo com Sasseron “Estas práticas tradicionais de ensino e aprendizagem centram-se em atividades em que o professor é o grande ator, cabendo aos estudantes o papel de espectadores, registrando e acompanhando o raciocínio desenvolvido pelo professor”.

Essa abordagem não leva em consideração os conhecimentos prévios que o estudante traz consigo sobre um determinado conteúdo, não induz ao pensamento crítico, a solução de problemas, a discussão e o compartilhamento de ideias. Além disso, não os mobiliza em busca do aprender, em busca de soluções, perpetuando o papel do estudante como receptor de informações, e a atitude de passividade frente a um novo conhecimento.

Conforme Scarpa; Campos

As aulas expositivas, demasiadamente centradas no professor, não contribuem para que os estudantes sejam os atores do seu aprendizado, na medida em que não consideram as concepções prévias, não possibilitam as interações entre sujeito e objeto de conhecimento, nem a interação entre os pares (2018, p. 26).

Uma proposta para romper com as práticas pedagógicas onde o estudante é o receptor do conhecimento, onde as perguntas colocadas pelo professor em sala de aula já possuem uma resposta pronta esperada, é o ensino por investigação.

O ensino por investigação é uma abordagem pedagógica (SASSERON, 2015) que busca conceber o processo de ensino aprendizagem por meio de uma participação ativa do estudante, para isso utiliza-se de questionamentos e resolução de problemas. No contexto educacional contemporâneo, o ensino de ciências não está atingindo os resultados esperados, portanto a abordagem do ensino por investigação torna-se essencial, como bem exemplifica a definição de Carvalho:

Definimos como ensino por investigação o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos:

- pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento;
- falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos;
- lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido;
- escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas (2018, p. 766).

Uma forma de aplicar o Ensino por Investigação em sala de aula “é por meio do ciclo investigativo, em que fases de uma investigação são identificadas e conectadas com o propósito de auxiliar o professor no planejamento e aplicação de atividades ou sequências didáticas investigativas” (SCARPA; CAMPOS, 2018, p. 30).

De acordo com Pedaste *et al.* (2015) o ensino por investigação pode ser organizado em fases, e embora o ciclo possa ter diferentes caminhos é comum iniciar o processo com a fase de orientação. Nesse sentido, o professor escolhe um tema a ser explorado, faz uma introdução do assunto, faz observação e traz um desafio por meio de uma pergunta problema. Scarpa e Campos (2018, p. 30) destacam que “A fase de orientação envolve o processo de estimular a curiosidade dos estudantes sobre um assunto, levantando e/ou elaborando problemas que possam ser investigados em sala de aula” .

O ensino por investigação deve ser entendido como uma abordagem que ao trazer para a sala de aula um problema a ser resolvido, desperta no estudante uma curiosidade para fazê-lo. Assim, o estudante será ativo durante o processo de construção de conhecimento, pois o estudante deve pensar sobre o problema apresentado, levantar hipóteses de soluções para o problema, pesquisar, indagar, revisar, levantar dados, discutir e por fim deve apresentar uma conclusão por meios de argumentos científicos, elencando uma solução para o problema. Mas, para isso, a pergunta problema deve ser instigante e desafiadora. É importante que essa pergunta não tenha uma única resposta, mas sim, que ela seja aberta, onde o estudante possa caminhar por várias abordagens (SCARPA; CAMPOS, 2018).

Outras características que a pergunta deve apresentar são a relevância para o aprendizado, a aproximação com o cotidiano dos estudantes, a objetividade e ela deve ser provocativa, esta última expressando um situação problema de acordo com o nível da turma, que seja acessível, para que os estudantes se sintam desafiados mas não sobrecarregados.

Sobre a questão problematizadora, Sasseron diz que “a pergunta fará sentido e impulsionará o envolvimento dos estudantes e a busca por soluções caso evidencie situações conflitantes e conflituosas, para as quais não são suficientes os conhecimentos já adquiridos” (2015, p. 118).

Em seguida da fase de operacionalização acima descrita, Scarpa e Campos (2018) destacam a fase de conceitualização que tem como objetivo a elaboração de

hipóteses para a solução do problema inicial, a partir da hipótese o surgimento de novas perguntas, é uma fase de questionamentos e de pesquisa de informações.

O ensino de investigação como abordagem didática deve privilegiar a liberdade de pensamento. Conforme Sasseron (2015) o estudante deve ser livre para pensar, propor hipóteses, questionar e errar. Expressarem as suas experiências adquiridas sobre determinado conhecimento para que este possa ser refletido e desconstruído dando espaço para um novo saber.

De acordo com as ideias de Scarpa e Campos (2018), ao contrário do que se pregava, o estudante traz consigo alguma concepção do conhecimento que lhe é apresentado, porém por vezes esse conhecimento não é compartilhado, o professor inicia o conteúdo desprezando o que o estudante já tem de conhecimento prévio como se este fosse uma folha em branco. Portanto, no ensino por investigação o conhecimento prévio deve ser valorizado.

Esses conhecimentos prévios deverão aparecer no momento em que os estudantes fizerem o levantamento de hipóteses. Neste momento, a hipótese trazida com uma possível solução para a pergunta problema irá demonstrar os conhecimentos que os estudantes apresentam sobre o conteúdo.

De acordo com Scarpa e Campos, “essas fases [orientação e contextualização] podem contribuir para a valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes e para o desenvolvimento de uma postura investigativa perante o mundo” (2018, p. 30).

Subsequente à fase de conceitualização, a fase de investigação propriamente dita, caracteriza-se pelo levantamento de dados, organização e análise desses dados para que os estudantes resolvam o problema, e assim consigam chegar a uma conclusão. Scarpa e Campos definem essa fase com estratégias diferentes

Para responder à questão de investigação, a fase de investigação propõe que dados e informações sejam coletados por meio das mais diversas estratégias. A *experimentação* é uma metodologia específica, mais relacionada com o teste de hipóteses, enquanto a *exploração* permite o uso de diversas estratégias para coleta, organização e sistematização dos dados e informações relevantes que poderão se constituir como evidências para a construção de explicações que respondam à questão (2018, p. 30).

Dessa forma, ao analisar os dados e informações relevantes, os estudantes irão visitar as suas hipóteses iniciais, que por vezes são carregadas de conhecimento prévio, e a partir das análise feita, refinar os conceitos e

conhecimentos a fim de elaborar uma conclusão para a resolução do problema utilizando-se de argumentos que justifiquem a essa conclusão final. O professor deve estimular a escrita dos estudantes, de modo a estimular o raciocínio crítico e reflexivo por meio da organização do pensamento, despertando a autonomia deles.

Finalmente, a fase de discussão contempla a comunicação dos resultados obtidos e propicia a troca de saberes entre os estudantes e o professor. É um momento importante para avaliar a aprendizagem, verificar as lacunas no conhecimento e intervir quando equívocos surgirem. Após esse momento é importante realizar a fase de reflexão do ciclo investigativo, que consiste em identificar os desafios enfrentados e como estes foram superados. Verificar os impactos da investigação na compreensão do tema pelos estudantes, relacionar os resultados obtidos a um contexto mais amplo.

Além disso, é um momento para estimular a autorreflexão, propiciando uma autoavaliação do estudante em relação ao desenvolvimento do ciclo investigativo. É importante que o estudante reconheça a sua participação no processo, as habilidades que ele conseguiu atingir e aquelas que ainda não foram alcançadas.

Carvalho nos diz que o principal norteamento de uma atividade de investigação “é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema” (2018, p. 767).

Pois um problema bem elaborado irá posicionar o estudante como protagonista em cada etapa do processo pedagógico, com o problema servindo como ponto de partida para o desenvolvimento do conhecimento, já o grau de liberdade serve para direcionar o processo.

Podemos conceituar grau de liberdade com base em Carvalho (2018) onde referem-se ao nível de autonomia que os estudantes têm para explorar, questionar e construir conhecimento de forma ativa. Quanto maior a liberdade intelectual, mais os alunos podem formular hipóteses, testar ideias e desenvolver pensamento crítico sem depender exclusivamente de instruções rígidas. Portanto, a pergunta problema definirá o grau de liberdade da atividade investigativa.

O quadro 2 abaixo demonstra os graus de liberdade do professor (P) e dos alunos (A), onde o grau I representa a aula “tradicional”, o professor como figura ativa em todas as fases do processo investigativo (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011). Já o grau II, o professor propõe a pergunta problema e há uma liberdade de participação dos estudantes na elaboração de hipóteses e no plano de trabalho,

estendendo-se mais na fase de obtenção de dados, porém de acordo com (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011), ainda há uma orientação por parte do professor. No grau III, é possível identificar maior participação dos estudantes no plano de trabalho e na obtenção de dados. Na sequência, as etapas IV e V, os graus de liberdade para os estudantes são maiores, conforme (ZÔMPERO e LABURÚ, 2011), neste caso cabe aos estudantes a elaboração tanto da pergunta problema, quanto da conclusão para a solução da mesma.

Quadro 2: Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) nas atividades investigativas.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	—	Professor	Professor	Professor	A/ P
Hipótese	—	P/ A	P/ A	P/ A	A
Trabalho	—	P/ A	A/ P	A	A
levantamento de dados	—	A/ P	A	A	A
Conclusão	—	A/ P/ Turma	A/ P/ Turma	A/ P/ Turma	A/ P/ Sociedade

Fonte: Elaboração própria com base em Zompero e Laburú (2011) .

O professor poderá orientar, organizar etapas, focar nas questões relevantes e evitar distrações, porém é preciso um equilíbrio entre o direcionamento e a liberdade intelectual. Permitir um grau de liberdade maior pode ser benéfico para estimular a criatividade dos estudantes, a exploração de caminhos diferentes e a construção da autonomia.

A elaboração de hipóteses, a argumentação, a refutação, a liberdade de pensar, de errar, de refazer são momentos que fazem parte desse processo. Importante ressaltar que o professor estará a todo momento conduzindo e orientando os estudantes, estimulando- os com perguntas desafiadoras “ como você fez?” “por que você fez dessa maneira?” “ quais foram as suas observações?”, “ a qual conclusão você chegou?”.

Desse modo, o ensino por investigação visa desenvolver habilidades próximas à prática científica, objetivando aproximá-los da cultura científica, desenvolvendo o letramento científico.

3.9 O CICLO DE APRENDIZAGEM DO 7E's

O ciclo de aprendizagem do 7E's consiste em uma metodologia de aprendizagem, baseada no construtivismo de Piaget, que possui etapas muito bem estruturadas para garantir o planejamento e a execução das aulas por meio do ensino ativo e investigativo (IBRAHIM *et al.*, 2022).

Trata-se de uma evolução de ideias anteriores de modo a adaptar-se à realidade contemporânea de ensino, buscando romper com o ensino tradicional, retirando o professor do papel central do ensino, e estimulando o estudante para a pesquisa, aproximando-o do fazer científico.

Khashan (2016) em seu trabalho traz um breve relato da trajetória do ciclo de aprendizagem 7E's. Citando diversos autores, descreve que o ciclo de aprendizagem surgiu nos Estados Unidos em 1962, inicialmente como um método para o planejamento em ciências a princípio pautado em três fases: a exploração, introdução e a aplicação do conceito (KHASHAN, 2016).

Posteriormente, em 1974, Karplis, pela Universidade da Califórnia, apresentou um projeto de melhoria da ciência que consistia em quatro estágios de aprendizagem: exploração, explicação, expansão e avaliação (KHASHAN, 2016).

Na década de 1980, uma organização educacional que desenvolve currículos e materiais para o ensino de ciências, a BSCS (do inglês: Biological Sciences Curriculum Study), desenvolveu o modelo educacional 5E's. Esse modelo se trata de uma estratégia didática embasada no Ensino por Investigação que consiste em 5 momentos pedagógicos que busca facilitar o aprendizado de maneira ativa e construtiva, promovendo o engajamento (*Engage*), a exploração (*Explore*), a explicação (*Explain*), a elaboração (*Elaborate*) e a avaliação (*Evaluate*) do aprendizado.

De acordo com Bybee *et al.* “Cada fase tem uma função específica e contribui para a instrução coerente do professor e para a formulação dos alunos de uma melhor compreensão do conhecimento, atitudes e habilidades científicas e tecnológicas” (2006, p. 1). Conforme o quadro 3 abaixo, baseado no trabalho de

Bybee *et al.* (2016), um resumo dos 5 momentos pedagógicos preestabelecidos no modelo 5E's está descrito.

Quadro 3. Resumo do Modelo Instrucional Estudo do Currículo de Ciências Biológicas (SBCS) 5E.

Fase	Resumo
Engajamento (<i>Engage</i>)	Via professor ou via uma tarefa do currículo há o acesso ao conhecimento prévio do aluno o que facilita seu envolvimento em um novo conceito por meio do uso de atividades curtas que promovem a curiosidade e despertam o conhecimento prévio. A atividade deve fazer conexões entre experiências de aprendizagens passadas e presentes, expor concepções anteriores e organizar o pensamento do aluno em relação aos resultados de aprendizagem das atividades atuais .
Exploração (<i>Explore</i>)	As experiências de exploração fornecem ao aluno uma base comum de atividades dentro das quais os conceitos atuais (ou seja, equívocos), processos e habilidades são identificados e a mudança conceitual é facilitada. O aluno pode concluir atividades de laboratório que o ajude a usar o conhecimento prévio para gerar novas ideias, explorar questões e possibilidades e projetar e conduzir uma investigação preliminar .

Explicação (<i>Explain</i>)	A fase de explicação concentra a atenção dos alunos em um aspecto particular de suas experiências de engajamento e exploração e oferece oportunidades para demonstrar sua compreensão conceitual, habilidades de processo ou comportamentos. Esta fase também oferece oportunidades para os professores introduzirem diretamente um conceito, processo ou habilidade. Os alunos explicam sua compreensão do conceito. Uma explicação do professor ou do currículo pode guiá-los para uma compreensão mais profunda, que é uma parte crítica desta fase .
Elaboração (<i>Elaborate</i>)	Os professores desafiam e ampliam a compreensão e as habilidades conceituais dos alunos. Por meio de novas experiências, os alunos desenvolvem uma compreensão mais profunda e ampla, mais informações e habilidades adequadas. Os alunos aplicam sua compreensão do conceito realizando atividades adicionais .
Avaliação (<i>Evaluate</i>)	A fase de avaliação incentiva os alunos a avaliar sua compreensão e habilidades e oferece oportunidades para os professores avaliarem o progresso do aluno para alcançar os objetivos educacionais .

Fonte: Quadro elaborado pela autora da pesquisa, com adaptações e tradução a partir de Bybee *et al.* (2006, p. 2).

Em 2001, um grupo de especialistas em educação da Universidade de Miami, nos Estados Unidos, elaborou uma abordagem pedagógica estruturada em sete etapas, conhecida como o Ciclo de Aprendizagem dos 7E's (KHASHAN, 2016). Segundo Naade, Alamina e Okwelle (2018, p. 3), "o modelo proposto dos 7E's expande o elemento envolvente em dois componentes – provocar e engajar. Além disso, amplia os estágios de elaboração e avaliação em três componentes – elaborar, avaliar e estender."

De acordo com Isaac *et al.*,

O ciclo de aprendizagem do 7E's é visto como um processo de sete ordenações para aprendizado e instrução. Ele coloca o foco em uma série de etapas que incentivam uma compreensão mais completa e uma aplicação mais profunda do conteúdo. O ciclo de aprendizagem fornece aos alunos uma fórmula para aprender e aos professores um processo de instrução (2024, p. 595).

Khashan (2016, p. 41) completa afirmando que o Ciclo de Aprendizagem dos 7E's "visa desenvolver muitos outros conceitos e habilidades científicas, dependendo da motivação, reconhecimento, curiosidade, explicação, exploração e expansão, conectando conceitos e corrigindo alguns dos conceitos errados dos alunos".

Partindo dessa percepção, Bernardo (2024, p. 57) diz que o modelo 7E's além de proporcionar um aprendizado de maneira ativa por parte dos alunos e ações de protagonismo frente ao desafio ou problema apresentado, permite ao professor uma postura diferenciada. Frente a isso, o que se pretende é que o professor seja um facilitador, desse processo, não mais um transmissor de informações.

Além disso, conforme Isaac *et al.* (2024, p. 595), "o ensino por 7E's coloca o foco em uma série de etapas que incentivam uma compreensão mais completa e uma aplicação mais profunda do conteúdo", reduzindo assim, os equívocos de aprendizagem. Desse modo ajuda a "desenvolver as habilidades de pesquisa científica dos alunos, melhora suas habilidades de resolução de problemas e desenvolve habilidades de diálogo, além de incentivar o trabalho em equipe" (ISAAC *et al.*, 2024, p. 595).

Os documentos norteadores do ensino de ciências trazem como objetivo de aula o uso de metodologias ativas, onde o estudante seja protagonista do seu processo de aprendizagem, e que o ensino de ciências desenvolva o letramento

científico, portanto o ensino por meio de ciclo de aprendizagem 7E's demonstra alinhar-se com tais objetivos uma vez que possibilita que o aluno participe ativamente de todas as etapas do processo educativo, desde a investigação inicial, passando pela exploração e explicação dos conceitos, até a elaboração, avaliação e extensão dos conhecimentos. Essa abordagem favorece o desenvolvimento de habilidades como argumentação, resolução de problemas e tomada de decisões com base em evidências, promovendo, assim, uma aprendizagem significativa e contextualizada. Além disso, ao articular experiências concretas com reflexões teóricas, o modelo 7E's contribui para a construção do letramento científico e consolida o protagonismo dos estudantes como agentes da própria formação.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Seleção da trilha de aprofundamento prevista no Currículo do Ensino Médio que permita a abordagem multidisciplinar sobre bioética no ensino de biotecnologia

Para a seleção da trilha de aprofundamento a servir de base para elaboração da sequência didática a princípio, foi realizada uma análise do caderno 3 do Currículo Base do Território Catarinense (2022). Precisou-se selecionar dentre as trilhas de aprofundamento uma que trabalhasse com a interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade, portanto uma trilha de aprofundamento integrada, uma vez que a interdisciplinaridade, permite a articulação entre saberes distintos, favorecendo a construção de conhecimentos mais amplos e contextualizados. Já a transdisciplinaridade propõe uma superação das fronteiras disciplinares, incorporando dimensões éticas, culturais, sociais e ambientais, e valorizando a complexidade dos fenômenos estudados. Além disso, buscou-se uma trilha que abrangesse bioética como objeto de conhecimento na sua grade curricular.

Ao selecionar uma trilha de aprofundamento integrada, busca-se fomentar o diálogo entre diferentes áreas do conhecimento, possibilitando que os estudantes compreendam os conteúdos de forma mais significativa e conectada à realidade. Além disso, a trilha de aprofundamento integrada favorece a construção de projetos

pedagógicos que envolvem investigação, protagonismo estudantil e contextualização, elementos essenciais para práticas inter e transdisciplinares.

4.2 Identificação das habilidades e competências da trilha de aprofundamento *Saúde traz felicidade?* para a abordagem da bioética no ensino em biotecnologia

Foi feita uma análise documental com uma abordagem qualitativa por meio de uma Leitura aprofundada do Caderno 3 - de trilhas de aprofundamento do CBTC (SANTA CATARINA, 2022), com o objetivo de identificar e articular habilidades e competências da trilha de aprofundamento "*Saúde traz felicidade?*", para subsidiar a construção de uma sequência didática voltada ao ensino da bioética no contexto da biotecnologia.

Inicialmente, foi realizada uma leitura crítica da trilha selecionada, com foco nos objetos de conhecimento e nos eixos estruturantes que possibilitassem a integração entre biotecnologia e bioética. Em seguida, procedeu-se ao mapeamento das competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que dialogam com a temática da bioética, tais como o pensamento crítico, a responsabilidade social, a argumentação ética e o cuidado com o outro.

4.3 Identificação das relações entre bioética e técnicas na área de biotecnologia

Para buscar as relações entre bioética em biotecnologia foi realizada uma pesquisa qualitativa para compreender e interpretar conteúdos textuais sobre bioética. Para isso, foram selecionados artigos científicos nas bases de dados Scielo, PubMed e Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas para essa busca foram "bioética", "engenharia genética", "manipulação genética em humanos / sequenciamento genético", "renascimento de espécies extintas", "bioterrorismo", "clonagem", "células-tronco", "terapia gênica", "transgênicos" e "CRISPR". Essas palavras foram selecionadas por meio da leitura do livro biologia de Campbell e serviram de base para elaboração das cartas na fase 1 do ciclo investigativo propostas na sequência didática em anexo. Cada palavra chave foi utilizada individualmente nos sites de busca. Apenas artigos científicos em português e a

partir do ano de 2000 foram selecionados para que pudessem servir de referência aos docentes e discentes do Ensino Médio e para que fossem relacionados às técnicas mais recentes. Para seleção dos artigos, realizou-se uma leitura exploratória para identificar aqueles que continham as relações entre bioética e biotecnologia. Após essa leitura prévia, foi elaborado um quadro contendo os principais autores encontrados, os conceitos da técnica de biotecnologia que o artigo trabalha, as implicações éticas encontradas.

4.4 Avaliação dos livros didáticos distribuídos para o Novo Ensino Médio que abordam o objeto de conhecimento bioética e biotecnologia, identificando lacunas e potencialidades pedagógicas

Com o objetivo de estudar e propor uma sequência didática sobre bioética em biotecnologia para o Novo Ensino Médio, foi realizada uma pesquisa sobre a abordagem do tema bioética nos livros didáticos. Para isso, foram selecionadas três coleções que foram escolhidas e distribuídas às escolas pelo PNLD:

- **Matéria, Energia e Vida:** uma abordagem interdisciplinar: Evolução, biodiversidade e sustentabilidade - Eduardo Mortimer *et al.*, 1º edição, São Paulo, publicado pela Editora Scipione em 2020.
- **Ser protagonista: ciências da natureza e suas tecnologias: vida, saúde e genética:** Ensino Médio/ obra coletiva, desenvolvida e produzida por SM Educação; editores responsáveis André Zamboni, Lia Monguilhotti Bezerra; 1º edição, São Paulo, 2020.
- **Multiversos: ciências da natureza: Ciência, tecnologia e cidadania:** Ensino Médio, Leandro Pereira de Godoy, Rosana Maria Dell' Agnolo, Wolney Candido Melo - 1º edição - São Paulo, editora FTD, 2020.

No livro da editora Scipione foram analisadas as páginas 57 a 63 onde inicia a sessão 2.7 - intitulada Biotecnologia - e 2.8 - intitulada "Outras aplicações genéticas", pertencentes ao capítulo intitulado "Genética e Evolução".

No livro da editora SM, foram analisadas as páginas 142 a 160, pertencentes ao capítulo 2 do livro intitulado "Biotecnologia".

No livro da editora FTD, foram analisadas as páginas 64 a 74, pertencente ao tema 3, denominada "Biotecnologia".

Estas obras abordam conceitos fundamentais da Biologia e das Ciências da Natureza, explorando a relação entre organismos, ambientes e processos evolutivos. Seus conteúdos apresentam uma abordagem didática voltada para o Novo Ensino Médio, com uma organização baseada na interdisciplinaridade, ou seja, por áreas de conhecimento. Nestas obras, a área de conhecimento é a Ciências da Natureza.

A escolha destas coleções visa compreender como a bioética em biotecnologia é abordada, identificando a profundidade conceitual e a aplicabilidade dos temas no contexto educacional. São obras participantes do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) - que consiste em um plano de distribuição de livros didáticos, organizado sistematicamente pelo Ministério da Educação (MEC) e pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) - e escolhidas para subsidiar o trabalho docente .

Os critérios utilizados para a análise dos 3 livros didáticos selecionados foram: a) **Conceituação de bioética** – Como o termo é definido em cada livro; b) **Principais temas abordados** – Quais aspectos da bioética aparecem. c) **Referências e fundamentação** – Há menção a filósofos, cientistas ou legislações relevantes; d) Os **Exemplos e as aplicações práticas** – se os livros apresentam estudos de caso ou situações do dia a dia.; e) **Posicionamento e abordagem** – O tema é tratado de forma neutra, crítica ou parcial. Para essa pesquisa adota-se o tema neutro, quando não há opiniões implícitas, utiliza uma linguagem objetiva evitando julgamentos, além disso as informações são apresentadas pontuando os prós e os contras de tal tecnologia. Avalia-se como abordagem neutra, verificando se o texto expõe diferentes perspectivas sem favorecer uma delas e se há dados e evidências para ambos os lados. Será considerada uma abordagem crítica, quando apresentar os impactos, as consequências e os problemas relacionados à tecnologia, incentivando as reflexões sobre o tema. Ainda, considera-se crítica se o texto problematiza a tecnologia trazendo os aspectos éticos, ambientais e sociais e se apresenta alternativas e/ou soluções. Será parcial, quando houver algum viés para defender um ponto de vista ou outro, beneficiando apenas uma visão sobre o tema, sem apresentar argumentos contrários, valorizando somente um lado da técnica.

Para auxiliar nessa análise do aprofundamento dos textos presentes nos três livros didáticos sobre a bioética em biotecnologia, foi solicitado à inteligência artificial

microsoft copilot, que levantasse as principais palavras-chave relacionadas ao tema bioética. A organização das palavras-chave em categorias foi pensada para refletir aspectos éticos conectando-as com as técnicas de biotecnologia. Essa metodologia auxilia na análise da verificação do aprofundamento do texto contido nos livros didáticos, uma vez que o aparecimento dessas palavras-chave nos textos, ou a ausência delas, irão determinar o quanto de reflexão os textos tratam sobre a bioética em biotecnologia. Essas palavras-chave também irão servir de subsídio para a elaboração das reflexões sobre a ética em torno das técnicas de biotecnologia presentes na proposta didática.

Por último realizou-se uma análise comparativa entre as três coleções de livros didáticos para identificar as lacunas e as limitações do tema. Para tal utilizou-se quatro perguntas para nortear essa análise comparativa, sendo elas:

- Qual livro dedica mais reflexões sobre o tema?
- Há diferenças na profundidade ou na forma de abordagem?
- Os exemplos são atuais e relevantes?
- Existe alguma lacuna na discussão que poderia ser explorada?

Para conseguir realizar essa análise comparativa e responder as questões acima elencadas, as palavras-chaves selecionadas terão papel fundamental, determinado o nível de profundidade empregado ao tema bioética no uso da biotecnologia. Para fazer a verificação do livro que traz mais reflexões, e maior nível de profundidade para o tema, contaremos a quantidade de vezes e de palavras-chave que neste se encontram. Para identificar se os exemplos são atuais e relevantes, utiliza-se como base as discussões que apresentam, assim já é possível verificar também, as lacunas que poderiam ser melhor exploradas.

4.5 Fundamentos e estratégias do ciclo de aprendizagem 7E's para subsidiar a elaboração de uma sequência didática sobre bioética em biotecnologia

Para fundamentar a abordagem de ensino por investigação e a metodologia do ciclo de aprendizagem por 7E's que subsistirá a sequência didática, foram utilizadas também as metodologias de pesquisa bibliográfica e o método comparativo. Para isso, realizou-se uma revisão da literatura sobre a metodologia do ciclo de aprendizagem por 7E's, permitindo a compreensão detalhada de seus

princípios, aplicações e impactos. Utilizou-se de uma busca rápida em artigos para a verificação da quantidade de publicações de sequências didáticas desenvolvidas com o ciclo de aprendizagem por 7E's utilizando três palavras-chave “ciclo de aprendizagem 7E's”, “modelo 7E's” e “7 E's” com o filtro de período de 2015 até 2025, no site de busca Google Acadêmico e Scielo.

Foram analisados artigos científicos publicados, visando construir uma base teórica sólida para a investigação, permitindo a compreensão sobre o tema estudado e assim ter embasamento para a produção de uma sequência didática, um dos objetivos deste trabalho.

A partir de trabalhos encontrados sobre os 7E's, buscamos identificar convergências e divergências na estrutura e aplicação de cada metodologia aplicada pelos diferentes autores. Para a seleção das fontes, foram utilizados critérios como relevância acadêmica, atualidade das publicações e confiabilidade dos autores (verificando se o autor é citado por outros, se o trabalho foi publicado, se o autor está ligado à universidade) garantindo que os materiais analisados fossem adequados ao objetivo da pesquisa.

4.6 Integração e elaboração de quadro comparativo entre etapas do ensino por Investigação e o Ciclo 7E's

Para construir um quadro comparativo entre as etapas do ensino por investigação e as metodologias do ciclo investigativo dos 7E's, realizou-se um estudo aprofundado das fases propostas por Scarpa e Campos. Em seguida, foram analisadas as abordagens pedagógicas correspondentes às etapas do ciclo investigativo 7E's conforme apresentadas por Ibrahim *et al.* (2022), Khashan (2016) e Reis; Marques (2016), permitindo estabelecer conexões entre os modelos e identificar convergências e especificidades de cada autor.

Após a leitura e seleção das obras foi elaborado um quadro relacionando as principais etapas do ensino por investigação com as fases do ciclo de aprendizagem por 7E's defendidas por cada autor.

4.7 Elaboração de uma sequência didática para a trilha de aprofundamento *Saúde traz felicidade?* sobre bioética em biotecnologia fundamentada na abordagem investigativa utilizando os 7Es

Como resultado da análise dos documentos legais, das reflexões teóricas do ciclo investigativo dos 7E's e das lacunas identificadas na abordagem da bioética nos livros didáticos, foi possível elaborar uma sequência didática estruturada voltada ao ensino de bioética no contexto da biotecnologia, destinada ao Ensino Médio. Essa sequência foi concebida com base nos princípios da abordagem investigativa por meio da metodologia do ciclo investigativo dos 7E's (*Excitement, Exploration, Explanation, Expansion, Extension, Exchanging e Evaluation*) (KHASHAN, 2016). Buscou-se, assim, priorizar o protagonismo do estudante, o estímulo ao pensamento crítico reflexivo e a contextualização dos conteúdos. A proposta contempla etapas progressivas que promovem o engajamento dos estudantes, a exploração de dilemas éticos reais e a elaboração de reflexões sobre a aplicabilidade da biotecnologia na sociedade.

5 RESULTADOS

5.1 Seleção da trilha de aprofundamento prevista no Currículo do Ensino Médio que permita a abordagem multidisciplinar sobre bioética no ensino de biotecnologia

Para desenvolver a sequência didática escolheu-se uma trilha de aprofundamento integrada, pois esta abrange mais de uma área de conhecimento, ou seja, uma trilha que possibilita trabalhar a interdisciplinaridade e até mesmo a transdisciplinaridade, uma vez que o objeto de conhecimento de bioética perpassa por vários componentes curriculares. Além disso, é uma trilha que possui em sua matriz curricular o objeto de conhecimento bioética para ser explorado dentro da biotecnologia. Sendo assim, a trilha *Saúde traz felicidade?* foi selecionada por ter uma carga horária de 160 h ou 240 h, com 10 ou 15 aulas semanais conforme matriz em funcionamento na Unidade Escolar distribuídas de acordo com as Áreas de Conhecimento e Componentes Curriculares da seguinte maneira:

a) Área de ciências humanas e sociais aplicadas

Profissionais da área: 6 ou 9 aulas semanais, a depender da matriz em funcionamento na Unidade Escolar:

- História: 2 ou 3 aulas , a depender da matriz

- Geografia: 1 aula em todas as matrizes
- Filosofia: 2 ou 3 aulas , a depender da matriz
- Sociologia: 1 ou 2 aulas , a depender da matriz

b) Área de Ciências da Natureza e suas tecnologias

Profissionais da área: 4 ou 6 aulas semanais, a depender da matriz em funcionamento na Unidade Escolar:

- Biologia: 2 aulas em ambas as matrizes
- Química: 1 ou 2 aulas , a depender da matriz
- Física: 1 ou 2 aulas , a depender da matriz

É importante ressaltar que a trilha de aprofundamento *Saúde traz felicidade?* Está dividida em quatro Unidades Curriculares, com diversos objetos de conhecimento dentro das unidades. São elas:

Unidade Curricular I - Ciência em diálogo com o bem-estar e saúde.

Unidade Curricular II - Cidades e campos sustentáveis.

Unidade Curricular III - Saúde e autoaceitação.

Unidade Curricular IV - Saúde no ambiente escolar.

5.2 Resultados da identificação das habilidades e competências da trilha de aprofundamento *Saúde traz felicidade?* para a abordagem da bioética no ensino em biotecnologia

Dentro da trilha de aprofundamento *Saúde traz felicidade?*, A Unidade Curricular II: Cidades e campos sustentáveis, possui o tema bioética em sua matriz conforme evidenciado no quadro abaixo. É possível observar no quadro 5 as habilidades associadas aos eixos estruturantes dos itinerários formativos (Investigação Científica, Processos Criativos, Mediação e Intervenção Sociocultural e Empreendedorismo), as habilidades da trilha associadas às áreas do conhecimento (Área de ciências humanas e sociais aplicadas e a Área de Ciências da Natureza e suas tecnologias) e seus respectivos objetos de conhecimento. As habilidades identificadas e selecionadas para a elaboração da sequência didática bioética em biotecnologia estão em itálico e negrito no Quadro 4.

Quadro 4: Habilidades e objetos de conhecimento da Unidade Curricular II da trilha de aprofundamento integrada *Saúde traz felicidade?*

Habilidades da trilha associadas aos eixos estruturantes.	Habilidades da trilha associadas às áreas do conhecimento.	Objetos de conhecimento
❖ Investigação científica - Utilizar informações, conhecimentos e ideias resultantes de investigações científicas para criar ou propor soluções para problemas diversos. - Sistematizar, interpretar e divulgar os resultados das pesquisas realizadas no ambiente escolar, e entorno. ❖ Processos criativos Reconhecer e analisar diferentes manifestações criativas, artísticas e culturais, por meio de vivências presenciais e virtuais, que ampliem a	- Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. - Avaliar e prever efeitos de intervenções humanas nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia. - Elaborar propostas para a manutenção da saúde física e mental no contato ou distanciamento da	- Efeitos de intervenções humanas nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano - Poluição atmosférica, sonora, visual, da água, do solo e outros - Os mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia - A relação entre o meio ambiente e a saúde física e mental - óleos essenciais, banho de florestas, atividade ao ar livre, ciclos circadianos, entre outros - Saúde, economia solidária e agroecologia - <i>Bioética</i>

visão de mundo, a sensibilidade, a criticidade e a criatividade. ❖ Mediação e intervenção sociocultural Participar ativamente da proposição, implementação e avaliação de solução para problemas socioculturais e/ou ambientais em nível local, regional, nacional e/ou global, corresponsabilizando-se pela realização de ações e projetos voltados ao bem comum. ❖ Empreendedorismo Refletir continuamente sobre seu próprio desenvolvimento e sobre seus objetivos, presentes e futuros, identificando aspirações e oportunidades, inclusive relacionadas ao mundo do trabalho, que orientem escolhas, esforços e ações em relação à sua vida pessoal, profissional	natureza. - Compreender a agroecologia, a economia solidária, entre outras, nas reflexões acerca da sustentabilidade ambiental e a melhoria das condições de saúde. - Compreender a relação entre o meio ambiente e a saúde física e mental. - Compreender o conceito de sociedades sustentáveis, desenvolvendo ações que promovam responsabilidades (ambiental, economia sustentável e vitalidade cultural, entre outros), propondo melhorias na gestão campo/urbana/lugares de vivência no território catarinense. - Problematizar a produção de alimentos saudáveis para a saúde humana.	
---	--	--

e cidadã.	- <i>Refletir sobre a bioética e suas implicações morais, de saúde humana e no meio ambiente.</i>	
-----------	--	--

Fonte: Elaborado pela autora com base em (SANTA CATARINA, 2022).

O Quadro 6 mostra dentro das competências gerais da BNCC (BRASIL, 2018) aquelas relacionadas à temática da bioética, como o pensamento crítico, a responsabilidade social, a argumentação ética e o cuidado com o outro apresentadas em destaque e em *itálico*, de modo a evidenciar sua relevância para a construção da sequência didática. Os conhecimentos, habilidades, atitudes e valores relacionados a cada competência também estão presentes no Quadro 6, e aqueles relacionados às competências destacadas relacionadas à bioética também estão em destaque.

Quadro 5 - Competências gerais da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018) e os Conhecimentos, habilidades, atitudes e valores mobilizados pelas mesmas.

Competência da BNCC	Conhecimentos, habilidades, atitudes e valores
<i>Conhecimento</i>	<i>Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva .</i>
<i>Pensamento Científico, Crítico e Criativo</i>	<i>Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas,</i>

	<i>elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas .</i>
Repertório Cultural	Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.
Comunicação	Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo .
Cultura Digital	Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo .
Trabalho e Projeto de Vida	Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade .
Argumentação	<i>Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns</i>

		<i>que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.</i>
Autoconhecimento e Autocuidado	e	Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas .
Empatia e Cooperação		<i>Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza .</i>
Responsabilidade e Cidadania	e	<i>Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários .</i>

Fonte: Elaborada pela autora com base em (BRASIL, 2018, p. 9 -10).

5.3 Identificação dos dilemas bioéticos relacionados às técnicas de biotecnologia

No quadro 6 abaixo, estão sintetizados os dilemas bioéticos relacionados às técnicas de biotecnologia encontrados em artigos científicos .

Quadro 6:Dilemas bioéticos relacionados às técnicas de biotecnologia.

Nº	Autor(es) / Ano	Técnica de Biotecnologia	Questão Ética Central	Implicações éticas
1	FERREIRA <i>et al.</i> , 2025	CRISPR	Edição genética em embriões humanos.	Risco de segurança, desigualdade de acesso, consequências sociais e filosóficas e obstáculos regulatórios. Melhoramento genético, “elite genética”, homogeneização de traços “desejáveis”
	NODARI; GUERRA, 2000	Transgênicos	Alimentos geneticamente modificados e suas implicações.	Riscos à biodiversidade; dúvidas sobre o controle biológico; segurança alimentar; criação de insetos resistentes às plantas transgênicas.
2	NOHAMA; SILVA; SIMÃO-SILVA, 2020	Transgênicos	Alimentos geneticamente modificados e suas implicações.	A interferência genética de um organismo pode afetar o equilíbrio do microbioma e do biossistema. Uma vez

				que há uma complexa relação de interdependência entre espécies.
3	FURTADO, 2019	Terapia gênica	Intervenções genéticas no ser humano e seleção e edição do genoma.	A eficácia das terapias gênicas, possíveis danos ou rejeição. Objeções contra a criação de embriões, com base na preferência genética, e suas possíveis utilizações não terapêuticas; a eliminação de embriões e o ato de seleção dos mesmos. Desigualdade no acesso às terapias, injustiça social
4	OLIVEIRA; FELIPPE, 2022	Terapia com uso de células-tronco embrionárias	Uso de células-tronco embrionárias para fins terapêuticos	Discute os limites da tecnologia e a proteção da dignidade humana como bem jurídico fundamental

5	MEDEIROS, 2012	Clonagem	Representações ambivalentes de Dolly e os impactos sociais e éticos.	Baixa taxa de sucesso, auto-reprodução, cópias de parentes falecidos, humanização do clone, idade biológica maior que a idade temporal, má-formação, morte precoce, clonagem para fins comerciais
	OLIVEIRA, 2001	Clonagem	Verifica o desenvolvimento da pesquisa científica na área da genética, com suas manipulações e consequências sobre a dignidade humana	Violação da dignidade humana, individualidade e identidade do sujeito, a mercantilização do humano, a uniformização da genética.
6	GRISOLIA, C. K., 2013	Bioterrorismo	Grupos fanáticos e a facilidade de ter acesso a materiais que possibilitam editar um genoma.	Arma biológica de destruição em massa e de baixo custo. Facilidade de disseminação e transmissão. Alta chance de mortalidade, pânico nas populações,

				rupturas sociais. Difícil de prever o ataque. Desestabilização de governos.
7	GOMES <i>et al.</i> , 2020	Edição genética para - desextinção de espécies.	Conceito de desextinção, as implicações éticas e críticas científicas.	“Criação” de espécies diferentes da pretendida. A desextinção somente de espécies extintas recentemente, anomalias epigenéticas, anormalidades placentárias, dificuldades na hora do parto e uma falha geral na taxa de viabilidade dos descendentes, a necessidade de ter uma população de indivíduos para melhor adaptabilidade, a ausência de um ecossistema igual ao que o ser estava adaptado, a possibilidade de ocasionar um desequilíbrio

				ecológico, impactos na cadeia trófica. Se devemos reviver espécies extintas, a ideia de “brincar de Deus”. Utilizar a espécie para fins comerciais e utilitaristas. Bem estar animal
8	SCHNEIDER, R, MEGLHIOR ATTI e CORAZZA, 2016	Manipulação genética em humanos/ sequenciamento genético	Percepções docentes sobre manipulação genética, melhoramento humano como questão ética.	Processos eugênicos por meio de sequenciamento genético.

Fonte: Elaborado pela autora.

5.4 Análise dos livros didáticos distribuídos para o Novo Ensino Médio que abordam o objeto de conhecimento bioética e biotecnologia, identificando lacunas e potencialidades pedagógicas

Os resultados encontrados após a avaliação de como os livros didáticos distribuídos para o Novo Ensino Médio abordam o objeto de conhecimento bioética e biotecnologia estão dispostos abaixo. Por meio de leitura do livro didático físico, os critérios (conceituação de bioética, principais temas abordados, referências e fundamentação, exemplos e as aplicações práticas e posicionamento e abordagem) foram avaliados e apresentados da seguinte maneira no Quadro 8 abaixo.

Quadro 7 : Critérios analisados nos livros didáticos do Novo Ensino Médio.

Critérios	Editora Scipione	Editora SM	Editora FTD
Conceito de bioética	Não apresenta	Não apresenta	Não apresenta
Temas abordados	- Manipulação genética - Meio ambiente - Experimentação científica	- Manipulação genética - Meio ambiente - Experimentação científica - Ética médica	- Manipulação genética - Meio ambiente - Experimentação científica
Referências e fundamentação	Menciona a Lei da biossegurança nº 11.105/2005	—	A Lei da Biossegurança nº 11.105/2005 é mencionada duas vezes.
Aplicações práticas	Análise de caso das sementes suicidas	—	—
Posicionamento e abordagem	Crítica: ao propor uma discussão na análise de caso.	Crítica: os textos trazem os aspectos positivos e negativos da biotecnologia. Abordam o bem estar animal, a	Crítica: Uma atividade proposta de debate sobre a utilização das células-tronco embrionárias.

		ética médica e o uso da ciência de forma inadequada.	
--	--	--	--

Fonte: Elaboração da autora.

Os critérios estabelecidos para a análise dos livros didáticos revelaram como potencialidade pedagógica a necessidade de desenvolver atividades que favoreçam a construção do conceito de bioética e que promovam a aplicação prática desses temas para formar estudantes críticos e reflexivos acerca das novas tecnologias presentes. O quadro 8 demonstra o resultado da busca por palavras-chave associadas às categorias do conhecimento de bioética. Por meio dessas palavras-chave foi realizada a análise dos livros didáticos apontando o número de vezes que a palavra-chave aparece no livro didático. Por meio desta metodologia foi possível obter resultados acerca do tipo de abordagem que o texto dos livros didáticos apresentavam ao leitor. No quadro 8 apresentamos o resultado desta análise.

Quadro 8: Palavras chaves relacionadas ao tema bioética separadas por categorias.

Categorias	Palavras- chave
Princípios da bioética	Justiça e direitos humanos
Temas ligados à bioética	Dilemas éticos, impactos sociais e responsabilidade ambiental
Aplicações na biotecnologia	Engenharia genética, clonagem e uso de células - tronco.
Questões jurídicas	Regulamentação ética e legislação bioética.

Fonte: Elaborado pela autora.

O Quadro 9 mostra o número de vezes que as palavras-chave relacionadas ao conhecimento de bioética nos livros didáticos avaliados aparecem..

Quadro 9: Palavras-chave relacionadas ao conhecimento de bioética e biotecnologia e a frequência com que são mencionados nos textos didáticos.

Palavras chave	Editora Scipione	Editora SM	Editora FTD
Justiça	0	0	0
Direitos humanos	0	1	0
Responsabilidade ambiental	0	0	0
Dilemas éticos	2	5	2
Impactos sociais	0	0	0
Engenharia genética	3	0	3
Clonagem	10	15	21
Células - tronco	12	24	22
Melhoramento genético	0	1	0
Regulamentação ética	0	0	0
Legislação Bioética	0	0	2

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme evidenciado pela busca de palavras-chave relacionadas ao tema bioética e biotecnologia, percebe-se que há algumas lacunas nos materiais didáticos, principalmente quando se trata de termos de embasamento bioético. Percebe-se que o material didático preocupa-se com o ensino de técnicas de biotecnologia, com ênfase em clonagem e células tronco, e faz ressalva ao dilema ético que permeia essas técnicas de biotecnologia, comenta sobre a lei de biossegurança 11.105/2005, porém não aprofunda o debate.

A avaliação dos livros didáticos apresentou as seguintes lacunas e potencialidades:

- Qual livro dedica mais espaço ao tema?

No livro da editora Scipione, dá-se muita ênfase ao tema sobre transgênicos, onde ali é citada a lei de biossegurança 11.105/2005. Porém, uma lacuna encontrada foi que os temas de clonagem e uso de células tronco não debatem sobre as questões éticas envolvidas nessas técnicas, limitando-se a explicação que essas aplicações envolvem discussões sobre questões éticas.

No livro da editora SM, a potencialidade é que o livro apresenta uma abordagem mais extensa sobre bioética, na introdução do conceito de biotecnologia já aborda que este tema envolve questões éticas e cita, bioterrorismo e o potencial uso negativo da biotecnologia. Adota uma posição crítica para os temas de clonagem, células- tronco quando cita a proibição no Brasil. Também dedica uma página para a biotecnologia e a ética, e um box sobre biotecnologia e direitos animais. No entanto, uma lacuna é não apresentar uma aplicação prática que incentive a participação ativa e crítica do estudante.

O livro da editora FTD, a potencialidade é a abordagem interessante sobre as técnicas de biotecnologia, mas da mesma forma como o livro 1, a lacuna por ele apresentada foi que as suas reflexões éticas se restringem a um parágrafo.

- Há diferenças na profundidade ou na forma de abordagem?

No livro da editora Scipione, os temas bioéticos são pouco aprofundados, limitando-se a três linhas para ressaltar que clonagem envolve ética.

O livro da editora SM dedica dois parágrafos no início do conteúdo de biotecnologia para falar de ética e uma página no final do capítulo para abordar conceitos éticos, o direito de sigilo dos pacientes, a desigualdade social perante a falta de acesso à biotecnologia e traz perguntas profundas que estimulam a reflexão.

O livro da editora FTD traz um parágrafo curto após a clonagem, e o uso de células tronco possibilita, por meio de uma atividade proposta, a elaboração de um debate.

- Os exemplos são atuais e relevantes?

Nos livros das editoras Scipione, SM e FTD os exemplos são atuais e relevantes.

- Existe alguma lacuna na discussão que poderia ser explorada?

Nos livros Scipione e SM, faltaram discussões importantes como as questões éticas envolvidas na clonagem e no uso das células tronco, e em nenhum dos livros existem discussões como desigualdade social, melhoramento genético, direito dos pacientes e dos embriões.

- O tema bioética foi bem explorado nos livros?

Apenas no livro da editora SM houve um aprofundamento no tema dedicando dois parágrafos no início do conteúdo de biotecnologia para falar de ética e uma página no final do capítulo para trabalhar a bioética, o direito de sigilo dos pacientes, a desigualdade social perante a falta de acesso à biotecnologia e traz perguntas profundas que estimulam a reflexão.

- Houve limitações ou lacunas na abordagem do tema?

Há lacunas, principalmente nos livros das editoras Scipione e FTD, por falta de reflexões a respeito dos direitos dos pacientes, a possibilidade de uso das edições genéticas para melhoramento genético, o acesso às tecnologias. No livro da editora SM a lacuna está relacionada à falta de proposta de problematização ou de apresentação de um estudo de caso para gerar debate nos exercícios propostos.

- Como a apresentação da bioética impacta o ensino de biotecnologia?

Se o ensino de bioética em biotecnologia é interessante uma vez que prepara o estudante para exercer a sua cidadania, desenvolvendo o pensamento crítico e auxiliando-o na tomada de decisões sobre o uso das biotecnologias e os seus impactos na sociedade e meio ambiente, na análise dos livros das

editoras Scipione, SM e FTD os resultados foram parcialmente satisfatórios para responder essa questão.

5.5 Fundamentos e estratégias do ciclo de aprendizagem 7E's para subsidiar a elaboração de uma sequência didática sobre bioética em biotecnologia

Os resultados da busca por artigos relacionados às palavras-chave “ ciclo de aprendizagem 7E's”, “modelo 7E's” e “7E's”, no site de busca Scielo, foram insatisfatórios, exibindo nenhuma correspondência.

No site de busca Google acadêmico as palavras-chaves “ciclo de aprendizagem 7E's” e “modelo 7E's” exibiram 5 e 4 resultados respectivamente, porém apenas um resultado estava relacionado ao tema do ciclo de aprendizagem 7E's como ferramenta pedagógica. A palavra-chave “7E's” no site de busca Google acadêmico, exibiu 271 resultados. Dos resultados que foram apresentados o de Khashan (2016), foi importante para a elaboração desse trabalho.

A partir da leitura do artigo de Khashan (2016), outros dois artigos, sendo eles Ibrahim *et al.* (2022) e Isaac *et al.* (2024) foram selecionados para fundamentar esse trabalho, uma vez que os autores trazem momentos diferentes nas fases do ciclo investigativo. Os autores Reis e Marques (2016) são citados como pioneiros no desenvolvimento do ciclo de aprendizagem 7E's no trabalho de Bernardo *et al.* (2021), portanto consideramos interessante fazer a análise dos momentos pedagógicos propostos por esses autores.

Após essa pesquisa, verificou-se a necessidade de elaboração de um quadro comparativo da metodologia do ciclo investigativo 7E's proposta por cada autor, e como resultado dessa revisão foram elaborados três quadros para sintetizar os principais momentos pedagógicos deste ciclo de acordo com os autores Ibrahim *et al.* (2022), Khashan (2016) e Reis; Marques (2016).

Foram examinadas as contribuições das fases dos 7E's de três estudos que exploram a eficácia do modelo em diferentes contextos educacionais. São eles:

- Khaled Khashan - 2016. The Effectiveness of Using the 7E's Learning Cycle Strategy on the Immediate and Delayed Mathematics Achievement and the Longitudinal Impact of Learning among Preparatory Year Students at King Saud University (KSU) - *A Eficácia do Uso da Estratégia do Ciclo de Aprendizagem 7E na Realização Imediata e Atrasada em Matemática e o*

Impacto Longitudinal da Aprendizagem entre os Estudantes do Ano Preparatório na Universidade King Saud (KSU) - tradução nossa.

- Ibrahim, Ahmed., Lakpini, M. A., Abdulkarim, B., & Falalu, M. K.- 2022. Effect of 7E Learning Cycle on Cell Concept Performance Among Senior Secondary School Slow Learners in Katsina Metropolis, Nigeria. *Efeito do Ciclo de Aprendizagem 7E no Desempenho do Conceito de Célula entre Alunos Lentos do Ensino Médio na Metropolitano de Katsina, Nigéria - tradução nossa.*
- Pedro Reis e Ana Rita Marques - 2016. A investigação e inovação responsáveis em sala de aula: Módulos de ensino IRRESISTIBLE. Lisboa: Universidade de Lisboa, Instituto de Educação.

O quadro 10 abaixo, traz uma síntese dos 7 momentos pedagógicos baseados na estratégia 7E's de acordo com Ibrahim *et al.* (2022).

Quadro 10: Síntese dos 7E's de acordo com Ibrahim *et al.* (2022).

Fase	Resumo
Elicitação (<i>Elicitation</i>)	Nesta fase, o professor tem a oportunidade de avaliar os conceitos existentes dos alunos, enquanto os alunos têm a oportunidade de relembrar suas ideias. Em geral, o professor orienta os alunos a investigar questões com relação ao assunto para revelar os conhecimentos já adquiridos pelos alunos.
Engajamento (<i>Engagement</i>)	O estágio de engajamento requer comprometimento ativo dos alunos. Esta etapa fornece atividades curtas que buscam conectar e organizar o conhecimento prévio dos alunos para prepará-los para novos aprendizados e,

	posteriormente, melhorar o desempenho dos alunos.
Exploração (<i>Exploration</i>)	Na fase de exploração, o objetivo geral desta fase é familiarizar o aluno com o conceito e estabelecer o desejo de aprender nos alunos. O professor, por outro lado, orienta os alunos fazendo perguntas investigativas e fornece tempo suficiente aos alunos para que explorem o conceito. Essas perguntas geralmente são a fonte de conflito entre as ideias pessoais dos alunos.
Explicação (<i>Explanation</i>)	A etapa de explicação é desenvolvida a partir das primeiras três fases e inclui oportunidades adicionais para os alunos demonstrarem sua compreensão. Os alunos explicam e compartilham seus pensamentos, suas observações, experiências, descobertas e reivindicam evidências com suas próprias palavras com outros alunos. O professor organiza uma discussão e conecta as explicações dos alunos com o esclarecimento científico, destacando conceitos importantes.
Elaboração (<i>Elaboration</i>)	Durante essa etapa, os alunos adquirem novos conhecimentos conectando-se com experiências anteriores e as novas experiências nesta fase provocam a reavaliação das experiências anteriores.

Avaliação (<i>Evaluation</i>)	A fase de avaliação visa avaliar os alunos para determinar se adquiriram os conhecimentos e competências necessários e se mudam o seu pensamento ou comportamento. Embora a avaliação da aprendizagem ocorra ao longo de todas as fases do ciclo de aprendizagem.
Extensão (<i>Extension</i>)	A fase de extensão visa a transferência de conhecimento para encontrar novos fenômenos e realizar o conhecimento aprendido em situações adicionais. A fase enfatiza que os professores precisam ter certeza de que os alunos são capazes de aplicar seu aprendizado a novas situações, especialmente no contexto da vida cotidiana.

Fonte: Quadro elaborado pela autora com adaptações a partir de Ibrahim *et al.*, (2022).

Já no trabalho de Khashan (2016), os sete momentos pedagógicos do ciclo de aprendizagem por 7 E's estão organizados de acordo com o quadro 11 abaixo.

Quadro 11: Síntese dos 7E's de acordo com Khashan (2016).

Fases	Resumo
Excitação: (<i>Excitement</i>)	Esta etapa visa motivar os alunos e aumentar sua curiosidade para aprender o conceito. O professor motiva seus alunos e cria o elemento de curiosidade entre eles e incentiva a previsão.
Exploração (<i>Exploration</i>)	Esta etapa visa satisfazer a curiosidade

	dos alunos, fornecendo-lhes as informações necessárias experiências e auxílios, a fim de capacitá-los a adquirir o significado do conceito. O professor neste estágio projeta atividades que permitam aos alunos reconhecer a estrutura do conceito, e será responsável por fornecer instruções suficientes e claras e ferramentas adequadas relacionadas com cada atividade, dando-lhes a oportunidade de trabalhar em grupos para praticar a investigação.
Explicação (<i>Explanation</i>)	Esta etapa visa explicar o conceito, bem como os termos. Nesta etapa, o professor direciona seus alunos para a construção do conceito e identifica-o de forma cooperativa, enfatizando em certos aspectos as atividades que eles praticaram na etapa de exploração. Para isso, o professor coleta as informações que seus alunos coletaram na etapa de exploração e os ajuda a organizar e processar essas informações, fornecendo-lhes as explicações necessárias que os ajudam a organizar suas experiências exploratórias em sua posição correta e colocá-los para identificar o conceito.
Expansão (<i>Expansion</i>)	Também é chamada de etapa de aplicação, visando a descoberta de

	novas aplicações para o conceito, nesta etapa os aprendizes utilizam suas experiências adquiridas sobre o conceito e as aplicam em novas situações e problemas de modo a ampliar sua compreensão de tais experiências, levando a uma compreensão mais profunda do conceito. O professor, nesta fase, concentra seus esforços para expandir a compreensão dos alunos, fornecendo mais exemplos relacionados a esse conceito.
Extensão (<i>Extension</i>)	Esta etapa visa esclarecer a relação do conceito com outros conceitos, na qual o professor ajuda seu aluno a reconhecer como o conceito se relaciona com outros conceitos, fazendo perguntas que o ajudem a descobrir tais relações.
Troca (<i>Exchanging</i>)	Esta etapa visa a troca de experiências e ideias ou a mudança delas, onde o professor incentiva a cooperação e a participação dos alunos por meio de atividades bem elaboradas e troca de experiências.
Avaliação (<i>Evaluation</i>)	O professor nesta etapa avalia a aprendizagem do conceito por seus alunos e fornece a eles o feedback adequado, ou seja, colocando-os em novas situações e lidando com novos

	problemas. O processo de avaliação pode ser realizado através de cada etapa das etapas do ciclo de aprendizagem, em vez de apenas na etapa final.
--	---

Fonte: Quadro elaborado pela autora da pesquisa, com adaptações a partir de Khashan (2016).

O quadro 12 abaixo traz uma síntese dos 7 momentos pedagógicos baseados na estratégia 7E's de acordo com Reis; Marques (2016), que ampliaram o modelo dos 5E's, com a inclusão das etapas de partilha (*Exchange*) e de ativismo (*Empowerment*).

Quadro 12: Ampliação do modelo 5E's proposto por Reis; Marques (2016).

Fase	Resumo
Envolvimento (<i>Engage</i>)	Esta etapa tem como objetivo despertar o interesse dos alunos – motivando-os para as tarefas subsequentes – e identificar os seus conhecimentos prévios sobre o(s) tópico(s) em estudo. O professor deve recorrer a situações-problema capazes de despertar a curiosidade dos alunos e conduzi-los à formulação de questões a investigar.
Exploração (<i>Explore</i>)	Esta etapa tem como objetivo permitir que os alunos se envolvam no(s) tópico(s) e construam conhecimento acerca dos mesmos - realizando atividades de pesquisa, atividades experimentais, ou outras, em que

	formulam hipóteses, planejam e executam investigações preliminares. Nesta etapa os alunos têm a oportunidade de se envolver diretamente com os fenômenos e materiais relacionados com o (s) tópico (s) de investigação - questionando, analisando dados e refletindo sobre os resultados. O professor deve atuar como um facilitador - fornecendo materiais e ajudando os alunos a manter o foco nos aspectos mais importantes.
Explicação (<i>Explain</i>)	Esta etapa tem como objetivo criar a oportunidade para os alunos partilharem com os pares e/ou com o professor o que aprenderam até então - fazendo uso de uma linguagem científica adequada. Pretende-se que durante este processo os alunos reflitam sobre as suas concepções cientificamente incorretas e sejam capazes de construir novas concepções, cientificamente corretas. Este momento constitui uma oportunidade para o professor introduzir e explorar mais aprofundadamente os conceitos científicos - promovendo uma maior compreensão por parte dos alunos, o que lhes permitirá explicar com maior facilidade e rigor o que aprenderam.

Ampliação (<i>Elaborate</i>)	Esta etapa tem como objetivo permitir que os alunos mobilizem o novo conhecimento (adquirido nas etapas anteriores), aplicando-o a novas situações problema - as quais incluem os aspetos da Investigação e Inovação Responsáveis. Através deste processo pretende-se que os alunos desenvolvam uma compreensão mais abrangente e aprofundada dos conceitos, relacionando as novas experiências com as experiências anteriores.
Partilha (<i>Exchange</i>)	Esta etapa pressupõe o planeamento e a conceção de uma exposição interativa dos produtos da investigação desenvolvida pelos alunos. Pretende-se que os alunos partilhem com a comunidade os resultados das suas investigações – os produtos podem assumir diferentes formatos (póster, jogo, vídeo, entre outros). Trata-se de uma oportunidade para os alunos comunicarem, para um público mais alargado, o novo conhecimento construído. Esta etapa está em estreita relação com a etapa Empowerment (Ativismo), já que se pretende, através da exposição, consciencializar e sensibilizar os demais para as questões-alvo da investigação.
Ativismo (<i>Empowerment</i>)	Esta etapa desenvolve-se em

	simultâneo com as restantes; pretende-se envolver os alunos numa ação coletiva, fundamentada em pesquisa e investigação, tendo em vista a resolução de problemas sociocientíficos relacionados com temas científicos atuais. Desde cedo devem ser criadas oportunidades para que os alunos sintam valorizada a sua participação em todas as etapas do processo.
Avaliação (<i>Evaluate</i>)	Nesta etapa os alunos têm a oportunidade de avaliar os seus conhecimentos e capacidades; o professor tem a possibilidade de avaliar o progresso dos seus alunos relativamente aos objetivos de aprendizagem estabelecidos. O processo avaliativo foca-se, sobretudo, nos alunos e na criação de oportunidades para que estes reflitam sobre o seu desempenho - fazendo uso da autoavaliação – mas também sobre as próprias tarefas realizadas. Esta etapa está presente ao longo da concretização das restantes etapas – é importante que os alunos tenham várias oportunidades para refletirem sobre o seu desempenho, dificuldades e resultados .

Fonte: Quadro elaborado pela autora da pesquisa, com adaptações a partir de Reis, Marques (2016, p. 26 - 27).

5.6 Síntese comparativa das etapas da abordagem do ensino por investigação e as fases do ciclo investigativo

Após o estudo das etapas do ensino por investigação e os momentos pedagógicos descritos pelos autores Ibrahim *et al.* (2022), Khashan (2016) e Reis e Marques (2016) nas fases do ciclo investigativo do 7E's elaborou-se o quadro abaixo para evidenciar as relações entre as etapas do ensino por investigação, conforme descritas por Scarpa e Campos.

Quadro 13: Comparação entre as etapas do ensino por investigação e as fases do ciclo de aprendizagem por Ibrahim *et al.* (2022), Khashan (2016) e Reis e Marques (2016).

Etapas do ensino por investigação por Scarpa; Campos (2018)	Fases do ciclo de aprendizagem 7E's
Operacionalização	Elicitação (<i>Elicitation</i>)-Ibrahim <i>et al.</i> (2022) Excitação (<i>Excitement</i>)-Khashan (2016) Envolvimento (<i>Engage</i>)-Reis; Marques (2016)
Contextualização	Engajamento (<i>Engagement</i>)-Ibrahim <i>et al.</i> (2022) Exploração (<i>Exploration</i>)-Khashan (2016) Envolvimento (<i>Engage</i>)-Reis e Marques (2016)
Investigação	Exploração (<i>Exploration</i>)-Ibrahim <i>et al.</i> (2022) Exploração (<i>Exploration</i>)-Khashan (2016) Exploração (<i>Explore</i>)-Reis e Marques (2016)
Aplicação dos conhecimentos	Expansão (<i>Expansion</i>)-Khashan (2016)

	Ampliação (<i>Elaborate</i>)-Reis e Marques (2016)
Explicação dos conhecimentos adquiridos	Explicação (<i>Explanation</i>)-(Fase 4) Ibrahim <i>et al.</i> (2022) Explicação (<i>Explanation</i>)-(Fase 3) Khashan (2016) Explicação (<i>Explain</i>)-(Fase 3) Reis e Marques (2016)
Conclusão	Troca (<i>Exchanging</i>)-Khashan (2016) Partilha (<i>Exchange</i>)-Reis e Marques (2016)
Reflexão do ciclo	Avaliação (<i>Evaluation</i>)-Ibrahim <i>et al.</i> (2022) Avaliação (<i>Evaluation</i>)-Khashan (2016) Avaliação (<i>Evaluate</i>)-Reis e Marques (2016)

Fonte: Quadro elaborado pela autora da pesquisa.

Ao analisar as três concepções do ciclo de aprendizagem 7E's percebe-se uma aproximação de ideias entre as as definições de Khashan (2016) e de Reis e Marques (2016).

Está presente em todas as definições do ciclo investigativo 7E's, a etapa de levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes. No trabalho de Ibrahim *et al.* (2022), esse momento ocorre na fase de Elicitação, enquanto que no de Khashan (2016) fica evidente na fase de Excitação e no trabalho de Reis e Marques (2016) ocorre na fase de Envolvimento.

A pergunta problema, uma chave para o desenvolvimento da investigação, aparece na fase de engajamento no trabalho de Ibrahim *et al.* (2022). Por outro lado, esse momento acontece na fase posterior à da excitação, ou seja, na fase de exploração no trabalho de Khashan (2016), enquanto que no trabalho de em Reis e

Marques (2016), a pergunta problema ainda surge na primeira fase do ciclo, no envolvimento.

A investigação propriamente dita, em Ibrahim *et al.* (2022), encontra-se na terceira fase do ciclo, na fase de exploração. Em Khashan (2016), na segunda fase do ciclo, na fase de exploração. E em Reis e Marques (2016), inicia-se a investigação na segunda fase do ciclo, também na fase de exploração.

A aplicação dos conhecimentos adquiridos em outras situações não está bem definida no trabalho de Ibrahim *et al.* (2022). No trabalho de Khashan (2016) ocorre na fase de Expansão e no de Reis e Marques (2016) está na fase de Ampliação.

A explicação dos conhecimentos adquiridos por parte dos estudantes se mostra na fase de explicação nos três trabalhos analisados, porém esta é a quarta fase (Fase 4) no trabalho de Ibrahim *et al.* (2022) a terceira fase (Fase 3) nos trabalhos de Khashan (2016) e de Reis e Marques (2016).

Por último, todos os três trabalhos, Ibrahim *et al.* (2022), Khashan (2016) e Reis e Marques (2016) possuem no ciclo do 7E's, a fase de avaliação da aprendizagem.

5.7 Sequência didática para a trilha de aprofundamento *Saúde traz felicidade?* sobre o objeto de conhecimento bioética em biotecnologia fundamentada na abordagem investigativa dos 7Es

Como resultado final, elaboramos a sequência didática utilizando a abordagem investigativa dos 7Es para tratar o tema bioética no ensino de biotecnologia para o Ensino Médio, que pode ser vista no **APÊNDICE 1**.

Quadro 14 : Síntese das fases do ciclo investigativo dos 7E's relacionadas às atividades propostas da sequência didática.

Fase do ciclo investigativo 7E's conforme Khashan (2016)	Síntese da atividade proposta na sequência didática
Fase da Excitação (<i>Excitement</i>)	Exposição de cartas com situações-problema relacionadas às técnicas de biotecnologia. Os

	estudantes deverão hipotetizar aplicações com a técnica de biotecnologia presente na carta.
Fase da Exploração (<i>Exploration</i>)	Cartões com representações e textos relacionados às técnicas de biotecnologia da fase 1. Os estudantes deverão encontrar os cartões que contém explicações e imagens relacionados à sua carta exposta na fase 1. Após essa fase de pesquisa, os estudantes irão revisitar as hipóteses elaboradas no início da atividade, checando e corrigindo os equívocos com base nos cartões disponibilizados na fase 2 de Exploração (<i>Exploration</i>) e posteriormente a esse momento responder quatro questões sobre o tema.
Fase da Explicação (<i>Explanation</i>)	Para compreensão dos conceitos, os estudantes deverão escrever um conceito autoral sobre a técnica de biotecnologia exposta a eles nas fases 1 e 2. Após esse momento, será feito um mural com todos os conceitos. Aqui o(a) professor (a) terá a oportunidade de verificar as concepções dos estudantes e orientar acerca dos conceitos de biotecnologia.
Fase da Expansão (<i>Expansion</i>)	Para aprofundar o debate bioético, os estudantes receberão uma segunda carta com situações-problema relacionadas ao tema clonagem e/ou células tronco embrionárias, que são temas onde há mais questões éticas envolvidas. Os estudantes deverão responder à pergunta proposta na carta. A critério do professor, os estudantes poderão ter acesso a material de pesquisa virtual ou impresso.

Fase da Extensão (<i>Extension</i>)	Nessa fase o professor irá passar questões de reflexão bioética para os estudantes discutirem e elaborarem respostas. Para essa fase, os estudantes deverão ter acesso a um material de pesquisa virtual ou físico.
Fase da Troca (<i>Exchanging</i>)	O momento da partilha é o momento onde o professor (a) organizará os estudantes para socializarem com a turma todas as suas descobertas durante o processo. Aqui, o professor terá a oportunidade de corrigir equívocos relacionados aos conceitos.
Fase da Avaliação (<i>Evaluation</i>)	Nessa fase, será realizada a avaliação do ciclo de aprendizagem, conduzida pelo professor. Para isso, serão utilizados dois instrumentos avaliativos em formato de formulário. O primeiro terá como foco a verificação do desenvolvimento das habilidades previstas, enquanto o segundo buscará identificar o alcance dos objetivos de aprendizagem estabelecidos. Essa abordagem permitirá uma análise mais precisa e reflexiva sobre os resultados obtidos, cabendo ao professor uma retomada nos conteúdos ao identificar lacunas no processo de aprendizagem.

Fonte: Elaborado pela autora com base em Khashan (2016).

A utilização de cartas com situações-problema na fase de Excitação (*Excitement*) envolve técnicas de biotecnologia permitindo que os estudantes se envolvam ativamente com questões reais e contextualizadas, despertando curiosidade e promovendo o engajamento inicial com o conteúdo. Esse primeiro momento está alinhado à fase de excitação do ciclo dos 7E's do ensino por investigação, que tem como objetivo provocar o interesse e gerar questionamentos

iniciais. Essa atividade também está alinhada para o desenvolvimento da competência número um da área de Ciências da Natureza estimulando os estudantes a “Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo” (BRASIL, 2018, p. 539). As situações problemas envolvendo técnicas de biotecnologia expostas nas cartas da fase 1, foram elaboradas pela autora com base no livro Biologia de Campbell (2017, capítulo 20 e 21, páginas 408 a 435).

As cartas funcionam como gatilhos cognitivos, apresentando dilemas e/ou desafios que exigem reflexão e posicionamento. Ao receber uma carta, os estudantes são convidados a hipotetizar ações ou soluções com base na técnica de biotecnologia apresentada. Essa etapa estimula o pensamento crítico e a formulação de hipóteses, que são centrais no ensino por investigação.

Na fase 2 Exploração (*Exploration*), os estudantes deverão buscar cartões que contenham uma breve explicação e imagens que representem as técnicas de biotecnologia, essa atividade está relacionada com a investigação ativa e colaborativa, explorando, questionando, refletindo entre os cartões, e trocando ideias com seus colegas. Aqui também propõe-se uma autoavaliação, para ser aplicada após a finalização da etapa 2 Exploração (*Exploration*). Onde os estudantes irão verificar a relação das técnicas com a biotecnologia, se conseguiram realizar a análise ética, o registro reflexivo e a participação nas discussões. Na próxima aula, por meio do retorno do professor (a) os estudantes poderão refletir sobre o que aprenderam, como aprenderam e o que ainda precisam desenvolver e de modo a estimular a consciência sobre o próprio processo de aprendizagem, essencial no ensino por investigação.

Na fase 3, Explicação (*Explanation*), os estudantes elaboram um conceito autoral sobre a técnica de biotecnologia apresentada nas fases iniciais da atividade (fase 1: excitação; fase 2: exploração) o que representa um momento de consolidação do conhecimento construído por meio da investigação proposto na fase 2 (exploração). Também estimula os estudantes ao desenvolvimento do letramento científico e da competência de argumentação formulando e defendendo pontos de vista que promovam os direitos humanos por meio de um posicionamento ético (BRASIL, 2018).

Na fase 4 de Expansão (*Expansion*) os estudantes são convidados a expandir os seus conhecimentos adquiridos por meio de novas cartas contendo novas

situações-problema. Essas cartas têm como objetivo revelar dilemas éticos que circundam as técnicas de clonagem e o uso de células-tronco embrionárias, o que contribuirá para a discussão do conceito de bioética. Desta forma permitirão o desenvolvimento das competências de argumentação, de empatia e cooperação e de responsabilidade e cidadania por meio do posicionamento ético perante a diversidade, os direitos humanos e a democratização das tecnologias. Ao final dessa atividade o professor poderá aplicar a avaliação do processo por meio de rubricas. Onde poderá verificar a assimilação de conceitos, a escrita autoral e o desenvolvimento do letramento científico.

Na fase 5 de Extensão (*Extension*) optou-se por perguntas que estimulem a reflexão a respeito de bioética para ampliar o olhar dos estudantes sobre os impactos sociais, morais e científicos das práticas biotecnológicas. Desta forma, objetiva-se consolidar a aprendizagem e o desenvolvimento de um estudante crítico e reflexivo capaz de entender e explicar a realidade (BRASIL, 2018).

Na fase 6 da troca (*Exchanging*) objetiva-se fazer um seminário de apresentação das fases trabalhadas na sequência didática. Assim, os estudantes poderão exercitar a argumentação, o pensamento lógico e a escuta ativa. A promoção de debates e a identificação de percepções éticas diferenciadas sobre uma determinada técnica de biotecnologia poderão contribuir para a construção significativa da aprendizagem e efetiva aplicação da habilidade de refletir sobre as questões éticas relacionadas à biotecnologia (SANTA CATARINA, 2022). Por último, a fase de avaliação (*Evaluation*) busca verificar o percurso formativo do estudante durante o processo, verificando se as habilidades previstas na trilha de aprofundamento e as competências do Currículo Base do Território Catarinense foram atingidos. Além disso, a avaliação permite verificar o trabalho desenvolvido pelo professor, as dificuldades apresentadas pelos estudantes e as lacunas que ainda permeiam o conteúdo, possibilitando a retomada dos objetivos e/ou fortalecimento dos conceitos ainda não desenvolvidos pelos estudantes.

6 DISCUSSÃO

O Ensino Médio traz muitas novidades como o aumento da carga horária, a mudança na estrutura do currículo e nos objetos de conhecimento. Além disso, o foco na aprendizagem coloca o estudante como protagonista do seu conhecimento

(BRASIL, 2018). A parte diversificada do currículo, que envolve as trilhas de aprofundamento, é uma oportunidade de trabalhar a interdisciplinaridade e com conteúdos que relacionem os conhecimentos adquiridos em sala de aula com a realidade do estudante (SANTA CATARINA, 2020). A BNCC diz que o ensino de ciências da natureza possibilita ao estudante compreensão dos conceitos para analisar processos do mundo natural e tecnológico (BRASIL, 2018). O Currículo Base do Território Catarinense amplia essa visão afirmando que o ensino de ciências da natureza é fundamental para o estudante enfrentar as demandas da sociedade contemporânea (SANTA CATARINA, 2020) formando-os ativos, críticos e reflexivos.

Para conseguir mobilizar essas atitudes nos estudantes, propõe-se o letramento científico como objeto formativo, ou seja, propiciar a capacidade de compreensão do mundo por meio dos processos dinâmicos da ciência (SANTA CATARINA, 2020). Para Bernardo (2014) o letramento científico é possibilitar que o estudante consiga por meio dos conhecimentos científicos adquiridos aprofundar novos conhecimentos, explicando fenômenos, elaborando conclusões sobre questões que envolvem a ciência. O Currículo Base do Território Catarinense (2020) afirma que para o desenvolvimento do letramento científico é necessário que os conceitos de ciência envolvam situações significativas e contextualizadas com a realidade do estudante, aprofundando-os de forma espiral (SANTA CATARINA, 2014).

De modo a trabalhar contextos alinhados à realidade do estudante, a biotecnologia está presente cada vez mais na mesa, na saúde, na tecnologia e conforme afirma Lelis (2019) a percepção é que os estudantes não apresentam os requisitos básicos para uma discussão sobre bioética. Poucos sabem sobre o que se trata. Azevedo (1998) diz ainda que a bioética é uma área recente, que pouco há sobre um conhecimento didático pedagógico tradicional e consolidado. Ao analisar os livros didáticos, essa lacuna fica ainda mais evidente. Os resultados mostram pouco aprofundamento do tema, pois não debatem sobre desigualdade de acesso às biotecnologias, possíveis utilização para melhoramento genético, dignidade direitos do ser humano, entre outros. Além disso, falta nos livros didáticos, aprofundamento da lei de biossegurança, atividades que proponham reflexões e debates e referências de material para pesquisa extra.

Uma abordagem de ensino para desenvolver o letramento científico possibilitando o protagonismo estudantil é o ensino por investigação. Nessa

abordagem o professor possibilita por meio do problema e da liberdade intelectual dada aos estudantes, uma interação para a construção do conhecimento (CARVALHO, 2018). Scarpa e Campos (2018) afirmam que o ensino por investigação possui estratégias que mobilizam ativamente o estudante para a aprendizagem utilizando-se de problemas.

Existem muitas evidências de que essa abordagem é eficaz no ensino de ciências da natureza em geral (Carvalho, 2018; Scarpa; Campos, 2018; Sasseron, 2015). A escolha do Ciclo de Aprendizagem 7E's como foco deste estudo fundamenta-se nos resultados satisfatórios em aplicações na área de matemática (KHASHAN, 2016), genética (ISAAC *et al.*, 2024), citologia (IBRAHIM *et al.*, 2022) e física (NAADE, ALAMINA e OKWELLE, 2018). Na área de matemática, o ensino de jovens estudantes por meio do ciclo 7E's apresentou melhores resultados quando comparado aos estudantes submetidos ao ensino no modelo tradicional (KHASHAN, 2016). Isso porque, conforme Khashan (2016), houve participação ativa dos estudantes nos processos de ensino- aprendizagem, participando da investigação do conhecimento com atividades estimulantes que auxiliam a explorar os conceitos contribuindo para o conhecimento científico e aumentando a sua motivação.

No que tange a biologia, no ensino de genética, Isaac, Akanwa e Ndirika (2024) destacam um ganho médio de desempenho superior pelos estudantes que foram ensinados pelo ciclo de aprendizagem 7E's quando comparados aos estudantes que receberam aulas no modelo convencional. Esse ganho foi atribuído à participação ativa dos estudantes durante o ciclo de aprendizagem 7E's, que contribuiu para uma aprendizagem mais significativa e aprofundada dos conteúdos.

Há também evidências sobre as contribuições do ciclo de aprendizagem por 7E's nos estudos de Ibrahim *et al.* (2022), quando este destaca que o grupo de estudantes ensinados pelo método citado tiveram um desempenho significativamente melhor quando comparado aos estudantes ensinados pelo método convencional. O fato que teria contribuído para esse aumento na aprendizagem seria a fase de Excitação (fase inicial de motivação para o problema a ser estudado) pois esta fase, assim como todo o ciclo de aprendizagem por 7E's possibilita ao estudante a chance de explorar. Ainda, NAADE; ALAMINA; OKWELL, (2018, p.7) afirmam com base nas evidências empíricas apresentadas, a pesquisa demonstrou que a abordagem construtivista do ciclo de Aprendizagem 7Es é mais eficaz do que o método de palestra". Nos estudos de Khashan (2016) e Isaac *et al.*,

(2024), os resultados indicaram que essa metodologia contribui significativamente para o melhor desempenho dos alunos, especialmente em disciplinas como genética e matemática. Além disso, constatou-se que o ensino baseado no Ciclo de aprendizagem 7Es, não apenas aprimora a compreensão dos conceitos celulares, mas também tem um impacto positivo tanto no desempenho imediato quanto no desempenho a longo prazo (IBRAHIM *et al.*, 2022). Dessa forma, os achados reforçam que essa estratégia de ensino promove um aprendizado mais significativo e duradouro em comparação com métodos tradicionais.

A integração entre os saberes científicos e a dimensão ética do tema permitirá uma aprendizagem significativa e interdisciplinar, contribuindo para a formação de sujeitos conscientes, capazes de argumentar com base em evidências e tomar decisões informadas frente aos avanços da ciência e da tecnologia (BRASIL, 2018).

Assim, conclui-se que os elementos analisados conferem sólida sustentação teórica e metodológica para a construção da sequência pedagógica inovadora, transformadora e alinhada aos princípios do Currículo Base do Território Catarinense, e dos documentos norteadores do ensino de Biologia.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, hipotetizamos que é possível abordar o tema bioética no ensino de biotecnologia para o Ensino Médio, elaborando uma sequência didática com uma abordagem investigativa por meio da metodologia do ciclo de aprendizagem 7E's.

A sequência didática, fundamentada na trilha de aprofundamento “*Saúde traz felicidade?*” do Currículo Base do Território Catarinense, permite estimular o letramento científico, a reflexão ética e o protagonismo estudantil. A metodologia do ciclo de aprendizagem 7E's favorece o engajamento dos alunos, ampliando sua capacidade de argumentação com base em evidências e de tomada de decisões informadas frente aos avanços da ciência e da tecnologia.

Além disso, a análise dos materiais didáticos revelou a escassez de abordagens que contemplem a bioética de forma crítica, o que reforça a relevância de propostas pedagógicas que articulem ciência e ética no contexto escolar. A flexibilidade temática da sequência permite sua adaptação para diferentes itinerários

formativos, componentes eletivos e práticas da formação geral básica, sempre em consonância com as diretrizes da BNCC e os princípios do Currículo Catarinense.

Dessa forma, conclui-se que a hipótese proposta foi validada, e que a abordagem investigativa baseada no ciclo de aprendizagem 7E's constitui uma estratégia metodológica com potencial para o ensino efetivo de biotecnologia, contribuindo para a formação de estudantes mais conscientes, críticos e preparados para os desafios do mundo contemporâneo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Maria Aparecida da Silva Costa; CLEM, Tatiane Corrêa de Faria. A relação da Bioética com a Biotecnologia. Xapuri, AC: Instituto Federal do Acre – IFAC, 2018. Disponível em: PDF do projeto Viver Ciência 2018. Acesso em: 14 abr. 2025.

AZEVEDO, Carolina Rocha de; MORAES, Larissa Bertuol de; JÁCOME, Marília de Queiroz Dias. A inserção de conteúdos de bioética no ensino médio. Brasília: Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Programa de Iniciação Científica, 2020. Disponível em: <https://www.publicacoes.uniceub.br/pic/article/view/7527/0>. Acesso em: 14 abr. 2025.

AZEVÊDO, Eliane Elisa de Souza. Ensino de Bioética: um desafio transdisciplinar. Interface – Comunicação, Saúde, Educação, v. 2, n. 2, p. 127–138, 1998. Disponível em: SciELO – Interface. Acesso em: 14 abr. 2025.

BERNARDO, Flávia Pirovani Arial. *Formação inicial docente com base no Modelo 7Es para o desenvolvimento de ações baseadas na Investigação e Inovação Responsáveis*. 2022. 138 f. Tese (Doutorado em Educação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/4825/TESE%20FL%20C3%81VIA%20PIROVANI%20ARIAL%20BERNARDO%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 7 abr. 2025

BERNARDO, Flávia Pirovani Arial; SILVA, Cristiana Barcelos da; OLIVEIRA, Fábio Machado de; TOTTI, Maria Eugenia Ferreira. O modelo 7E e o seu aumento de interesse na comunidade de pesquisa: um breve estudo bibliométrico. In: CONINTER – Congresso Internacional Interdisciplinar em Sociais e Humanidades, 10., 2021, Niterói, RJ. *Anais...* Niterói, RJ: Programa de Pós-Graduação, 2021. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xc22021/427109-O-MODELO-7E-E-O-SEU-AUMENTO-DE-INTERESSE-NA-COMUNIDADE-DE-PESQUISA--UM-BREVE-ESTUDO-BIBLIOMETRICO>. Acesso em: 11 jun. 2025.

BERNARDO, Flávia Pirovani Arial. *Contribuições do modelo 7Es para a formação docente sob a perspectiva do ensino de ciências baseado em investigação*. 2024. Tese (Doutorado em Cognição e Linguagem) –

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciência do Homem, Programa de Pós-Graduação em Cognição e Linguagem, Campos dos Goytacazes, RJ, 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 33–41. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BRASIL. *Lei n.º 13.005, de 25 de junho de 2014*. Aprova o Plano Nacional de Educação (PNE) e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 jun. 2014. Disponível em: <https://pne.mec.gov.br/18-planos-subnacionais-de-educacao/543-plano-nacional-de-educacao-lei-n-13-005-2014>>. Acesso em: 12 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Fundamental*. Brasília: MEC/SEF, 1997. BRASIL. *Plano Nacional de Educação (PNE) 2014-2024: Lei n.º 13.005, de 25 de junho de 2014, que aprova o Plano Nacional de Educação e dá outras providências*. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2014. 86 p. (Série Legislação, n.º 125).

BRASIL. Ministério da Educação. **Exposição de Motivos nº 00084, de 15 de setembro de 2016**. Submete proposta de Medida Provisória que institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. Brasília, DF, 2016. Disponível em: documento oficial da Presidência da República. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, e nº 11.494, de 20 de junho de 2007; institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 fev. 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Cartilha sobre o Novo Ensino Médio é lançada no Senado: publicação explica mudanças**. *Portal MEC*, Brasília, DF, 15 ago. 2017. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/211-218175739/53001-cartilha-sobre-o-novo-ensino-medio-e-lancada-no-senado-publicacao-explica-mudancas>. Acesso em: 14 abr. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação/ Câmara de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018**. Atualiza as

Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 nov. 2018. Seção 1, p. 21–24. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2018-pdf/102481-rceb003-18/file>. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Básica. **Resolução nº 3, de 21 de novembro de 2018**. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 22 nov. 2018. Seção 1, p. 21–24. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2018-pdf/102481-rceb003-18/file>. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. *Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD)*. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/pnld/programa-nacional-do-livro-e-do-material-didatico-pnld>. Acesso em: 29 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005**. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 28 mar. 2005. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105.htm. Acesso em: 14 set. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Básica. *Parecer CNE/CEB n.º 5/2011*. Disponível em: https://normativasconselhos.mec.gov.br/normativa/pdf/CNE_PAR_CNECEBN52011.pdf. Acesso em: 17 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Resultado do PISA de 2015 é tragédia para o futuro dos jovens brasileiros, afirma ministro**. Portal MEC, 2016. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=42741>. Acesso em 01 abr. 2025.

BYBEE, Rodger W.; TAYLOR, Joseph A.; GARDNER, April; et al. *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs: BSCS, 2006. Disponível em: <https://bscs.org/reports/the-bscs-5e-instructional-model-origins-and-effectiveness/>. Acesso em: 06 abr. 2025.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, n. 3, p. 1085-1104, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329692156_Fundamentos_Teoricos_e_Metodologicos_do_Ensino_por_Investigacao. Acesso em: 06 abr. 2025.

CODES, Ana Luiza Machado de; FONSECA, Sérgio Luiz Doscher da; ARAÚJO, Herton Ellery. Ensino médio: contexto e reforma. Afinal, do que se trata? Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, 2021. (Texto para Discussão, n. 2663). Disponível em:

<https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/90b60bee-57a5-4316-bfcb-4ccd646eb60d/content>. Acesso em: 27 nov. 2024.

CONCEIÇÃO, Luiz Carlos Silva. *Abordagem da bioética em âmbito escolar: proposições constantes de livros didáticos de biologia*. 2011. 82 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Educação Matemática e Científica, Belém, 2011. Orientadora: Profa. Dra. Rosália Maria Ribeiro de Aragão. Disponível em: Repositório UFPA

CUNHA, Thiago Rocha da. Bioética: ponte para o futuro. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 8, p. 2383-2392, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232015218.05322016..>

DIAS, Edna Cardozo. *Abolicionismo e experimentação animal*. Revista Brasileira de Direito Animal, Salvador, v. 4, n. 6, p. 89-108, jul./dez. 2009. Disponível em: <<https://www.animallaw.info/sites/default/files/Brazilvol4.pdf#page=89>>. Acesso em: 22 nov. 2025.

FERREIRA, Luís Afonso de Alencar et al. *Implicações éticas na edição genética: limites da intervenção humana e responsabilidade científica*. Revista FT, v. 29, n. 146, maio 2025. Disponível em: <https://revistافت.com.br/implicacoes-eticas-na-edicao-genetica-limites-da-intervencao-humana-e-responsabilidade-cientifica>. Acesso em: 2 ago. 2025.

FERRETTI, Celso João. *A reforma do Ensino Médio e sua questionável concepção de qualidade da educação*. Estudos Avançados, São Paulo, v. 32, n. 93, p. 25-42, 2018. DOI: 10.5935/0103-4014.20180028. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/RKF694QXnBFGgJ78s8Pmp5x/?format=html>>. Acesso em: 20 nov. 2025.

FIALHO, Wanessa Cristiane Gonçalves; MENDONÇA, Samuel. *O Pisa como indicador de aprendizagem de Ciências*. Roteiro, [s. l.], v. 45, p. 1–24, 2020. DOI: 10.18593/r.v45i0.20107. Disponível em: <<https://periodicos.unoesc.edu.br/roteiro/article/view/20107>>. Acesso em: 22 maio 2025.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa*. 15. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2000.

FURTADO, R. N. *Fundamentos ontológicos do debate sobre seleção e edição do genoma*. Fractal: Revista de Psicologia, v. 32, n. 2, p. 111–119, maio 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fractal/a/LMQ7cpRYjFDpWVgSWgybPRP/>. Acesso em: 4 ago. 2025.

G1. *Ranking da educação: Brasil está nas últimas posições no PISA 2022; veja notas de 81 países em matemática, ciências e leitura*. G1 Educação, 05 dez. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/educacao/noticia/2023/12/05/ranking-da-educacao-brasil-esta-nas-ultimas-posicoes-no-pisa-2022-veja-notas-de-81-paises-em-matematica-ciencias-e-leitura.ghtml>. Acesso em: 08 abr. 2025.

GODOY, Leandro Pereira de; DELL' AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney

Candido. *Multiversos: Ciências da Natureza: Ciência, Tecnologia e Cidadania: Ensino Médio*. 1. ed. São Paulo: FTC, 2020.

GOMES, Weliton Augusto; DUTRA, Denecir; SAUTTER, Klaus; GAVINHO, Bruno. *Reflexões bioéticas sobre a “desextinção” de espécies*. Revista Brasileira de Bioética, Brasília, v. 16, n. 1, p. 1–18, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rbb/article/view/34453>. Acesso em: 16 ago. 2025.

GRISOLIA, C. K.. *Bioterrorismo e a facilidade de acesso à biotecnologia e seus insumos*. Revista Bioética, v. 21, n. 2, p. 359–364, maio 2013.

IBRAHIM, Ahmed; LAKPINI, M. A.; ABDULKARIM, B.; FALALU, M. K. *Effect of 7E Learning Cycle on Cell Concept Performance Among Senior Secondary School Slow Learners in Katsina Metropolis, Nigeria*. Kashere Journal of Education, Gombe State, v. 3, n. 1, p. 138-145, 2022. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/kje.v3i1.18>.

ISAAC, Esther O.; AKANWA, U. N.; NDIRIKA, M. C. *7E's Learning Cycle Instructional Strategy and Secondary School Biology Students' Academic Achievement in Genetics in Akwa Ibom State, Nigeria*. AJSTME, v. 10, n. 4, p. 594-600, abr. 2024. Disponível em: <https://www.ajstme.com.ng>. Acesso em: 27 abr. 2025.

KHASHAN, Khaled. *The Effectiveness of Using the 7E's Learning Cycle Strategy on the Immediate and Delayed Mathematics Achievement and the Longitudinal Impact of Learning among Preparatory Year Students at King Saud University (KSU)*. Riyadh: King Saud University, Preparatory Year, 2016.

LELIS, Nilton Cesar Silva. *Fundamentos de bioética para estudantes de ensino médio: uma abordagem conceitual*. 2019. Dissertação (Mestrado em Docência para a Educação Básica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Docência para a Educação Básica, Bauru, 2019.

MEDEIROS, F. N. da S. *As múltiplas representações de Dolly nos discursos sobre a clonagem e as pesquisas com células-tronco na imprensa brasileira*. Intercom: Revista Brasileira de Ciências da Comunicação, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 93–110, jan. 2012.

MESSIAS, Telma Hussni; ANJOS, Márcio Fabri dos; ROSITO, Margaréte May Berkenbrock. *Bioética e educação no ensino médio*. Revista Bioethikos, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 96–102, 2007.

MORTIMER, Eduardo et al. *Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar: Evolução, biodiversidade e sustentabilidade*. 1. ed. São Paulo: Editora Scipione, 2020.

NAADE, N. B.; ALAMINA, J. I.; OKWELLE, P. C. *Effect of 7E's's Constructivist Approach on Students' Achievement in Electromagnetic Induction Topic in Senior Secondary School in Nigeria*. British Journal of Education, Society & Behavioural Science, v. 24, n. 3, p. 1–9, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/323880728>. Acesso em: 27 abr. 2025.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P.. *Implicações dos transgênicos na sustentabilidade*

ambiental e agrícola. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, v. 7, n. 2, p. 481–491, jul. 2000.

NOHAMA, Norton; SILVA, Jefferson Soares da; SIMÃO-SILVA, Daiane Priscila. O *impacto ambiental da edição genética no Brasil: uma abordagem a partir da bioética global*. Revista Temáticas, Campinas, v. 29, n. 58, p. 1–20, 2020. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/tematicas/article/download/15161/10738>. Acesso em: 16 ago. 2025.

OLIVEIRA, José Mauro Cabral de; FELIPPE, Karla Julião Villani. Estudos com células-tronco e suas questões éticas e jurídicas: uma revisão atual sobre o assunto. *Revista Científica da FUPAC*, v. 10, n. 2, 2022. Disponível em: <https://www.ri.unipac.br/repositorio/wp-content/uploads/tainacan-items/282/165721/Jose-Mauro-Cabral-de-Oliveira.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2025.

OLIVEIRA, Simone Born de. *Manipulação genética e dignidade humana: da bioética ao direito*. 2001. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PEDASTE, Margus et al. *Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle*. Educational Research Review, v. 14, p. 47-61, 2015. DOI: <10.1016/j.edurev.2015.02.003>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X15000068>>. Acesso em: 27 mar. 2025.

REECE, Jane B.; URRY, Lisa A.; CAIN, Michael L.; WASSERMAN, Steven A.; MINORSKY, Peter V.; JACKSON, Robert B. *Biologia de Campbell*. 11. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

REIS, P.; MARQUES, A. R. *A investigação e inovação responsáveis em sala de aula: Módulos de ensino IRRESISTIBLE*. Lisboa: Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, 2016.

SANTA CATARINA. *Proposta Curricular de Santa Catarina: educação infantil, ensino fundamental e ensino médio*. Florianópolis: Secretaria de Estado da Educação, 2014.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Base da Educação Infantil e do Ensino Fundamental do Território Catarinense*. 2019. Disponível em: <<http://www.cee.sc.gov.br/index.php/downloads/documentos-diversos/curriculo-base-do-territoriocatarinense/1620-curriculo-base-ed-infantil-e-ens-fundamental-de-sc>>. Acesso em: 18 ago. 2023.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Base do Ensino Médio do Território Catarinense*. Secretaria de Estado da Educação, 2021. Disponível em: <https://sites.google.com/sed.sc.gov.br/nem-sedsc/curr%C3%ADculobase-caderno-2?authuser=0>. Acesso em: 11 jul. 2023.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Base do Ensino Médio do Território Catarinense – Caderno 3: Portfólio de Trilhas de Aprofundamento*. Florianópolis: Secretaria de Estado da Educação, 2020. Disponível

em:

<https://www.cee.sc.gov.br/index.php/downloads/documentos-diversos/curriculo-base-do-territorio-catarinense/2067-curriculo-base-do-territorio-catarinense-do-ensino-medio-caderno-3/file>. Acesso em: 30 ago. 2023.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Base do Ensino Médio do Território Catarinense – Caderno 1: Disposições Gerais*. Florianópolis: Secretaria de Estado da Educação, 2019. Disponível em: <https://www.cee.sc.gov.br/index.php/downloads/documentos-diversos/curriculo-base-do-territorio-catarinense/2067-curriculo-base-do-territorio-catarinense-do-ensino-medio-caderno-3/file>. Acesso em: 30 ago. 2023.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2025.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 17, n. esp., p. 49–67, nov. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>. Acesso em: 8 set. 2025.

SCARPA, Daniela Lopes; CAMPOS, Natália Ferreira. *Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação*. Estudos Avançados, v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>>. Acesso em: 23 maio 2025.

SCHNEIDER, E. M.; MEGLHIORATTI, F. A.; CORAZZA, M. J.. *Discursos de professores em formação continuada acerca da relação entre a manipulação genética e a possibilidade de melhoramento em humanos*. Ciência & Educação (Bauru), v. 22, n. 3, p. 597–613, jul. 2016.

SM EDUCAÇÃO. *Ser protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias: Vida, Saúde e Genética: Ensino Médio*. Obra coletiva desenvolvida e produzida por SM Educação; editores responsáveis André Zamboni e Lia Monguilhotti Bezerra. 1. ed. São Paulo: SM Educação, 2020.

UNESCO. *Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos*. Tradução da Comissão Nacional da UNESCO - Portugal. Lisboa: UNESCO, 2006. Disponível em: <www.unesco.org/shs/ethics>. Acesso em: 05 mai. 2025.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. *Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens*. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 13, n. 3, p. 67–80, 2011.

APÊNDICE 1 – PRODUTO

Sequência didática - Bioética em biotecnologia

Manual do professor.

Caro professor.

Essa sequência didática tem como tema a bioética em biotecnologia. Ela serve para além das trilhas de aprendizagem dos itinerários formativos, mas ela foi pensada de modo a atingir as habilidades e competências da trilha de aprendizagem integrada: *Saúde traz felicidade?*. A Sequência didática aborda conceitos como Bioética, Biotecnologia, Transgênicos, DNA recombinante, Clonagem terapêutica e reprodutiva e Células-tronco.

Por meio desta sequência pretende-se que o estudante aprenda de maneira eficaz, crítica e interativa, para isso o ensino por investigação foi utilizado como abordagem que fundamenta o processo de elaboração das atividades propostas.

Dentro dessa abordagem, uma estratégia que se mostrou muito eficaz é o ensino por 7E's, uma metodologia que consiste em sete momentos pedagógicos a serem desenvolvidos de forma sequencial e integrada, promovendo um aprendizado mais profundo e significativo.

A intenção é auxiliar você professor e o estudante para um processo de ensino - aprendizagem mais dinâmico e significativo, promovendo a construção do conhecimento de forma ativa e participativa.

Além disso, a integração entre teoria e prática contribui para um aprendizado mais envolvente, estimulando tanto o professor quanto o estudante a explorarem novas formas de ensino e de aprendizado. Algumas das estratégias aqui pensadas contribuem para enriquecer esse processo, tornando-o mais eficaz e alinhado às necessidades contemporâneas da educação.

Aproveite a leitura e explore as possibilidades que cada abordagem proporciona. Que essa leitura inspire novas práticas, incentive o pensamento crítico e contribua para um ambiente educacional mais envolvente e transformador.

Boa jornada no ensino!

AGRADECIMENTOS

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

Agradeço a minha mãe, por me incentivar e apoiar para chegar até aqui. Ao meu marido Leandro e minhas filhas Victoria e Alice por seu amor, apoio incondicional e por sempre acreditarem em mim. À minha orientadora, Áurea Elizabeth Linder, por sua paciência, orientação e valiosas contribuições para este trabalho. Aos meus amigos, que foram meus parceiros durante esta jornada, oferecendo apoio e incentivo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

Orientações sobre o tema.....	100
Fase da Excitação (<i>Excitement</i>).....	103
Fase da Exploração (<i>Exploration</i>).....	116
Fase da Explicação (<i>Explanation</i>).....	134
Fase da Expansão (<i>Expansion</i>).....	140
Fase da Extensão (<i>Extension</i>)	156
Fase da Troca (<i>Exchanging</i>).....	160
Fase da Avaliação (<i>Evaluation</i>).....	163
Considerações finais	173

Sequência didática Manual do professor

TEMA: Bioética em Biotecnologia.

ORIENTAÇÃO SOBRE O TEMA: O tema bioética em biotecnologia está em expansão, isso porque cada vez mais a biotecnologia está presente em nossas vidas e, para um futuro sustentável, desenvolver e aplicar esse conhecimento é promissor.

Faz-se necessário abordar o tema a partir das aplicações atuais e relacionar com as possibilidades de utilização adequadas e responsáveis para essa tecnologia.

Mais do que informar, é preciso analisar, debater, e estimular o pensamento crítico nos estudantes para que eles possam decidir e opinar com propriedade sobre a biotecnologia e como ela pode impactar a nossa vida neste planeta.

Essa sequência didática pretende subsidiar as discussões sobre bioética em biotecnologia, permitindo aos estudantes uma visão a respeito dos temas transgênicos, clonagem reprodutiva e terapêutica, de maneira crítica e participativa.

OBJETIVO GERAL: Compreender os conhecimentos gerados pela genética molecular que se converteram em tecnologias importantes presentes no nosso dia a dia com reflexão sobre as questões éticas que permeiam essas tecnologias.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Os objetivos específicos estão divididos de acordo com seus focos de aprendizagem.

a) Para Compreensão dos conceitos fundamentais

1. Apresentar o que é bioética e como ela influencia decisões científicas e tecnológicas.
2. Explicar a relação entre biotecnologia, engenharia genética, clonagem, uso de células-tronco e organismos transgênicos.
3. Estimular a construção do conhecimento por meio da investigação e análise de imagens e textos apresentados em cartões temáticos, promovendo a leitura crítica, a interpretação de múltiplas linguagens e a formulação de hipóteses sobre os conceitos trabalhados.

b) Para o desenvolvimento do pensamento crítico

4. Analisar dilemas bioéticos em pesquisas genéticas e aplicações da biotecnologia.
5. Fomentar discussões relacionadas à bioética que tentam legitimar ou impedir a disseminação das biotecnologias.

c) Para desenvolver a aplicação prática do conhecimento.

6. Explorar exemplos reais de transgênicos e suas implicações na saúde e no meio ambiente.
7. Investigar casos de clonagem e suas aplicações médicas e científicas.

d) Para a formação de cidadãos conscientes

8. Estimular reflexões sobre impactos sociais, ambientais e econômicos da biotecnologia.
9. Promover discussões sobre regulamentação e desafios éticos da engenharia genética.

HABILIDADES TRABALHADAS

- Utilizar informações, conhecimentos e ideias resultantes de investigações científicas para criar ou propor soluções para problemas diversos (SANTA CATARINA, 2020, p. 368).
- Sistematizar, interpretar e divulgar os resultados das pesquisas realizadas no ambiente escolar, e entorno (SANTA CATARINA, 2020, p. 368).
- Problematicar a produção de alimentos saudáveis para a saúde humana (SANTA CATARINA, 2020, p. 369).
- Refletir sobre a bioética e suas implicações morais na saúde humana e no meio ambiente (SANTA CATARINA, 2020, p. 369).

COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DA ÁREA

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e

coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global (BRASIL, 2018, p. 539).

2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2018, p. 539).

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 539).

COMPETÊNCIAS GERAIS:

Conhecimento:

Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva (BRASIL, 2018, p. 9).

Pensamento científico, crítico e criativo:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL, 2018, p. 9).

Argumentação:

Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta (BRASIL, 2018, p. 9).

Empatia e cooperação:

Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza (BRASIL, 2018, p. 10).

Responsabilidade e Cidadania:

Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários (BRASIL, 2018, p. 10).

CONCEITOS TRABALHADOS

- Bioética
- Transgênicos
- Sequenciamento genético
- Clonagem terapêutica e reprodutiva
- Biotecnologia
- Dna recombinante
- Biologia sintética
- Células-tronco

Tema	Engenharia Genética
Série	1º, 2º ou 3º Ano
Componente Curricular	Biologia

Justificativa	A engenharia genética está presente no dia-dia dos estudantes, é um conhecimento relevante e atual. Além disso, essa tecnologia está em expansão e promete muitas aplicações na medicina, sociedade e na alimentação humana. Ensinar sobre a engenharia genética permite que os estudantes: • Compreendam os princípios e aplicações da engenharia genética no cotidiano (como organismos geneticamente modificados, terapias gênicas e edição genética); • Reflitam sobre implicações éticas, ambientais e sociais envolvidas no uso dessas tecnologias; • Desenvolvam habilidades cognitivas, como análise crítica, argumentação e tomada de decisão baseada em evidências e estabeleçam conexões entre ciência, tecnologia e sociedade. Desta forma, haverá conexão entre o conteúdo e as competências da BNCC promovendo uma formação integral.
Apresentação do tema	A engenharia genética é uma das áreas mais fascinantes e controversas da ciência atual. Ela permite alterar o DNA de seres vivos, oferecendo soluções para doenças, aumento da produtividade agrícola, e até projetos para trazer espécies extintas de volta à vida. Nessa atividade, os estudantes terão contato com algumas técnicas da engenharia genética e deverão, a partir dos seus conhecimentos prévios, elaborar hipóteses para determinar o que seria ou o que é possível fazer com determinada técnica. A atividade em questão corresponde à fase 1 do ciclo investigativo do 7E's denominado Excitação (<i>Excitement</i>) (KHASHAN, 2016) que, no ensino por investigação, corresponde à etapa da orientação (conceitualização) que propõe uma pergunta para motivar os estudantes para a investigação, a elaboração de hipóteses e questionamentos (SCARPA; CAMPOS, 2018). Além disso ao receber uma situação problema e investigar as aplicações tecnológicas envolvidas no mundo (BRASIL, 2018), o estudante estará sendo preparado para o desenvolvimento da competência de número 1 da área de Ciências da Natureza e da competência geral de conhecimento, onde os estudantes estarão exercitando a sua curiosidade intelectual, utilizando-se da investigação e da imaginação para elaborar e testar hipóteses (BRASIL, 2018).

Objetivos	• Apresentar a relação entre biotecnologia, engenharia genética, clonagem, uso de células-tronco e organismos transgênicos. • Explorar exemplos reais de engenharia genética e suas implicações na saúde e no meio ambiente. • Compreender o papel da formulação de hipóteses na construção do conhecimento científico, por meio da análise e interpretação de dados obtidos em uma situação-problema.
Número de aulas	2 aulas
Fase 1-	Excitação (<i>Excitement</i>). Introdução ao assunto, apresentação de uma pergunta problema. Nesta fase o professor aumenta a curiosidade do estudante para motivá-lo a aprender (KHASHAN, 2016).
Descrição da atividade	Nesta atividade o professor deverá organizar a turma em duplas ou trios. Após esse momento, o professor deverá distribuir a cada trio/dupla uma carta contendo uma situação-problema, sobre uma técnica de engenharia genética (apêndice 2). Os trios /duplas deverão ler a situação problema da carta e pensar sobre essa técnica de engenharia genética ali exposta. As cartas foram elaboradas para servir como gatilhos cognitivos trazendo uma situação real de engenharia genética relacionada a técnica de DNA recombinante, transgênicos, biocombustíveis, clonagem de animais, uso de células-tronco e biorremediação. Após realizarem a leitura, o professor (a) irá entregar a carta das hipóteses (apêndice 3). Essa carta serve para os trios/duplas escreverem uma hipótese de uso para a técnica previamente distribuída a eles. Ou seja, os trios/duplas, munidos de uma carta com uma situação-problema envolvendo uma técnica de engenharia genética, agora deverão em uma carta denominada hipóteses, formular uma hipótese de uso da técnica que eles têm em mãos. É importante destacar que “a hipótese tem um papel de articulação e de diálogo entre as teorias, as observações e as experimentações, servindo de guia à

própria investigação” (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002, p. 255). Desse modo, a elaboração de hipóteses deve privilegiar o pensamento do estudante sem se preocupar com o número de acertos. Os estudantes devem estar livres para errar.

A hipótese servirá para nortear a investigação na fase da pesquisa.

Essa atividade tem como objetivo descobrir quais os conhecimentos prévios que os estudantes têm sobre determinado tema. Desse modo, o professor pode programar para dar mais ênfase aos conteúdos com maiores lacunas para os estudantes. Além disso, objetiva-se despertar a curiosidade dos estudantes para motivá-los ao aprofundamento sobre as técnicas de engenharia genética e também a explorar exemplos reais de engenharia genética e suas implicações na saúde e no meio ambiente.

Recurso
utilizado:



Manual
do professor

Para cada carta de situação problema há uma resposta esperada. Mas vale ressaltar que o professor deve deixar os estudantes livres para elaborar suas próprias hipóteses, assim poderá identificar as lacunas do conhecimento e poderá ampliar o conhecimento do estudante.

Abaixo segue o gabarito sugerido para cada situação-problema relacionada à engenharia genética presente nas cartas.

Número 1

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você é um cientista que está pesquisando maneiras de obter mais alimentos disponíveis para a população. Você conseguiu extrair da bactéria (*Bacillus thuringiensis*) uma proteína (toxina Bt) que é tóxica aos insetos- praga.

Como usar essa técnica para obter mais alimentos?



Nesta carta, espera-se que os estudantes formulem a hipótese de que, por meio da técnica de engenharia genética, é possível inserir o gene responsável pela toxina Bt da bactéria *Bacillus thuringiensis* em plantas (milho), permitindo que estas passem a produzir a proteína inseticida e, assim, aumentem sua resistência a pragas e sua produtividade (NODARI; GUERRA, 2000).

Número 2

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seu colega estão trabalhando no cultivo de uma planta que tenha um conteúdo reduzido de lignina (biopolímero que dificulta o processo de fermentação para a produção de biomassa), para diminuir os custos de produção de biocombustíveis. Como essa planta pode auxiliar na produção de biocombustíveis?



Nesta carta, espera-se que os estudantes formulem a hipótese de que, criando uma planta com quantidade reduzida de lignina, esta terá mais chance de acesso às moléculas de celulose e hemicelulose, que são as principais fontes de açúcares fermentáveis usados na produção de etanol e outros biocombustíveis (TOLEDO, 2013). A lignina é uma macromolécula de estrutura complexa e resistente que impede que enzimas acessem os carboidratos da biomassa por isso, é necessário aplicar processos químicos ou físicos intensos para quebrar a lignina e liberar os açúcares, encarecendo a produção (TOLEDO, 2013) .

Com a engenharia genética seria possível reduzir a expressão dos genes responsáveis pela síntese da lignina, resultando em plantas com paredes celulares menos lignificadas.

Número 3

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas retiraram o DNA da célula mamária de uma ovelha. Retiraram de outra ovelha, um óvulo, no qual retiraram o núcleo. Uniram o DNA da primeira ovelha no óvulo anucleado e originaram um embrião jovem que foi implantado no útero de uma terceira ovelha. Após um tempo, nasceu a ovelha Dolly, geneticamente idêntica à doadora da célula mamária. O mais se pode fazer com essa técnica?



Espera-se que os estudantes formulem a hipótese de que, com essa técnica, seria possível clonar outras espécies de mamíferos (MEDEIROS, 2012).

Número 4

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Uma célula tronco totipotente é uma célula não especializada que tem grande potencial de regeneração de tecidos especializados. Essas células são obtidas de embriões. Vocês são um grupo de cientistas que utilizam embriões descartados para obter essas células. O que você fará com isso?



Espera-se que os estudantes formulem a hipótese de que, como as células tronco-embrionárias têm grande potencial de se diferenciar em praticamente qualquer tipo de célula do corpo humano, podem ser utilizadas em regeneração de tecidos e órgãos (OLIVEIRA; FELIPPE, 2022).

Número 5

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seus colegas são um grupo de cientistas que destruíram o núcleo de ovos de rãs (*Xenopus laevis*) pela exposição dos ovos à luz ultravioleta. Então transplantaram o núcleo de células dos embriões de rãs e girinos para os ovos sem núcleo. Criando um clone. O que é possível fazer com essa técnica?



Nesta carta, espera-se que os estudantes formulem a hipótese de que, com essa técnica, seria possível criar clones de outros seres vivos para fins diversos (a critério deles) (LEITE, 2019).

Número 6

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seus colaboradores utilizaram um vetor retroviral para introduzir 4 genes em fibroblastos (células musculares). As células foram então cultivadas em um meio que daria suporte para o crescimento de células tronco.

2 semanas depois essas células pareciam células-tronco embrionárias. O que fazer com essas células?



Essa técnica de células-tronco pluripotentes induzidas (iPSCs) evita questões éticas pois são obtidas a partir de células adultas reprogramadas. Espera-se que os estudantes formulem hipóteses referentes a terapias celulares, como regeneração de tecidos danificados ou até mesmo bioimpressão de órgãos futuramente (OLIVEIRA; FELIPPE, 2022).

Número 7

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seus colegas cientistas introduziram genes saudáveis em 10 crianças que apresentavam uma doença. Alguns pacientes mostraram melhora significativa. Entretanto, 3 pacientes desenvolveram leucemia posteriormente e um deles faleceu. O que pode ter ocorrido?



Espera-se que os estudantes levantem hipóteses sobre a rejeição, ou efeitos colaterais da terapia gênica. Um dos riscos conhecidos é a inserção acidental do gene terapêutico em regiões do DNA (FERREIRA et al., 2025) que ativam oncogenes, ou seja, genes que podem causar câncer, como demonstrado na carta acima.

Número 8

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Uma equipe de cientistas está trabalhando com micróbios geneticamente modificados. Muitas bactérias podem extrair metais pesados, como cobre, chumbo e níquel, a partir do meio e incorporar em compostos como sulfato de cobre ou sulfato de chumbo, prontamente recuperáveis. O que fazer com essa técnica?



Nesta carta, espera-se que os estudantes formulem hipóteses de que essa técnica pode ser utilizada para descontaminação de ambientes poluídos, recuperação de metais valiosos e também no tratamento de efluentes industriais (SCHENBERG, 2010).

Número 9

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você é um geneticista muito procurado para fazer sequenciamento genético de casais. Com esse sequenciamento você consegue verificar a possibilidade do filho desse casal nascer com alguma doença genética. O que pode ser feito com essa técnica?



Nesta carta, espera-se que os estudantes formulem hipóteses de que poderiam ser selecionados embriões sem a mutação por meio de uma fertilização *in vitro* (FERREIRA et al., 2025).

Número 10

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas conseguiram transferir um gene de uma proteína do sangue humano, antitrombina, para uma vaca que agora secreta a proteína em seu leite. Pacientes com uma rara doença hereditária, na qual a proteína não está presente, sofrem de formação de coágulos sanguíneos nos vasos. Em que essa descoberta pode auxiliar?



Espera-se que os estudantes formulem hipóteses de que, por meio da proteína antitrombina secretada no leite da vaca, seria possível tratar a doença em humanos por meio da ingestão do leite (FIORAVANTI, 2024) .

Número 11

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas descobriram um gene que ao ser inserido numa espécie de rato o torna infértil. O que fazer com essa descoberta?



Espera-se que os estudantes formulem hipóteses de que seria possível fazer o controle de pragas (OLIVEIRA, 2001).

Número 12

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas estavam escavando uma caverna e encontraram ossos de mastodontes. Ao realizar uma análise das células ósseas do mastodonte, foi possível encontrar DNA deste ser vivo em uma delas. O que pode ser feito com essa descoberta?



Espera-se que nesta carta os estudantes formulem hipóteses de ressurreição genética (desextinção da espécie) (GOMES et al, 2020) ou de reconstrução genética e evolução . Os cientistas podem comparar o DNA do mastodonte com o de elefantes modernos e mamutes para entender melhor a evolução dos proboscídeos (grupo dos elefantes).

Número 13

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seu colega cientista descobriram como uma bactéria chamada (*Bacillus anthracis*) que ao ser inalada pode causar problemas sérios como doenças pulmonares. O que pode ser feito com essa bactéria?



Nesta carta espera-se que os estudantes formulem hipóteses sobre o uso dessa bactéria para fins negativos, como o bioterrorismo, por exemplo. Essa carta servirá para abrir espaço para conversar sobre o uso da biotecnologia para fins negativos (BARTH, 2005).

Número 1- Carta da hipótese.

HIPÓTESES



Essa carta servirá para os estudantes em trios/ duplas escreverem as suas

	hipóteses a respeito da situação-problema que eles receberam.
--	---

Tema:	Explicação dos conceitos por meio de cartões
Justificativa	É importante que, após a elaboração das hipóteses, os estudantes tenham a oportunidade de conhecer as técnicas de engenharia genética,
Apresentação do tema	Neste tema, os estudantes entrarão em contato com as diversas possibilidades da engenharia genética com base nas cartas distribuídas na fase 1 Excitação (<i>Excitement</i>) da sequência didática. A engenharia genética é um ramo da biotecnologia que permite modificar o material genético de organismos vivos, introduzindo, removendo ou alterando genes com objetivos específicos. Ao manipular o DNA, cientistas conseguem promover mudanças que a natureza não faria sozinha, desde curar doenças a criar plantas mais resistentes. Tudo começa com o conhecimento do DNA, o “manual de instruções” da vida. Técnicas de engenharia genética, como a transgenia ou a edição por CRISPR-Cas9, permitem, identificar e isolar um gene de interesse (por exemplo, um gene que produz resistência a insetos) como nas cartas da atividade; Inserir esse gene em outro organismo (como o milho transgênico Bt) como nos transgênicos; ou até mesmo, fazer com que o novo organismo expresse a característica desejada. E, com essas técnicas, criam possibilidades como: Criação de plantas transgênicas que resistem a pragas, doenças ou falta de água; Produção de medicamentos como a insulina e terapias gênicas para tratar doenças genéticas; Uso de microrganismos modificados para retirar poluentes ou recuperar metais pesados do solo; Análise de DNA de fósseis, como o do mastodonte, para entender a história da vida na Terra. Portanto, tendo como inspiração o trabalho de Scarpa e Campos (2018) denominado “Possibilidades do ensino de biologia por investigação”, foram elaborados dois cartões com textos e imagens para serem distribuídos para cada trios/duplas. Um cartão contém as técnicas de biotecnologia molecular e outro cartão contém imagens e textos de técnicas de engenharia genética onde os estudantes poderão aprofundar seus conhecimentos a respeito da técnica

	entregue a eles na primeira rodada. A atividade proposta compreende no ciclo investigativo 7E's a fase 2 de Exploração (<i>Exploration</i>) (KHASHAN, 2016), que na abordagem do ensino por investigação corresponde à etapa de investigação, onde os estudantes farão o levantamento de dados para a busca por soluções das perguntas (SCARPA; CAMPOS, 2018) expostas na fase 1.
Objetivos:	Estimular a construção do conhecimento por meio da investigação e análise de imagens e textos apresentados em cartões temáticos, promovendo a leitura crítica, a interpretação de múltiplas linguagens e a formulação de hipóteses sobre os conceitos trabalhados.
Fase 2	Exploração (<i>Exploration</i>)- Nessa etapa, o professor busca satisfazer a curiosidade dos alunos capacitando-os a adquirir o significado dos conceitos fornecendo instruções e ferramentas adequadas oportunizando o trabalho em grupo e a investigação (KHASHAN, 2016).
Número de aulas	4 aulas ou 5 aulas de 45 minutos (3 horas).
Descrição da atividade	Após a elaboração das hipóteses e escrita na carta “hipóteses” (apêndice 3), os estudantes ainda dispostos nos trios/duplas, terão que pesquisar entre os cartões contendo os textos com conceitos e os cartões com as imagens das técnicas de engenharia genética (apêndice 4 e 5), aquelas que explicam e se encaixam com as cartas da situação- problema da fase 1. Os estudantes irão ler os cartões, observar e fazer comparativos para que atinjam o objetivo de conseguir a representação da técnica e o texto que a representa para apropriar-se do conceito. Aqui, eles revisitam as suas hipóteses, conferindo-as e corrigindo-as caso detectem equívocos na hipótese. Esse registro pode ser feito na carta de reavaliação da hipótese (apêndice 3). A partir disso, os estudantes discutirão e registrarão no caderno o que conseguiram identificar e inferir a partir dos materiais: • <i>O que isso tem a ver com biotecnologia?</i> • <i>e/ ou Que problema esse cartão apresenta?</i> Enquanto isso o professor provoca os estudantes com as questões:

	• <i>Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?</i> • <i>Há questões éticas envolvidas aqui?</i> Após esse momento o professor deverá entregar individualmente a ficha de autoavaliação do processo de aprendizagem aos estudantes a fim de detectar se e quais as duplas/trios que apresentam maiores dificuldades. Na próxima aula, por meio do retorno do professor, os estudantes poderão refletir sobre o que aprenderam, como aprenderam e o que ainda precisam desenvolver, de modo a estimular a consciência sobre o próprio processo de aprendizagem, essencial no ensino por investigação.
Recurso didático	Cartões contendo os principais conceitos relacionados a técnicas de biotecnologia (apêndice 4) e as imagens correspondentes a essas técnicas (apêndice 5). Abaixo estão representados em conjunto as imagens dos cartões dos apêndices 4 e 5 que, em seguida, serão apresentados de maneira reagrupada com cada cartão da Fase 1, aquele com a situação-problema correlacionada. Os cartões com os principais conceitos das técnicas de biotecnologia devem estar juntos com os cartões de representação da técnica para exploração dos estudantes. O ideal é que o professor os deixe juntos em uma única mesa e que os estudantes consigam achar por si só os cartões representativos da situação-problema da fase 1. Assim, estimulamos a troca de informações com os colegas, explorando, questionando, refletindo entre os cartões, proporcionando uma investigação ativa e colaborativa. Abaixo está o agrupamento dos cartões com conceitos da técnica de biotecnologia (Apêndice 4). O cartão número 1, com a cor em azul claro, não está relacionado diretamente com nenhuma das cartas com a situação-problema da fase 1. Este serve de apoio para o professor dar início à segunda fase do ciclo de aprendizagem por 7E's.



Abaixo está o agrupamento dos cartões com as representações das técnicas de biotecnologia (apêndice 5). O cartão de número 1, com a cor em verde, não está relacionado diretamente com nenhuma das cartas com a situação-problema da fase 1. Este serve de apoio para a explicação do DNA, da transcrição e da tradução do material genético.



Manual
professor

do Para cada cartão uma situação-problema está elencada.

Número 1

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você é um cientista que está pesquisando maneiras de obter mais alimentos disponíveis para a população. Você conseguiu extrair da bactéria (*Bacillus thuringiensis*) uma proteína (toxina Bt) que é tóxica aos insetos- praga. Como usar essa técnica para obter mais alimentos?



Transgênicos

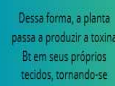


Fonte: Elaborado pela autora com base em EMBRAPA (2020).

Engenharia Celular

Título: Produção Transgênicos

A produção de milho com a inserção da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) representa um avanço significativo da biotecnologia na agricultura.



Dessa forma, a planta passa a produzir a toxina Bt em seus próprios tecidos, tornando-se resistente a pragas específicas, sem a necessidade de aplicação constante de defensivos agrícolas químicos.

Essa bactéria, encontrada naturalmente no solo, produz proteínas tóxicas para determinadas pragas, principalmente as lagartas que atacam plantações, como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), uma das principais ameaças à cultura do milho.



A tecnologia Bt consiste na inserção do gene da bactéria responsável pela produção dessa proteína inseticida no DNA do milho.

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão a questão ética envolvida é sobre os efeitos que a alteração do DNA do organismo pode causar, pois o gene enxertado pode ocasionar uma reação descontrolada no genoma (NODARI; GUERRA, 2000).

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta os organismos transgênicos.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

Sim, algumas questões de bioética são que novas pragas de insetos resistentes a inseticidas podem ocorrer (NODARI; GUERRA, 2000). É possível surgir espécies com fenótipos indesejáveis que podem se espalhar (NODARI; GUERRA, 2000). Alguns podem adquirir maior potencial de consequências adversas como a toxicidade, incluindo a carcinogenicidade.

A transferência de genes para a mesma ou outras espécies, contaminando as lavouras orgânicas (NODARI; GUERRA, 2000).

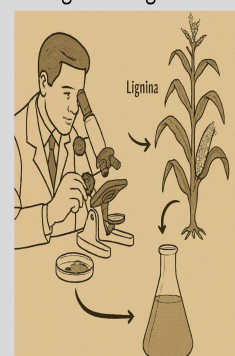
Número 2

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seu colega estão trabalhando no cultivo de uma planta que tenha um conteúdo reduzido de lignina (biopolímero que dificulta o processo de fermentação para a produção de biomassa), para diminuir os custos de produção de biocombustíveis. Como essa planta pode auxiliar na produção de biocombustíveis?



Engenharia genética



Microsoft Copilot. Imagem gerada por IA representando técnica de modificação genética para produção de biocombustíveis. 2025.

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão, a questão ética envolvida é que a alteração do DNA da planta para reduzir a sua lignina pode gerar desequilíbrios ecológicos e afetar a biodiversidade local.

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta o silenciamento gênico por RNA de interferência (RNAi), ou também edição genética por CRISPR-Cas9.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

Sim, algumas questões de bioética são as incertezas sobre os efeitos a longo prazo dessas modificações genéticas. A introdução de plantas geneticamente modificadas deve envolver diálogo com comunidades locais o que nem sempre acontece, e o monopólio da tecnologia, isto é, a existência de empresas que detêm patentes sobre sementes geneticamente modificadas pode controlar o acesso a essas tecnologias (SILVA, 2019).

Número 3

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas retiraram o DNA da célula mamária de uma ovelha. Retiraram de outra ovelha, um óvulo, no qual retiraram o núcleo. Uniram o DNA da primeira ovelha no óvulo anucleado e originaram um embrião jovem que foi implantado no útero de uma terceira ovelha. Após um tempo, nasceu a ovelha Dolly, geneticamente idêntica à doadora da célula mamária. Como mais se pode fazer com essa técnica?



Clonagem

Título: Como foi a clonagem da ovelha Dolly

Dolly foi o primeiro mamífero clonado a partir de uma célula somática adulta. Ou seja, ela é uma cópia perfeita e fêpuda de outra ovelha.

A ineficiência do processo de clonagem pode ser degradante: em 1996, 277 embriões clonados foram implantados, e só Dolly sobreviveu.

Ela morreu cedo, aos sete anos, em 14 de fevereiro de 2003, de uma doença pulmonar grave. A ovelha também sofria de artrite precoce, um entre os vários problemas a que animais clonados estão sujeitos.

Três mães contribuíram com seu nascimento. Uma forneceu o ovócito, a outra, os cromossomos que foram inseridos no núcleo desse ovócito. A terceira foi a responsável pela gestação.

Fonte: Como foi a clonagem da ovelha Dolly - Revista Galileu | Ciência

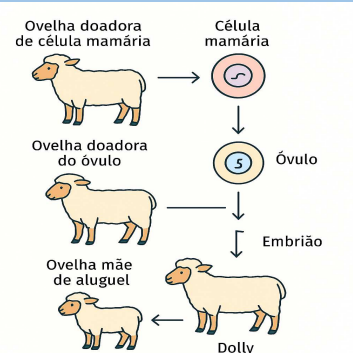


Figura 6 – Técnica de transferência nuclear de células somáticas utilizada para clonar a ovelha Dolly

Fonte: Elaborado pela autora com auxílio de inteligência artificial (Copilot, 2025).

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão a questão ética envolvida é sobre a necessidade da clonagem e os riscos que ela pode trazer ao clone (MEDEIROS, 2012).

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta a clonagem reprodutiva.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

Poderiam citar que a clonagem de animais pode estar relacionada com a experimentação científica em excesso (FURTADO, 2019), ou com a produção em massa para consumo. Além disso, envolve questões de patente do animal clonado.

Número 4

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Uma célula tronco totipotente é uma célula não especializada que tem grande potencial de regeneração de tecidos especializados. Essas células são obtidas de embriões. Vocês são um grupo de cientistas que utilizam embriões descartados para obter essas células. O que você fará com isso?



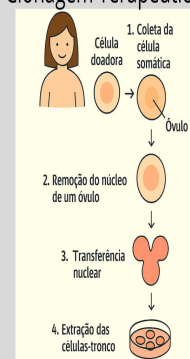
Engenharia Genética para Clonagem terapêutica
Título: Clonagem terapêutica pra regeneração de tecidos

Como funciona?

- 1- Remoção do núcleo de um óvulo humano.
- 2- Substituição pelo núcleo de uma célula somática do paciente.
- 3- Estimulação da divisão celular, formando um blastocisto.
- 4- Extração de células-tronco pluripotentes, que podem se diferenciar em diversos tipos de células.
- 5- Uso das células para regeneração de tecidos ou órgãos danificados.

Essa técnica tem potencial para tratar doenças como diabetes, lesões na medula espinhal e problemas cardíacos, pois permite a criação de tecidos compatíveis com o paciente, reduzindo riscos de rejeição.

Clonagem Terapêutica



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio de inteligência artificial (Copilot, 2025).

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão a questão ética envolvida é sobre o uso dos embriões que seriam descartados (OLIVEIRA; FELIPPE, 2022).

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta a clonagem terapêutica.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

Nesse cartão, a questão ética seria a concepção de quando a vida inicia. Para muitos, a vida se inicia na fecundação e portanto nesta concepção o uso dos embriões, mesmo que doados, seria inaceitável (OLIVEIRA; FELIPPE, 2022). Como essas tecnologias são caras e complexas, há o risco de que apenas uma parcela privilegiada da população tenha acesso a tratamentos derivados da clonagem terapêutica, ampliando desigualdades sociais (FERREIRA *et al.*, 2025).

Número 5

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seus colegas são um grupo de cientistas que destruíram o núcleo de ovos de rãs (*Xenopus laevis*) pela exposição dos ovos à luz ultravioleta. Então transplantaram o núcleo de células dos embriões de rãs e girinos para os ovos sem núcleo. Criando um clone. O que é possível fazer com essa técnica?

Transferência nuclear de células somáticas (SCNT, na sigla em inglês), um marco na biotecnologia reprodutiva.

No experimento descrito, os cientistas destruíram o núcleo original dos ovos de *Xenopus laevis* usando luz ultravioleta, eliminando seu material genético. Em seguida, retiraram este núcleo e transplantaram núcleos de células de embriões ou girinos para esses ovos enucleados.

O objetivo era reprogramar o material genético transplantado para que se comportasse como um zigoto, iniciando o desenvolvimento embrionário completo — ou seja, gerando um clone do organismo doador.

Esse tipo de clonagem foi essencial para entender a plasticidade do núcleo celular e demonstrou que células diferenciadas ainda conservam a informação genética necessária para formar um novo organismo (LEITE, 2019).

Transferência nuclear de células somáticas

Cientistas destruíram o núcleo de ovos de rãs (*Xenopus laevis*) pela exposição dos ovos à luz ultravioleta. Então transplantaram o núcleo de células dos embriões de rãs e girinos para os ovos sem núcleo.

> MICROSOFT COPILOT. Imagem gerada por IA representando experimento de clonagem em rãs *Xenopus laevis*. 2025.

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão a questão ética envolvida é sobre o bem estar animal e a possibilidade de por meio dessa técnica criar clones de outros animais (LEITE, 2019).

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta a técnica de transferência nuclear de células somáticas (clonagem) , na área de biotecnologia reprodutiva.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

Bem-estar animal Em experimentos com rãs ou outros animais, há preocupações sobre sofrimento, deformidades ou baixa taxa de sucesso . Isso levanta a questão: os benefícios científicos justificam os danos causados? Há também a questão da instrumentalização da vida, criar um ser vivo apenas como meio para pesquisa ou obtenção de tecidos pode ser considerado uma forma de desrespeito à dignidade biológica do organismo (BRAGA; FRANCO, 2013). Além disso, há A possibilidade de realizar por meio desta técnica a clonagem humana, envolver o descarte de embriões humanos, debates éticos sobre início da vida, seleção de sexo e eugenia (LEITE, 2019).

Número 6

SITUAÇÃO-PROBLEMA
Você e seus colaboradores utilizaram um vetor retroviral para introduzir 4 genes em fibroblastos (células musculares). As células foram então cultivadas em um meio que daria suporte para o crescimento de células tronco. 2 semanas depois essas células pareciam células-tronco embrionárias. O que fazer com essas células?

Engenharia Genética

Título: Células-tronco pluripotentes induzidas (iPSCs)

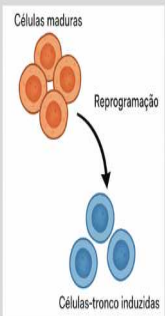
Essas células têm características muito semelhantes às células-tronco embrionárias, mas são obtidas a partir de células adultas reprogramadas, o que evita questões éticas relacionadas ao uso de embriões

3. Pesquisa em medicina regenerativa
As iPSCs podem ser usadas para desenvolver terapias celulares, como regeneração de tecidos danificados ou até mesmo bioimpressão de órgãos no futuro. Como são derivadas do próprio paciente, reduzem o risco de rejeição imunológica.

2. Diferenciação dirigida
As iPSCs podem ser induzidas a se diferenciar em tipos celulares específicos, como:
Neurônios (para estudar doenças neurodegenerativas).
Células pancreáticas (para pesquisas sobre diabetes).
Isso permite criar modelos celulares de doenças humanas e testar medicamentos de forma personalizada.

4. Considerações éticas e legais
Mesmo sendo uma técnica que evita o uso de embriões, é importante seguir protocolos de biossegurança e ética em pesquisa, além de registrar a linhagem celular criada.

Células tronco pluripotentes induzidas



MICROSOFT COPILOT. Imagem gerada por IA representando células-tronco pluripotentes induzidas (iPSCs), 2025.

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão, as questões éticas seriam o consentimento informado e uso de material biológico nas aplicações não terapêuticas e potencial de aprimoramento humano.

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta as células tronco induzidas.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

As questões éticas envolvidas são a utilização dessa técnica para aprimoramento genético (FERREIRA *et al.*, 2025), outra questão seria, o risco de desenvolver tumores ou outras consequências imprevisíveis.

Número 7

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seus colegas cientistas introduziram genes saudáveis em 10 crianças que apresentavam uma doença. Alguns pacientes mostraram melhora significativa. Entretanto, 3 pacientes desenvolveram leucemia posteriormente e um deles faleceu. O que pode ter ocorrido?

Terapia Gênica
Título: Riscos da terapia gênica

A terapia gênica representa uma das fronteiras mais promissoras da medicina moderna. A possibilidade de corrigir genes defeituosos responsáveis por doenças genéticas.

Um dos principais desafios associados à terapia gênica é a possibilidade de ativação inadvertida de oncogenes, genes que, quando ativados de forma errada ou descontrolada, podem desencadear o desenvolvimento de câncer.

Além disso, alguns pacientes podem apresentar respostas imunológicas indesejadas ao tratamento, o que pode comprometer o sucesso da terapia.

Até que ponto é aceitável correr riscos em tratamentos inovadores como a terapia gênica, mesmo quando há possibilidade de salvar vidas — mas também de provocar efeitos colaterais graves e imprevisíveis?

Terapia Gênica - Riscos e efeitos colaterais



Figura - Representação visual dos dilemas éticos e riscos da terapia gênica.

Figura - Representação visual dos dilemas éticos e riscos da terapia gênica.

Figura - Representação simbólica dos dilemas éticos e riscos associados à terapia gênica, como a ativação de oncogenes e as incertezas sobre seus efeitos colaterais. Imagem gerada por inteligência artificial (Microsoft Copilot, 2025).

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão a questão ética envolvida é sobre o funcionamento positivo das terapias gênicas.

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta os efeitos colaterais possíveis da terapia gênica.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

Algumas questões éticas envolvidas são o potencial uso para melhoramento genético humano (FERREIRA *et al.*, 2025). Outra questão envolve os riscos e as rejeições que a terapia pode trazer à saúde humana. O acesso por parte da população a essas terapias pode aumentar a desigualdade social (FURTADO, 2019).

Número 8

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Uma equipe de cientistas está trabalhando com micróbios geneticamente modificados. Muitas bactérias podem extrair metais pesados, como cobre, chumbo e níquel, a partir do meio e incorporar em compostos como sulfato de cobre ou sulfato de chumbo, prontamente recuperáveis. O que fazer com essa técnica?

Engenharia genética- BIORREMEDIAÇÃO

A expansão das atividades produtivas levou à contaminação dos solos por metais pesados (MP), considerado um problema global.

Nesta linha, uma técnica de remediação econômica e ambientalmente correta é a biorremediação microbiana, que através de bactérias, actinomicetos, fungos e algas atua na transformação da valência, biosorção, precipitação química extracelular e volatilização dos MP, passo-a- passo

Ao contrário dos poluentes orgânicos, os MP não podem ser decompostos por via biológica, física ou química, portanto, a remediação de locais contaminados por MP limita-se a alterar sua mobilidade e/ou toxicidade.

1. Seleção da bactéria nativa
2. Modificação genética
3. Ensaios em laboratório
4. Aplicação no ambiente contaminado
5. Monitoramento e contenção

Fonte: IV-006.pdf

Engenharia genética- Biorremediação de metais pesados

Biorremediação de metais pesados

Bactérias geneticamente modificadas

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão, a questão ética é a liberação de organismos geneticamente modificados no ambiente.

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta engenharia genética utilizada para a biorremediação.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

A liberação de organismos geneticamente modificados no meio ambiente pode gerar impactos nos ecossistemas (FERREIRA *et al.*, 2025), a transferência horizontal de genes para outras espécies (NODARI; GUERRA, 2000). A responsabilidade caso algo dê errado.

Número 9

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você é um geneticista muito procurado para fazer sequenciamento genético de casais. Com esse sequenciamento você consegue verificar a possibilidade do filho desse casal nascer com alguma doença genética. O que pode ser feito com essa técnica?

SEQUENCIAMENTO GENÉTICO

Sequenciar o exoma/genoma humano, por exemplo, pode auxiliar a identificação do quadro clínico e sua solução, mas nem sempre esse procedimento é o recomendado, uma vez que pode não haver tratamento para aquela doença.

De qualquer modo, optando-se pela realização do sequenciamento do exoma/genoma, emanam questionamentos acerca da revelação ou não dos resultados obtidos ao paciente e/ou a seus familiares. Eventualmente, o resultado pode não ser o esperado.

Descobertas incidentais podem ser encontradas. Os resultados podem ou não predizer a presença de uma doença. Além disso, nem todas as informações obtidas são claras, e muitas têm implicações clínicas inconclusivas.

Sequenciamento de dna



FONTE: Você sabe o que é sequenciamento do exoma? - Blog Mendelics

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão a questão ética envolvida é se o aparecimento da doença deve ou não ser informado ao paciente, uma vez que nem todas as doenças têm tratamento e cura médica.

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta o sequenciamento do genoma humano.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

Sim, uma delas está relacionada ao fato do paciente ser ou não ser informado sobre uma doença incurável. Outra coisa muito importante é sobre o uso dos dados do paciente (OSSEGE; GARRAFA, 2015). O sigilo desses dados deve existir para não comprometer o acesso do paciente aos planos de saúde, ou para evitar que a cobrança seja exagerada. E outra implicação ética muito importante é que essa tecnologia pode não ser acessível a todos, aumentando a desigualdade social e podendo ser utilizada para melhoramento humano (FERREIRA *et al.*, 2025).

Número 10

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas conseguiram transferir um gene de uma proteína do sangue humano, antitrombina, para uma vaca que agora secreta a proteína em seu leite. Pacientes com uma rara doença hereditária, na qual a proteína não está presente, sofrem de formação de coágulos sanguíneos nos vasos. Em que essa descoberta pode auxiliar?

DNA RECOMBINANTE
TEMA: INSERÇÃO DE GENE DA ANTITROMBINA

Cientistas conseguem inserir o gene humano que codifica a antitrombina (uma proteína que impede a formação de coágulos sanguíneos) no DNA de uma vaca. Esse gene é colocado sob o controle de um promotor específico que ativa sua expressão nas glândulas mamárias do animal. Resultado? A vaca passa a produzir leite contendo antitrombina humana.

Esse processo transforma a vaca em um "biorreator vivo". A proteína é então extraída do leite, purificada e usada como medicamento para pessoas com deficiência hereditária de antitrombina, uma condição rara que aumenta o risco de trombose.

Fonte: Caprinos, coelhos e vacas transgênicos produzem medicamentos para uso humano - Revista Pesquisa

Gene da antitrombina → Célula de vaca

Leite

Inserção do gene da antitrombina no leite da vaca

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão a questão ética envolve o bem estar animal, a manipulação da vida e os riscos ambientais.

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta uma técnica de engenharia genética, ou melhor, uma técnica de DNA recombinante.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

Sim, bem-estar animal: A modificação genética pode causar sofrimento aos animais. Por exemplo, alguns transgênicos apresentam problemas de saúde, como alterações no crescimento, gestação prolongada ou falhas no desenvolvimento.

Número 11

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas descobriram um gene que ao ser inserido numa espécie de rato o torna infértil. O que fazer com essa descoberta?



Edição genética - CRISPR-Cas9.

Os cientistas identificaram um gene essencial para a fertilidade do rato (Por exemplo, um gene envolvido na produção de espermatozoides ou no funcionamento dos ovários) e o inativaram ou modificaram usando CRISPR.

Isso cria um rato geneticamente modificado, infértil, útil para estudar doenças reprodutivas, testar métodos contraceptivos ou até controlar populações de roedores em ambientes naturais.




Edição genética - CRISPR Cas9.



Imagem gerada por IA (Microsoft Copilot) representando a edição genética com gene causador de infertilidade. > Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio da IA Copilot, 2025.

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão, a questão ética é sobre o bem estar animal, sobre a infertilização de outras espécies e a manipulação da vida.

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta a edição genética.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?*

Sim, essa técnica pode ser aplicada em outras espécies, inclusive humanas. Isso levanta preocupações sobre o uso futuro da edição genética para controle reprodutivo ou eugênia.

Número 12

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas estavam escavando uma caverna e encontraram ossos de mastodontes. Ao realizar uma análise das células ósseas do mastodonte, foi possível encontrar DNA deste ser vivo em uma delas. O que pode ser feito com essa descoberta?

Paleogenética - extração e análise de DNA antigo

Quando cientistas encontram fósseis bem preservados, como ossos de mastodontes, eles podem tentar extrair fragmentos de DNA das células remanescentes geralmente do interior dos ossos ou dentes, onde o material genético está mais protegido. Esse processo envolve:

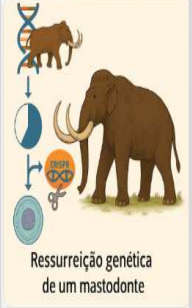
Coleta em ambiente controlado, para evitar contaminação com DNA moderno.

Extração do DNA usando reagentes químicos que quebram as células e liberam o material genético.

As partes degradadas do material genético do animal extinto normalmente são preenchidas com o DNA de alguma espécie atual. Ou pegam partes do DNA do animal extinto (alguns genes de interesse) e misturam com o DNA de uma espécie atual.

Amplificação por PCR (reação em cadeia da polimerase), que copia os fragmentos de DNA para que possam ser analisados. Sequenciamento genético, que revela a ordem das bases nitrogenadas e permite reconstruir partes do genoma do animal extinto.

Paleogenética - extração e análise de DNA antigo



Ressurreição genética de um mastodonte

Representação artística de uma possível técnica de desextinção do mastodonte, utilizando engenharia genética e edição do genoma de elefantes modernos com DNA recuperado de fósseis. Fonte: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. Ilustração digital de técnica de desextinção do mastodonte. 2025. Imagem gerada por IA para fins pedagógicos.

Respostas esperadas:

- *O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.

- *e/ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Neste cartão há uma questão ética sobre bem estar animal, desequilíbrio ecológico, uso da espécie para fins comerciais (GOMES *et al*, 2020).

- *Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?*

Essa imagem apresenta a técnica de paleogenética, biotecnologia e clonagem.

- *Há questões éticas envolvidas aqui?* Animais “revividos” podem sofrer com problemas de saúde, má adaptação ao ambiente atual ou isolamento social, já que não têm uma comunidade natural (GOMES *et al*, 2020). Além disso, podem comprometer o uso dos recursos e da biodiversidade (ROGERS, 2025). Há de se levar em consideração que esses animais podem ser trazidos à vida para fins comerciais (GOMES *et al*, 2020), como zoológicos e parques de visitação.

Número 13

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seu colega cientista descobriram como uma bactéria chamada (*Bacillus anthracis*) que ao ser inalada pode causar problemas sérios como doenças pulmonares. O que pode ser feito com essa bactéria?

Biologia sintética - bioterrorismo

Biologia sintética: Técnicas que permitem montar genomas inteiros em laboratório. Isso poderia, em tese, recriar organismos como o *B. anthracis* a partir do zero — o que exige regulação e ética extremamente rígida.

O bioterrorismo envolve a liberação intencional de vírus, bactérias ou toxinas para prejudicar pessoas, gado ou plantações. *Bacillus anthracis*, a causa do antraz, é um provável agente para tais ataques.

O antraz é uma escolha provável porque:
Ocorre naturalmente, pode ser feito em laboratório e dura em seu ambiente.
Pode ser liberado silenciosamente, sem que ninguém saiba. Esporos minúsculos podem ser colocados em pó, sprays, alimentos e água.
Você pode não ser capaz de ver, cheirar ou provar os esporos. Já foi usado como arma no passado.

Biologia sintética - Técnicas que permitem montar genomas inteiros em laboratório.

Síntese de genomas

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. Representação simbólica das biotecnologias envolvidas na manipulação genética de microrganismos como o *Bacillus anthracis*, destacando os desafios bioéticos e de biossegurança. 2025. Imagem gerada por IA para fins educativos.

Respostas esperadas:

- O que isso tem a ver com biotecnologia?*

Os cartões representam técnicas de biotecnologia que são utilizadas atualmente pela ciência.
- e/ ou Que problema esse cartão apresenta?*

O cartão apresenta um problema de bioética. Nesse cartão, a questão ética conforme Sabra *et al.* (2023) é que essas bactérias podem ser utilizadas para fins de bioterrorismo.

Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?

Essa imagem apresenta uma técnica de biologia sintética.
- Há questões éticas envolvidas aqui?*

Segundo o Centers for Disease Control and Prevention (2025) , a questão ética que permeia aqui é que a mesma biotecnologia usada para desenvolver vacinas ou estudar doenças pode ser usada para criar armas biológicas. Também pode ser utilizada para o desenvolvimento de armas biológicas, como já ocorreu no passado. Além disso, devemos nos preocupar sobre o acesso a essas biotecnologias nos perguntando: *Quem deve ter acesso a essas tecnologias? Como garantir que laboratórios e cientistas estejam seguindo normas éticas e legais?*

Avaliação do processo

Ficha de AutoAvaliação da Atividade — Biotecnologia em Imagens (apêndice 6).

Objetivo da atividade: Relacionar representações visuais e textos à técnica biotecnológica correspondente, desenvolvendo análise crítica e percepção ética.

Orientações para o estudante: Com base nos cartões analisados, registre suas observações no caderno e participe das discussões em grupo. Use os critérios abaixo para refletir sobre seu desempenho e marque um X no desempenho de cada critério. Escreva nas observações do estudante as suas dificuldades.

Critérios de AutoAvaliação

Critério	Excelente	Bom	Em Desenvolvimento
Relação com a biotecnologia	Estabelece conexões claras entre imagem/ técnica/ conceito. Usa vocabulário científico com propriedade.	Reconhece relações entre técnica e conceito com algumas lacunas.	Apresenta dificuldade para fazer conexões ou usar vocabulário adequado.
Análise Ética	Identifica e discute com profundidade questões éticas relevantes.	Reconhece que há implicações éticas, mas sem aprofundamento.	Não identifica ou não consegue discutir aspectos éticos.
Registro Reflexivo	Produz texto autoral com argumentos estruturados e coerentes.	Registra ideias com coerência, porém superficiais.	Registros fragmentados ou pouco claros.
Participação nas Discussões	Contribui ativamente com respeito e escuta aos colegas.	Participa pontualmente com algumas contribuições.	Apresenta pouca ou nenhuma participação nas trocas.

Espaço para observações do estudante:

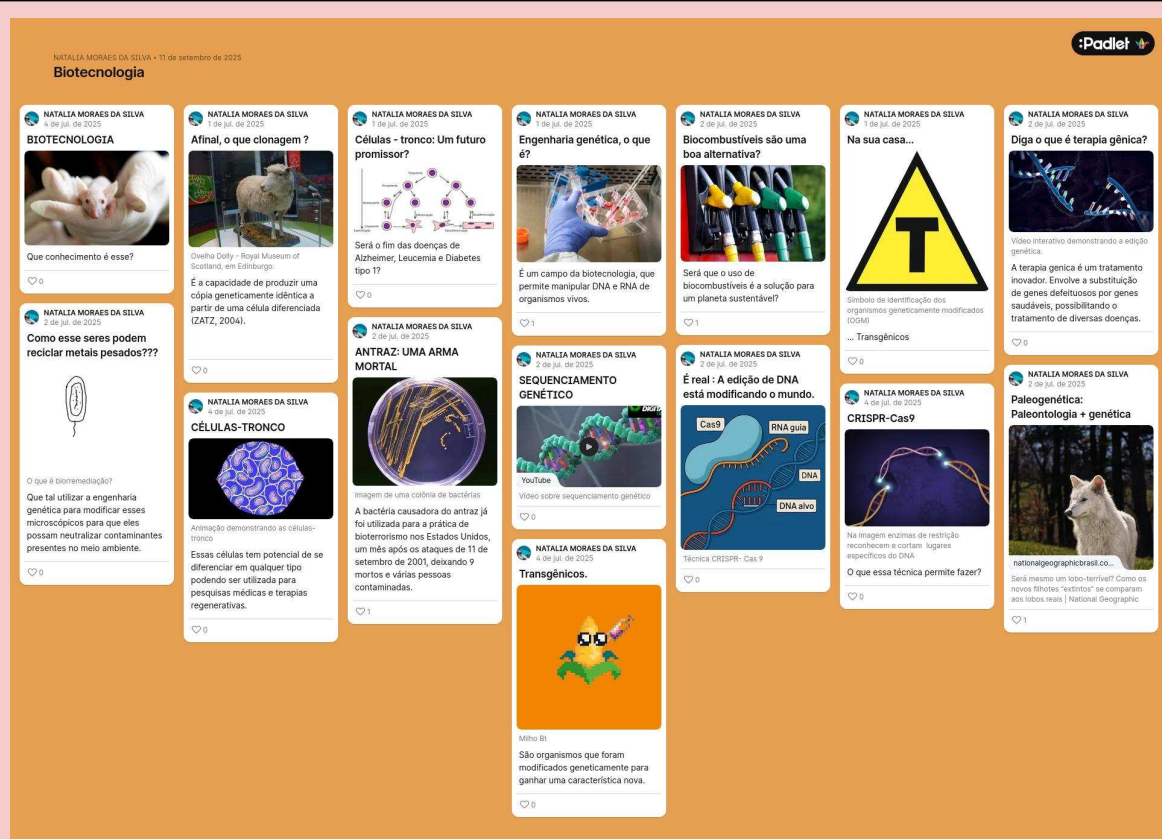
Espaço para observações do professor:

--	--

Tema	Construção de conceitos
Justificativa	A escrita é um momento importante no ensino por investigação, pois é por meio desse fenômeno que o estudante irá aprender o letramento científico, ou seja, aprender a linguagem da ciência (CARVALHO, 2018). Portanto, a proposta de construir conceitos em coletivo com os estudantes por meio de uma plataforma interativa e disponibilizar esse material para os estudantes consultarem sempre que preciso é uma estratégia metodológica que visa a apropriação dos principais conceitos dentro da biotecnologia. O professor poderá observar a partir da escrita autoral dos estudantes a clareza das ideias expostas, a estrutura do pensamento, os argumentos e o conhecimento por eles construído (CARVALHO, 2018), retomando e orientando nas possíveis lacunas do conhecimento.
Apresentação do tema	O que é CRISPR-Cas9? O que se pode fazer com isso? Como a ciência está progredindo para manipulação genética? A engenharia genética é uma realidade presente e que está em expansão. Mas como falar de transgênicos, de clonagem sem entender os mecanismos de biotecnologia envolvidos nesses processos? Ou ainda melhor: Como fazer com que os estudantes aprendam os conceitos envolvidos na engenharia genética por meio de uma abordagem investigativa? Para essas questões o tema: construindo conceitos traz uma proposta alinhada ao ensino por investigação, e a estratégia dos 7E's impulsionando o letramento científico dos estudantes. A fase da Explicação (<i>Explanation</i>), trabalha a interação dos estudantes na construção de conceitos com a orientação do professor para organizar os conhecimentos que foram adquiridos na fase da Exploração (<i>Exploration</i>) (KHASHAN, 2016). Essa fase de Explicação (<i>Explanation</i>) do ciclo investigativo 7E's corresponde a etapa conclusão no ensino por investigação onde os estudantes irão organizar e sistematizar “os dados e informações relevantes que poderão se constituir como

	evidências para a construção de explicações que respondam à questão” (SCARPA, CAMPOS, 2018).
Objetivos	• Compreender os principais conceitos relacionados à biotecnologia e técnicas de engenharia genética. • Produzir textos autorais que expressem com clareza o pensamento científico em linguagem acessível. • Utilizar vocabulário técnico e estruturas argumentativas próprias da ciência. • Aprimorar habilidades de escrita investigativa com foco em explicação, argumentação e síntese conceitual. • Construir conhecimento de forma coletiva por meio do diálogo, da escuta ativa e da cooperação entre pares. • Elaborar materiais interativos (mural virtual, por meio da plataforma Padlet) que possam ser consultados pela turma ao longo do processo.
Número de aulas	4 aulas de 45 minutos (3 horas).
Fase 3	Explicação (<i>Explanation</i>) - Nesta etapa os estudantes deverão construir o conceito com a orientação do professor. O professor auxilia os estudantes a elaborar o conceito com base nas informações coletadas na fase exploratória (KHASHAN, 2016).
Descrição da atividade	Nesse momento o professor solicita que os estudantes, ainda separados em trios/ duplas, elaborem uma construção coletiva do conceito. Para isso os estudantes deverão revisitar as suas hipóteses iniciais a fim de construir um novo conhecimento a respeito do tema inicial. O professor deixa os trios/duplas responsáveis pelos mesmos conceitos envolvidos na fase 1: Excitação (<i>Excitement</i>) e na fase 2: Exploração (<i>Exploration</i>). Com base nas descobertas feitas por meio da atividade da fase 2 Exploração (<i>Exploration</i>), os alunos irão formular em grupo um conceito provisório de biotecnologia e as principais técnicas de engenharia genética. O professor auxiliará os estudantes nesse processo, organizando os pensamentos e

	estruturando os conhecimentos adquiridos. Para essa construção coletiva dos conceitos, os estudantes poderão ser conduzidos para o laboratório de informática e lá eles deverão acessar a plataforma padlet, uma ferramenta virtual que consiste na elaboração de um mural interativo. A ferramenta permite que os usuários compartilhem o projeto, ideal para trabalho colaborativos (apêndice 7). Para escolas que não possuem esse acesso à tecnologia, o professor pode utilizar cartolinas e canetas coloridas e elaborar com os estudantes um mural com o conceito de biotecnologia e de algumas técnicas de biotecnologia. Aqui o professor terá a oportunidade de verificar as concepções dos estudantes e orientar acerca dos conceitos de biotecnologia. Após esse momento o professor organiza uma socialização e conduz um momento de síntese, complementando as definições com base nos conhecimentos científicos. Posteriormente o professor conduz e solicita uma síntese individual com reflexão. Cada aluno registra em seu caderno o conceito elaborado de biotecnologia, seguido de uma reflexão: • <i>O que aprendi que eu não sabia?</i> • <i>Quais dúvidas ainda tenho?</i>
Recurso utilizado	Modelo do padlet a ser desenvolvido em colaboração pelos estudantes (apêndice 7).



Modelo de mural que pode ser utilizado para a produção de conceitos de técnicas de biotecnologia na fase 3 de Explicação (*Explanation*). Elaborado pela autora.

QR CODE de acesso ao padlet modelo.



FONTE:  Padlet
<https://pt-br.padlet.com>

→ **Manual Básico de Uso do Padlet**

1. Criando sua conta

- Acesse <https://padlet.com>
- Clique em “Inscrever-se”
- Escolha se quer se cadastrar com Google, Microsoft ou e-mail
- Crie uma senha e pronto!

2. Criando um mural (Padlet)

- Após login, clique em “Criar um Padlet”
- Escolha o layout: Wall (Mural): postagens lado a lado
- Stream (Fluxo): postagens em linha vertical
- Grid (Grade): postagens em caixas organizadas
- Shelf (Prateleira): postagens em colunas
- Canvas: postagens conectáveis (ótimo para mapas mentais)

3. Personalizando o mural

- Dê um título e uma descrição
- Escolha o plano de fundo, ícone e cores
- Ative ou desative comentários e nomes dos autores
- Clique em “Próximo” e depois em “Start Posting”

4. Adicionando conteúdo

- Clique no botão “+” no mural
- Escolha o tipo de conteúdo: Texto, Imagem, Vídeo, Link, Arquivo, Desenho
- Escreva ou envie o conteúdo e clique em “**Publicar**”

5. Compartilhando com os alunos

- Clique em “**Compartilhar**”
- Copie o **link** ou gere um **QR Code**

	- Escolha se os alunos podem apenas visualizar, comentar ou editar 6. Privacidade e controle - Você pode definir quem pode ver ou editar: Privado: só você. Público com link: qualquer pessoa com o link. Convidados específicos: com e-mail ou conta Padlet
Manual do professor	O modelo acima é representativo de como poderá ficar a escrita coletiva. Mas vale lembrar que essa escrita deve ser autoral e, portanto, não constam gabaritos a respeito dos conceitos que os estudantes elaboram. Porém, para auxílio do professor, os principais conceitos de engenharia genética e de biotecnologia estão expostos aqui de modo a subsidiar o trabalho docente. Conceitos de Biotecnologia: Para fins desta sequência didática, adota-se o conceito de biotecnologia como o uso de técnicas modernas de biologia molecular e celular (FERNANDES, 2006). Engenharia genética: é a combinação de vários exemplares de material genético, ou seja, a transferência de um material genético para outro ser vivo o modificando (BARTH, 2005). Clonagem: Para fins dessa sequência a clonagem pode ser a capacidade de produzir uma cópia geneticamente idêntica a partir de uma célula diferenciada (ZATZ, 2004). Células-tronco: São células não diferenciadas, pluripotentes, ou seja, que podem dar origem a todos os tipos de células especializadas do corpo (SAIS, 2018). Terapia gênica: Técnica de edição genética que auxilia na retirada de alterações e desordens de origem genética (FURTADO, 2020). Transgênicos: Azevedo, Fungaro e Vieira (2000, p. 455) diz que um indivíduo transgênico “é um indivíduo geneticamente igual ao utilizado para receber a molécula de DNA recombinante, porém acrescido de uma nova característica genética, proveniente de outro, que não é da mesma espécie”. Transferência nuclear de células somáticas: Biorremediação: Biorremediação é um processo no qual organismos vivos, normalmente plantas ou microrganismos, são utilizados tecnologicamente para

	remover ou reduzir (remediar) poluentes no ambiente (GAYLARDE; BELLINASSO; MANFIO, 2005, p. 36). Sequenciamento genético: Consiste em mapear e analisar os genes contidos no DNA humano (OLIVEIRA, 2001). Edição genética - Técnica de biotecnologia capaz de selecionar um gene e atuar sobre ele (ALVES, 2019). CRISPR-Cas9: É um método de edição genética onde por meio da proteína Cas9, que é usada para a introdução, eliminação ou modificação de um gene; é possível performar, seja introduzindo ou retirando, um gene causador de um problema (ALVES, 2019). Paleogenética -Extração e análise de DNA antigo. Biologia sintética - bioterrorismo: Um gene (produtor de uma toxina por exemplo) sintético produzido em laboratório pode ser inserido em uma bactéria conferindo a ela uma nova característica (GRISOLIA, 2013). O interessante dessa ferramenta, o padlet, é que após a publicação da imagem com o conceito como legenda, há a possibilidade dos demais curtirem a publicação ou até mesmo comentá-la. Atividade essa, que permite mais interação dos estudantes na construção dos conceitos possibilitando maior riqueza e diversidade de perspectivas.
Avaliação	Nesta fase dos 7E's - (Explicação - <i>Explanation</i>) o professor poderá utilizar a avaliação por rubricas (apêndice 8) para realizar a avaliação da aprendizagem e desenvolvimento dos estudantes. A avaliação por rubricas é um método que organiza e deixa claro ao estudante os critérios de avaliação utilizados no processo de construção da pesquisa. Além disso, conforme Biagiotti (2005), os estudantes podem observar as rubricas e revisar a pesquisa antes de entregar ao professor, melhorando-a, uma vez que as rubricas demonstram as expectativas de desempenho que os estudantes precisam atingir em determinado conteúdo.

Tema	Aprofundamento dos conceitos
Justificativa	Para além da engenharia genética, é preciso perceber que existem técnicas que,

	apesar de possíveis de serem realizadas e muito promissoras, também despertam um alerta quanto ao seu uso. A biotecnologia, com certeza, surge para auxiliar o ser humano em diversos desafios do mundo moderno. Mas, assim como toda tecnologia emergente, traz preocupações de como, o quê e para quem essa tecnologia estará disponível e de que forma. Algumas técnicas podem solucionar graves problemas, trazendo mais eficiência, sustentabilidade e qualidade de vida para a sociedade. Outras tecnologias, ainda mais promissoras, como as vacinas recombinantes, cultivo celular e edição gênica (CRISPR) têm revolucionado a medicina, a agropecuária e a proteção ambiental, oferecendo soluções inovadoras para problemas históricos e emergentes. Porém, essas mesmas tecnologias abrem precedentes para o desenvolvimento de técnicas que envolvem implicações éticas complexas que precisam ser cuidadosamente consideradas por educadores, cientistas e pela sociedade em geral. Portanto, discutir temas que envolvem o campo da bioética é fundamental para formarmos cidadãos críticos e reflexivos frente às tecnologias do mundo moderno.
Apresentação do tema	O planeta está pedindo socorro. Somos em torno de 8 bilhões de humanos e 1,5 milhões de bovinos habitando a Terra. A fome ainda é um problema mundial. A diabetes não é mais uma doença considerada mortal. Órgãos e animais não-humanos podem ser clonados. As pessoas podem saber se possuem um gene de uma doença que ainda não se manifestou. Podemos misturar genes de outras espécies em uma espécie selecionada. Células podem ser reprogramadas e adquirir sua característica embrionária. Alimentos naturais estão mais raros e mais caros. O que será do futuro? Até em que ponto a ciência pode ir? Características genéticas podem ser selecionadas para “melhoramento genético”? Achar a cura para tantas doenças vai aumentar a população humana ainda mais? Quem tem o direito de saber sobre o meu DNA? Posso comer qualquer alimento modificado? Quem faz o cuidado de verificar se ele é próprio para consumo? Tantas indagações a respeito da biotecnologia são compreensíveis, afinal é uma ciência em expansão e ainda muitas dúvidas pairam sobre os conhecimentos e as aplicações dessa tecnologia pelos humanos. A biotecnologia que já era utilizada pelos nossos antepassados para

	fermentação de pães e bolos, cervejas e vinhos, hoje consegue manipular genes, dominar espécies e interferir na evolução de maneira ativa. Um conhecimento tão expressivo e com tanto poder deve ser discutido na concepção de que um conjunto de conhecimentos pode ser interessante para o bem comum dos seres humanos, mas que, sem consciência, pode afrontar os limites éticos e colocar a sociedade em risco. A fase Expansão (<i>Expansion</i>) do ciclo investigativo 7E's pretende aprofundar as questões éticas relacionadas ao uso das células-tronco e clonagem humana. Nessa fase, os estudantes são convidados a refletir sobre essas temáticas de maneira crítica, expandindo os conhecimentos sobre biotecnologia adquiridos nas fases anteriores. Desta forma, essa fase do ciclo permitirá o desenvolvimento das competências de argumentação, de empatia e cooperação e de responsabilidade e cidadania por meio do posicionamento ético perante a diversidade, os direitos humanos e a democratização das tecnologias.
Objetivos	• Apresentar o que é bioética e como ela influencia decisões científicas e tecnológicas. • Analisar dilemas bioéticos em pesquisas genéticas e aplicações da biotecnologia. • Explorar exemplos reais de transgênicos e suas implicações na saúde e no meio ambiente. • Investigar casos de clonagem e suas aplicações médicas e científicas. • Estimular reflexões sobre impactos sociais, ambientais e econômicos da biotecnologia. • Promover discussões sobre regulamentação e desafios éticos da engenharia genética.
Número de aulas	2 aulas de 45 minutos (1 hora e 30 minutos).
Fase 4 -	Expansão (<i>Expansion</i>) - Nesta fase, os estudantes utilizam os conhecimentos adquiridos e os aplicam em novas situações-problema para aprofundar esses conhecimentos.
Descrição da	Nesta fase, os estudantes receberão novas cartas sobre engenharia genética.

atividade	Essas cartas contêm situações-problema sobre clonagem e uso de células-tronco para pesquisa. Os estudantes, ainda em trios/duplas, irão ler as situações-problema e responder as perguntas expostas nas cartas. Após um tempo estimado (20 a 30 minutos), o professor promove uma roda de conversa para expor a situação-problema contida nas cartas e solicita aos estudantes que compartilhem as suas respostas e seus pensamentos. O objetivo é criar um debate sobre bioética na fase 6 Trocando (<i>Exchanging</i>), onde os estudantes irão partilhar os conhecimentos adquiridos. O professor munido das respostas esperadas contidas no manual do professor desta sequência didática, irá conduzir e mediar esse debate.
Recurso didático	Cartas da segunda rodada - Fase de Expansão (<i>Expansion</i>) (Apêndice 9). Abaixo está a imagem de todas as cartas dessa rodada contendo uma situação-problema 2, que serão apresentadas isoladamente na sequência.  The cards contain the following scenarios: - Card 17: You and your team of scientists manage to clone a mammoth and are thinking about cloning a human. What is the finality of this cloning? - Card 18: You and your team of scientists manage to clone a mammoth and are thinking about cloning a human. But there is a risk: how much to clone? And it's never going to be done! - Card 19: A team of scientists managed to clone a mammoth (a cow) and it's called Dolly. Dolly has many problems. As a rare animal, it's common in some places. Now, some scientists want to clone a human. Do you think it's possible? - Card 20: You are a geneticist who has been working on the genetic sequencing of a family. With this sequencing, you can select characteristics for a child. What do you think about this? - Card 21: A team of scientists managed to clone a mammoth and is thinking about cloning a human. Would you create a new human? Would you create a human with a specific trait? - Card 22: A team of scientists discovered a technique of cloning teratoma that consists in using cells of embryos created in a laboratory to select the treatment of diseases (degenerative disease of Alzheimer). Do you think it's possible? - Card 23: A team of scientists managed to clone a mammoth and is thinking about cloning a human. Do you think it's possible? - Card 24: You and your team of scientists managed to clone a mammoth, now you are thinking about cloning a human. What argument would you use to convince a society that cloning a human is inhumane? - Card 25: You and your team of scientists managed to clone a mammoth and are thinking about cloning a human for diseases of organs. Do you think it's possible? - Card 26: A team of scientists discovered a technique of cloning teratoma that consists in using cells of embryos to select the treatment of diseases (degenerative disease of Alzheimer). But you consider embryos as a form of life. Do you think it's possible? - Card 27: You are a geneticist who has been working on the genetic sequencing of a family. With this sequencing, you can select characteristics for a child. What do you think about this? - Card 28: You and your team of scientists managed to clone a mammoth and are thinking about cloning a human. Do you think it's possible? - Card 29: A stem cell is a cell that has the potential to regenerate tissues, being used to cure diseases. These cells are obtained from embryos. Scientists use embryos that were discarded to clone these cells. What is your opinion about this?
Manual do professor	

Carta 1

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano. Qual a finalidade dessa clonagem?



Espera-se que essa carta induza os estudantes a se questionarem qual seria a finalidade da clonagem. Podem surgir respostas como: para uso de órgãos, para trabalho, reprodução assistida para casais inférteis, usando o DNA de um dos parceiros. Substituição de entes queridos falecidos (MEDEIROS, 2012), o que levanta sérias questões éticas e psicológicas.

Ou preservação genética de indivíduos com características excepcionais, como resistência a doenças.

Carta 2

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano. Porém há riscos tanto para o clone quanto para a mãe de aluguel. Ainda é viável fazer o clone?



Espera-se que, para essa questão, os estudantes questionem a necessidade da criação do clone. E que reflitam que, se há tantos riscos, não seria viável a clonagem (MEDEIROS, 2012).

Carta 3

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas conseguiu clonar um mamífero (uma ovelha a qual deram o nome de Dolly). Dolly apresentou muitos problemas como, uma rara artrite, incomum em seres mais jovens. Agora esses cientistas pretendem realizar a clonagem de um humano. O que vocês acham disso?



Espera-se que os estudantes cheguem à conclusão de que se a ovelha Dolly apresentou doenças muito jovem, comprometendo a sua saúde (MEDEIROS, 2012), o clone humano também haveria grande possibilidade de apresentar doenças precocemente.

Carta 4

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você é um geneticista muito procurado para fazer sequenciamento genético de casais. Com esse sequenciamento você consegue selecionar características para o filho desse casal ao nascer. O que você acha disso?



Espera-se que os estudantes percebam que selecionar características para um embrião implica em intervenção na seleção natural. Isso pode acarretar em desaparecimento de características na espécie, que não se sabe dos riscos desse desaparecimento no futuro e, também, isso pode até mesmo induzir a processos eugênicos (FERREIRA *et. al.*, 2025).

Carta 5

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas conseguiu clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano. Seria ético criar um novo ser humano idêntico a algum de nós?



Essa carta permite pensar se seria ético criar um ser humano idêntico a algum de nós (MEDEIROS, 2012). Os estudantes podem responder que já existem seres humanos idênticos como os gêmeos univitelinos. Muitos estudantes têm a percepção de que um clone seria um irmão gêmeo e já “nasceria” com a mesma idade. É importante deixar claro que o embrião seria implantado em uma barriga de aluguel e seria mais jovem. Mas a questão é que os estudantes podem ter uma percepção de que ter um ser humano igual a si é bacana. Porém, espera-se que as respostas sejam que não seria ético criar um ser humano igual a outro, pois isso comprometeria a diversidade, a individualidade e integridade de cada ser humano. Uma vez que a clonagem pretende a uniformização da genética (OLIVEIRA, 2001), reconhecendo que cada ser humano é único, não apenas em sua genética, mas em sua história, experiências e relações. Que ao clonar alguém, corre-se o risco de tratar o novo indivíduo como uma “cópia” ou “propriedade”, ferindo o princípio da dignidade humana, pois a dignidade humana se projeta para além do material (OLIVEIRA, 2001).

Carta 6

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas descobriu uma técnica de clonagem terapêutica que consiste em pegar células de embriões humanos criados em laboratório para utilizar no tratamento de doenças degenerativas (doença de Alzheimer). O que você acha disso?



Espera-se que os estudantes tragam prós e contras a essas questões. Podem surgir muitas respostas como: De que seria interessante a cura de doenças. De que embriões são apenas células sem sistema ainda formado. De que esses embriões seriam descartados de qualquer maneira, pois não foram selecionados para a fertilização (LEITE, 2019). Mas também podem surgir questões de que um embrião pode ser considerado uma vida e interromper o seu desenvolvimento não seria ético (OLIVEIRA; FELIPPE, 2022).

Carta 7

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas conseguiu clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano. A quem pertenceria esse clone?



Essa situação hipotética levanta debates a respeito da individualidade do clone. Esse clone teria direitos? Ele pertenceria a alguém? (MEDEIROS, 2012) O clone seria considerado um ser humano como todos os de nascimento natural? Os estudantes podem argumentar que, embora geneticamente idêntico ao indivíduo original, o clone seria um ser único, com consciência própria, experiências distintas e direitos fundamentais garantidos pela dignidade da pessoa humana. Seria uma situação propícia para questionar os estudantes sobre os direitos de um indivíduo (OLIVEIRA, 2001).

Carta 8

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero, agora estão pensando em realizar a clonagem de um ser humano. Qual argumento você teria para convencer a sociedade científica que clonar um humano é interessante?



Essa carta é ideal para desenvolver os conceitos sobre a engenharia genética, o letramento científico e a argumentação. Seria interessante para o professor identificar se os estudantes conseguem fazer uso dos conhecimentos adquiridos para justificar uma prática.

Carta 9

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano para doações de órgãos. O que vocês acham disso?



Espera-se que os estudantes consigam refletir que a clonagem humana para uso de órgãos é eticamente inaceitável porque transforma o ser humano em um meio, e não em um fim. Ao criar um clone com o propósito exclusivo de extrair órgãos, nega-se a esse indivíduo o direito à autonomia, à dignidade e à vida plena. Essa prática viola o princípio fundamental da bioética: o respeito à pessoa humana (OLIVEIRA, 2001). Abre espaço para a instrumentalização da vida, tratando o clone como um recurso biológico descartável.

Carta 10

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas descobriu uma técnica de clonagem terapêutica que consiste em pegar células de embriões para utilizar no tratamento de doenças degenerativas (doença de Alzheimer) . Mas você considera embriões uma forma de vida?



Essa carta permite muitas reflexões. Não se pretende que os estudantes respondam com bases científicas, filosóficas ou religiosas. Mas pretende-se, por meio desta carta, identificar as concepções e os conhecimentos que os estudantes possuem sobre o que é vida e quando ela se inicia (OLIVEIRA; FELIPPE, 2022). Para fins do professor complementar essa resposta, sugere-se o texto abaixo:

Para alguns, a vida começa na fecundação, quando o óvulo e o espermatozóide se unem e formam um ser com carga genética única. Visão esta, defendida pela genética e por religiões.

Já a embriologia considera que a vida se inicia no terceiro mês de gestação (9 semanas). A visão neurológica propõe que a vida começa com a atividade cerebral, enquanto a ecológica associa o início da vida à capacidade de sobrevivência fora do útero. Por outro lado, correntes filosóficas e jurídicas argumentam que o embrião ainda não possui consciência, autonomia ou personalidade jurídica plena, sendo considerado apenas uma vida potencial. No Brasil, por exemplo, o artigo 2º do Código Civil afirma que a personalidade começa com o nascimento com vida, embora proteja os direitos do nascituro

desde a concepção (MAGALHÃES, 2025).

Carta 11

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você é um geneticista muito procurado para fazer sequenciamento genético de casais. Com esse sequenciamento você consegue verificar a possibilidade do filho desse casal nascer com alguma doença genética. Todos poderão ter acesso à essa tecnologia?



Espera-se que essa carta desperte para uma percepção de que as pessoas mais vulneráveis têm dificuldades de ter acesso às novas tecnologias da saúde (FERREIRA *et al.*, 2025). Visto que essas comunidades vulneráveis ainda enfrentam dificuldades até para garantir atendimento básico e medicamentos. Portanto, dificilmente todos terão acesso ao sequenciamento genético ao ponto de verificar a possibilidade de um descendente vir com uma doença. E essa falta de acesso poderia aumentar as desigualdades sociais, trazendo ainda mais privilégios a uma camada populacional, podendo até mesmo reforçar um processo eugênico (FERREIRA *et al.*, 2025).

Carta 12

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um ser humano. Descreva resumidamente como será a vida deste clone.



Essa carta tem o objetivo de possibilitar aos estudantes uma reflexão profunda sobre os direitos individuais. Espera-se que os estudantes reflitam que, apesar desse clone (se fosse possível a sua criação) ser a cópia de um ser vivo já existente, o clone teria os mesmos direitos humanos que qualquer pessoa. Seria considerado um indivíduo autônomo, não propriedade de quem o originou e que qualquer tentativa de controlar sua vida ou usá-lo como “recurso biológico” seria uma violação da dignidade humana (OLIVEIRA, 2001).

Carta 13

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma célula tronco é uma célula não especializada que tem grande potencial de regeneração de tecidos podendo ser usada para curar doenças. Essas células são obtidas de embriões. Cientistas utilizam embriões que seriam descartados para obter essas células. Qual é a sua opinião sobre isso?



Nesta carta espera-se que os estudantes reflitam sobre o potencial que esses embriões que seriam descartados têm. Além disso, as células-tronco têm grande potencial para regenerar tecidos e curar doenças, o que poderá beneficiar muitas pessoas.

Tema	Relacionar conceitos aprendidos com outros conceitos
Justificativa	No ensino por investigação a etapa de Extensão (<i>Extension</i>) o professor deverá auxiliar os estudantes a relacionar os conteúdos/conceitos aprendidos em sala de aula a novas situações, contextos ou problemas reais. Ao promover essa articulação, fomenta-se o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como a análise, a aplicação e a síntese, além de estimular a autonomia intelectual e a visão crítica dos alunos sobre temas científicos, éticos e sociais. Dessa forma, a etapa de Extensão (<i>Extension</i>) não apenas fortalece a compreensão conceitual, mas também potencializa o protagonismo dos estudantes no processo de construção do conhecimento. Essa fase de Extensão (<i>Extension</i>) do ciclo de aprendizagem 7E's corresponde à investigação onde os

	estudantes irão coletar informações.
Apresentação do tema	Neste tema a ideia é conversar sobre bioética. Para isso, algumas questões serão aplicadas para cada dupla/trio com o objetivo de promover discussões sobre os desafios relacionados às técnicas de biotecnologia e a regulamentação vigente. Os estudantes irão conversar entre eles a fim de verificar a diversidade de pensamentos, valores e opiniões sobre o tema e multiplicar o leque de interpretações e compreensões sobre os impactos éticos, sociais e científicos da biotecnologia. A proposta visa fomentar o pensamento crítico e reflexivo dos estudantes, permitindo que eles reconheçam e respeitem a pluralidade de perspectivas no campo da bioética. Além disso, esse diálogo colaborativo entre estudantes promove a construção coletiva do conhecimento, estimula o desenvolvimento da argumentação e reforça a importância de decisões informadas e conscientes diante dos avanços da biotecnologia.
Objetivos	• Promover aos estudantes discussões relacionadas à bioética que tentam legitimar ou impedir a disseminação das biotecnologias. • Promover discussões sobre regulamentação e desafios éticos da engenharia genética.
Número de aulas	2 Aulas de 45 minutos (1 hora 30 minutos).
Fase 5 -	Extensão (<i>Extension</i>) Nesta fase o professor auxilia os estudantes a relacionar os conceitos aprendidos. Para isso, as perguntas elaboradas serão fundamentais nesse processo (KHASHAN, 2016).
Descrição da atividade	O professor com base nas respostas apresentadas na fase 4 Expansão (<i>Expansion</i>) poderá conduzir agora um debate instigando os estudantes a pensar mais profundamente sobre os limites da biotecnologia. Para isso, algumas perguntas são colocadas aqui como possibilidades para despertar o debate bioético (apêndice 10). <i>1- Modificar genes para curar doenças é sempre ético? E se for para melhorar</i>

habilidades físicas ou cognitivas?

2- Você acha justo que apenas pessoas com dinheiro tenham acesso à edição genética?

3- Até que ponto devemos intervir na natureza? Existe um limite ético para a manipulação genética?

4- Se pudéssemos eliminar todas as doenças genéticas, deveríamos fazê-lo mesmo que isso alterasse a diversidade humana?

5- É ético modificar embriões humanos para evitar doenças? E para escolher características como cor dos olhos?”

6- A clonagem de seres vivos pode ser considerada uma forma de desrespeito à individualidade?

É possível o professor usar essas reflexões para fazer Conexão com princípios da bioética

O professor pode guiar os alunos para relacionarem suas respostas com os quatro pilares da bioética:

- **Autonomia:** direito de decidir sobre o próprio corpo e genética.
- **Beneficência:** promover o bem por meio da ciência.
- **Não maleficência:** evitar danos, mesmo que não intencionais.
- **Justiça:** garantir acesso equitativo às tecnologias.

O professor pode pedir para que cada trio/dupla responda uma questão e posteriormente o professor pode solicitar que seja feita uma roda de conversa, onde cada trio/dupla exponha a sua percepção sobre a pergunta que lhe foi dada. O professor pode abrir para os demais estudantes colocarem seus pontos de vista e assim conduzir um debate sobre questões éticas.

O professor pode citar a lei de biossegurança, nº 11.105, de 24 de março de 2005, para explicar o capítulo VIII, que prevê os crimes e as penas relacionados

	à engenharia genética no Brasil.
Recurso didático	Cartão de perguntas da fase 5- Extensão (<i>Extension</i>) (apêndice 10). Fase 5- Extensão (<i>Extension</i>)  1- Modificar genes para curar doenças é sempre ético? E se for para melhorar habilidades físicas ou cognitivas? 2- Você acha justo que apenas pessoas com dinheiro tenham acesso à edição genética? 3- Até que ponto devemos intervir na natureza? Existe um limite ético para a manipulação genética? 4- Se pudéssemos eliminar todas as doenças genéticas, deveríamos fazê-lo mesmo que isso alterasse a diversidade humana? 5- É ético modificar embriões humanos para evitar doenças? E para escolher características como cor dos olhos?" 6- A clonagem de seres vivos pode ser considerada uma forma de desrespeito à individualidade?  
Manual do professor	Para as perguntas acima citadas espera-se que os estudantes formulem as seguintes respostas: <i>Modificar genes para curar doenças é sempre ético? E se for para melhorar habilidades físicas ou cognitivas?</i> 1- Espera-se que o estudante consiga construir um pensamento de que se for utilizar esses genes modificados para curar doenças é válido. Mas, se esses genes modificados forem utilizados para melhoramento humano, neste caso, não seria ético. Pois, poderia ser utilizado para contribuir para a eugenia. Uma vez que, essa tecnologia não será de acesso a todos. 2- Você acha justo que apenas pessoas com dinheiro tenham acesso à edição genética? Espera-se que os estudantes reflitam que o acesso à tecnologias que auxiliam a saúde deveria ser de todos. Inclusive dois princípios da bioética, a Beneficência

que consiste em promover o bem por meio da ciência e a **Justiça** que consiste em garantir acesso equitativo às tecnologias que garantem esse direito. Portanto, não é justo que poucos tenham acesso.

3- Até que ponto devemos intervir na natureza? Existe um limite ético para a manipulação genética?

Essa pergunta desperta muitas questões, pois o limite seria definido no risco dos impactos irreversíveis (NODARI, GUERRA, 2000).

4- Se pudéssemos eliminar todas as doenças genéticas, deveríamos fazê-lo mesmo que isso alterasse a diversidade humana?

A questão de eliminar as doenças é interessante, mas irá gerar uma intervenção na seleção natural. Além disso, eliminar doenças pode implicar no “padrão de normalidade” ideal.

5- É ético modificar embriões humanos para evitar doenças? E para escolher características como cor dos olhos?

Espera-se que os estudantes reflitam que não é ético mudar características nos embriões, como por exemplo, a cor dos olhos. Essa atitude pode virar uma mercantilização da vida e levar a processos eugênicos (.

6- A clonagem de seres vivos pode ser considerada uma forma de desrespeito à individualidade?

Sim, pois gera dilemas sobre a individualidade, direitos do clone e sobre a reprodução artificial da vida.

Tema	Trocando experiências
Justificativa	No ensino por investigação a etapa de Troca (<i>Exchanging</i>) dos conhecimentos adquiridos são de suma importância. É extremamente importante que os estudantes tenham um espaço para externalizar aquilo que eles estão

	pensando, explicando e divulgando as suas descobertas. Por isso, este momento é reservado para os estudantes exporem o que foi produzido ao longo do ciclo de aprendizagem na fase 1 - Excitação (<i>Excitement</i>) com o levantamento de hipóteses; fase 2 - Exploração (<i>Exploration</i>) com a leitura dos cartões e relação com as cartas da fase 1; fase 3 - Explicação (<i>Explanation</i>) com a elaboração do mural no aplicativo Padlet e/ou cartaz; fase 4 Expansão (<i>Expansion</i>) com as segunda fase de cartas relacionadas aos temas de clonagem terapêutica e reprodutiva; e na fase 5 - Extensão (<i>Extension</i>) com a reflexão de temas que envolvem a bioética. Desse modo, pretende-se atingir os objetivos de socializar os conhecimentos adquiridos pelos estudantes por meio da apresentação e discussão coletiva das produções desenvolvidas em cada fase do ciclo de aprendizagem e estimular o protagonismo estudantil ao incentivar que os alunos organizem, compartilhem e reflitam sobre suas descobertas, contribuindo ativamente para a construção coletiva do conhecimento.
Apresentação do tema	A troca de experiências é um momento muito rico para o compartilhamento dos conhecimentos adquiridos durante o ciclo de aprendizagem. Nessa fase, é possível realizar seminários para que os estudantes partilhem as suas descobertas com os colegas. O professor pode aproveitar esse momento para conduzir debates, identificar equívocos, sanar dúvidas e realizar o fechamento do conteúdo. É um momento a ser explorado e valorizado pois assim o conhecimento se constrói e cada de forma colaborativa, e cada estudante se torna protagonista do próprio aprendizado. Essa prática favorece a escuta ativa, o respeito às diferentes perspectivas e o desenvolvimento da argumentação, fortalecendo a autonomia intelectual dos estudantes. Ao compartilharem suas descobertas, eles ampliam seu repertório, reafirmam os conhecimentos adquiridos e constroem novas conexões a partir do diálogo com os colegas e com o professor. Essa fase de Troca (<i>Exchanging</i>) do ciclo de aprendizagem por 7E's corresponde à etapa de conclusão dentro da abordagem do ensino por investigação. Onde os estudantes deverão comunicar os resultados obtidos no processo por meio da troca de saberes (SCARPA E

	CAMPOS, 2018).
Objetivos	• Apresentar o que é bioética e como ela influencia decisões científicas e tecnológicas. • Promover a socialização dos conhecimentos adquiridos pelos estudantes por meio da apresentação e discussão coletiva das produções desenvolvidas em cada fase do ciclo de aprendizagem. • Estimular o protagonismo estudantil ao incentivar que os alunos organizem, compartilhem e reflitam sobre suas descobertas, contribuindo ativamente para a construção coletiva do conhecimento.
Número de aulas	2 Aulas de 45 minutos (1 hora 30 minutos).
Fase 6 -	Trocando (<i>Exchanging</i>) Este é o momento que os estudantes trocam experiências. Para isso, o professor organiza, auxilia na elaboração de material para a troca de experiências nesta fase (KHASHAN, 2016).
Descrição da atividade	Este momento é reservado para os estudantes exporem o que foi produzido ao longo do ciclo de aprendizagem na fase 1 - Excitação (<i>Excitement</i>) com o levantamento de hipóteses; fase 2 - Exploração (<i>Exploration</i>) com a leitura dos cards e relação com as cartas da fase 1; fase 3 - Explicação (<i>Explanation</i>) com a elaboração do mural no aplicativo Padlet e/ou cartaz; fase 4 Expansão (<i>Expansion</i>) com as segunda fase de cartas relacionadas aos temas de clonagem terapêutica e reprodutiva; e na fase 5 - Extensão (<i>Extension</i>) com a reflexão de temas que envolvem a bioética. Para isso, o professor pode organizar uma socialização na sala de aula ou no pátio da escola, com cartazes, murais, com textos e imagens ou até mesmo um seminário com explanação em slides. Os estudantes irão compartilhar os conhecimentos obtidos nas 5 fases do ciclo de aprendizagem 7E's com os demais estudantes ou até mesmo com outras turmas.
Recurso didático	Modelo de apresentação de seminário. Elementos que devem ser abordados pelos estudantes no momento de troca (apêndice 11). No modelo abaixo estão os momentos pedagógicos que foram abordados durante todo o ciclo de aprendizagem dos 7E's e que devem ser abordados no seminário.

	FASE 1 SITUAÇÃO-PROBLEMA Você é um cientista que está pesquisando maneiras de obter mais alimentos disponíveis para a população. Você conseguiu extrair da bactéria (<i>Bacillus thuringiensis</i>) uma proteína (toxina Bt) que é tóxica aos insetos-praga. Como usar essa técnica para obter mais alimentos? HIPÓTESES FASE 2  Toxina Bt Engenharia Celular Título: Produção Transgênicos Essa bactéria, encontrada naturalmente no solo, produz proteínas tóxicas para determinadas pragas, principalmente as lagartas que atacam plantações, como a lagarta-do-carucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>), uma das principais ameaças à cultura do milho. A produção de milho com a inserção da bactéria <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) representa um avanço significativo da biotecnologia na agricultura. Dessa forma, a planta passa a produzir a toxina Bt em seus próprios tecidos, tornando-se resistente a pragas específicas, sem a necessidade de aplicação constante de defensivos agrícolas químicos. A tecnologia Bt consiste na inserção do gene da bactéria responsável pela produção dessa proteína inseticida no DNA do milho. FASE 3 Transgênicos.  Milho Bt São organismos que foram modificados geneticamente para ganhar uma característica nova. FASE 4 SITUAÇÃO-PROBLEMA 2 Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano. Qual a finalidade dessa clonagem? FASE 5 Fase 5- Extensão (Extension) 1- Modificar genes para curar doenças é sempre ético? E se for para melhorar habilidades físicas ou cognitivas? 2- Você acha justo que apenas pessoas com dinheiro tenham acesso à edição genética? 3- Até que ponto devemos intervir na natureza? Existe um limite ético para a manipulação genética? 4- Se pudéssemos eliminar todas as doenças genéticas, deveríamos fazê-lo mesmo que isso alterasse a diversidade humana? 5- É ético modificar embriões humanos para evitar doenças? E para escolher características como cor dos olhos? 6- A clonagem de seres vivos pode ser considerada uma forma de desrespeito à individualidade? REAVLIAÇÃO DA HIPÓTESE
--	--

- O que isso tem a ver com biotecnologia?
- e/ ou Que problema esse cartão apresenta?
- Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?
- Há questões éticas envolvidas aqui?

Tema	Avaliação
Justificativa	Avaliar o aprendizado dos estudantes é fundamental para revisar o processo de ensino. A avaliação deverá acontecer processualmente, isso significa que o professor deverá estar atento a cada fase do ensino por investigação, orientando o seu estudante para possíveis lacunas e equívocos. Nesse momento final o que se espera é que os estudantes demonstrem progresso no letramento científico e nas reflexões éticas envolvidas na tecnologia da engenharia genética Na abordagem do ensino por investigação, a avaliação é meio de reflexão do ciclo, devendo demonstrar a efetivação dos procedimentos e conhecimentos adquiridos durante o processo (SCARPA, CAMPOS, 2018).
Apresentação	A avaliação final do ciclo pretende revisar os objetivos do ciclo de modo a

do tema	verificar a aprendizagem dos estudantes, bem como verificar o desenvolvimento das habilidades propostas no Currículo Base do Território Catarinense (SANTA CATARINA, 2020) selecionadas para o desenvolvimento da trilha de aprofundamento integrada <i>Saúde traz felicidade?</i> Busca verificar o percurso formativo do estudante durante o processo, verificando se as habilidades previstas na trilha de aprofundamento e as competências do CBTC foram atingidos. Além disso, a avaliação permite verificar o trabalho desenvolvido pelo professor, as dificuldades apresentadas pelos estudantes e as lacunas que ainda permeiam o conteúdo, possibilitando a retoma dos objetivos e/ou fortalecimento dos conceitos ainda não desenvolvidos pelos estudantes.
Objetivos	• Verificar o processo de ensino e aprendizagem. • Realizar retomada de conceitos e habilidades referentes ao conteúdo. • Redefinir estratégias de intervenção sobre os conceitos e habilidades que não obtiveram resultados satisfatórios.
Número de aulas	2 Aulas de 45 minutos - 1h 30 m
Fase 7 -	Avaliação (<i>Evaluation</i>) Nesta fase, o professor deverá verificar os conceitos aprendidos pelos estudantes em sala de aula e proporcionar o retorno. O processo avaliativo poderá ser feito em cada fase do ciclo investigativo (KHASHAN, 2016).
Descrição da atividade	A primeira avaliação servirá para verificar a aprendizagem de habilidades elencadas no início da trilha de aprofundamento. Estas habilidades estão presentes no CBTC, ligadas ao eixo de investigação científica e ao objeto de conhecimento bioética. A avaliação contém 5 questões objetivas de múltipla escolha para aferição do desenvolvimento das habilidades selecionadas para a elaboração da sequência didática (apêndice 12). A segunda avaliação traz 15 questões objetivas de múltipla escolha que servirá para verificar a aprendizagem dos objetivos elencados em cada fase do ciclo de aprendizagem 7E's (apêndice 12). Abaixo estão as avaliações citadas e o gabarito das mesmas destacado em

	negrito seguido de uma breve explicação.
Manual do professor	Avaliação 1 - Verificação das habilidades. 1- Qual dos seguintes princípios éticos deve ser considerado ao propor soluções para problemas relacionados à saúde humana e ao meio ambiente? (A) Liberdade e pluralidade (B) Justiça social e sustentabilidade (C) Solidariedade e democracia (D) Todos os valores universais mencionados <i>Explicação:</i> É essencial considerar valores universais como liberdade, democracia, justiça social, pluralidade, solidariedade e sustentabilidade para garantir soluções éticas e inclusivas. 2- Ao investigar a produção de alimentos saudáveis, qual é a abordagem mais adequada para respaldar conclusões e argumentos? (A) Basear-se em opiniões pessoais e experiências individuais (B) Utilizar dados, fatos e evidências científicas (C) Considerar apenas os aspectos estéticos dos alimentos (D) Focar exclusivamente nos impactos econômicos da produção <i>Explicação:</i> A utilização de dados científicos garante análises objetivas e fundamentadas. 3- Qual é o papel da bioética na reflexão sobre as implicações morais da biotecnologia na saúde humana e no meio ambiente? (A) Garantir que todas as decisões sejam baseadas em lucro econômico

(B) **Orientar decisões científicas e tecnológicas com base em princípios éticos**

(C) Eliminar qualquer uso de biotecnologia na sociedade

(D) Promover apenas avanços tecnológicos sem considerar impactos éticos

Explicação: A bioética orienta decisões para que respeitem valores morais e sociais.

4- Ao sistematizar e divulgar os resultados de uma pesquisa escolar sobre alimentos saudáveis, qual é a etapa mais importante?

(A) **Interpretar os dados coletados de forma clara e organizada**

(B) Ignorar os dados que não correspondem às expectativas

(C) Divulgar os resultados sem análise prévia

(D) Focar apenas na apresentação estética

Explicação: A interpretação organizada é essencial para tornar os resultados úteis e compreensíveis.

5- Qual das seguintes ações demonstra a habilidade de utilizar informações científicas para propor soluções para problemas diversos?

(A) **Criar um projeto de hortas comunitárias para melhorar a alimentação local**

(B) Debater os impactos da biotecnologia sem propor soluções práticas

(C) Ignorar evidências científicas ao propor soluções ambientais

(D) Focar em soluções que beneficiem apenas um grupo específico

Explicação: Usar o conhecimento científico para gerar impacto social

positivo é uma aplicação direta da habilidade.

Avaliação 2

Avaliação dos objetivos da sequência didática – Questionário

1- O que é bioética e qual é o seu papel nas decisões científicas e tecnológicas?

- a) É o estudo das leis que regulamentam a ciência, sem considerar aspectos éticos.
- b) É uma área da ética que analisa as implicações morais das práticas científicas e tecnológicas, orientando decisões responsáveis.**
- c) É uma disciplina que se concentra exclusivamente no impacto econômico das inovações tecnológicas.
- d) É o estudo das técnicas de engenharia genética aplicadas à biotecnologia.

Explicação: A bioética é uma área da ética prática que reúne ideias, valores e fundamentos teóricos com o objetivo de orientar e justificar as decisões humanas que impactam a vida e os processos biológicos (YEGANIANZ, 2001)

2- Qual das alternativas melhor descreve a relação entre biotecnologia, engenharia genética, clonagem, uso de células-tronco e organismos transgênicos?

- a) São áreas independentes da ciência, sem relação entre si.
- b) Todas essas áreas utilizam técnicas de manipulação genética para desenvolver soluções em saúde, agricultura e outras áreas, mas levantam questões éticas e sociais.**
- c) A biotecnologia é uma área que se limita ao uso de organismos transgênicos, enquanto a engenharia genética trata apenas de clonagem.
- d) A clonagem e o uso de células-tronco são práticas exclusivas da medicina, sem conexão com a biotecnologia.

Explicação: “Engenharia genética compreende a totalidade das técnicas dirigidas a alterar ou modificar a carga hereditária de alguma espécie” (BARTH, 2005, p. 364) portanto clonagem, uso de células-tronco e organismos transgênicos fazem parte da biotecnologia.

3- Qual é um dos principais dilemas bioéticos associados às pesquisas genéticas?

- a) A dificuldade em identificar genes responsáveis por doenças.
- b) O impacto ambiental causado pela engenharia genética.
- c) A possibilidade de discriminação genética e questões de privacidade.**
- d) A falta de avanços tecnológicos na área de biotecnologia.

Explicação: O sequenciamento genético traz benefícios quando se trata de identificar uma doença genética porém se esses dados forem liberados em um banco de acesso para empresas de recrutamento de trabalho ou de planos de saúde “ o trabalhador pode correr o risco de ser discriminado pelo seu perfil genético, ao invés de se beneficiar com o resultado dos testes” (OSSEGE; GARRAFA, 2015, p. 233).

4- Como a bioética pode influenciar a disseminação das biotecnologias?

- a) Ao criar leis que proíbem qualquer tipo de inovação tecnológica.
- b) Ao promover debates que avaliam os impactos sociais, ambientais e éticos das biotecnologias.**
- c) Ao incentivar o uso irrestrito de biotecnologias para maximizar os lucros econômicos.
- d) Ao limitar o uso de biotecnologias apenas à área médica.

Explicação: As tecnologias trazem diversos benefícios incontestáveis, mas como toda nova tecnologia, ela deve ser discutida para termos a ciência dos limites que não devemos ultrapassar. Para isso, o debate se faz eficaz, pois leva a reflexão e a orientação do que e até onde podemos ir.

5- Qual é um exemplo real de organismo transgênico amplamente utilizado na agricultura?

- a) **Milho Bt**
- b) Arroz integral
- c) Tomate orgânico
- d) Batata doce

Explicação: O milho Bt de acordo com os estudos de Michelotto et al., mostram maior resistência a pragas e menor utilização de inseticidas. Por esse motivo, o milho Bt é amplamente utilizado na agricultura. Outros estudos relatam maior segurança alimentar quando relacionado ao milho Bt.

6- Qual é a preocupação ambiental relacionada ao uso de organismos transgênicos?

- a) Aumento da biodiversidade
- b) **Resistência de pragas e ervas daninhas**
- c) Redução da produtividade agrícola
- d) Melhoria na qualidade do solo

Explicação: Estudos “revelam aumento da frequência de plantas invasoras e de insetos resistentes aos transgenes, fazendo com que essas tecnologias tenham vida curta. Isto gerará demandas de novas tecnologias” ((NODARI; GUERRA, 2000, p. 8). gerando uma preocupação ambiental com a disseminação de transgênicos

7- Qual é a aplicação médica da clonagem terapêutica?

- a) Criação de alimentos geneticamente modificados
- b) Desenvolvimento de vacinas contra doenças virais
- c) Aumento da resistência de plantas a pragas
- d) **Cultura de tecidos ou órgãos para tratamento**

Explicação: A clonagem terapêutica permite a produção de células-tronco embrionárias geneticamente compatíveis com o paciente. Essas células

podem ser usadas para cultivar tecidos ou órgãos em laboratório, visando substituir estruturas danificadas. Isso reduz riscos de rejeição e amplia possibilidades de tratamento regenerativo.

8- Qual é o impacto social da biotecnologia?

- a) Aumento da desigualdade econômica devido ao acesso limitado às tecnologias**
- b) Redução da poluição ambiental
- c) Melhoria na qualidade do solo
- d) Diminuição da produção de alimentos

Explicação: Conforme os estudos de Ferreira et al. (2025) as terapias gênicas correm o risco de ampliar a desigualdade social uma vez que países desenvolvidos investem mais em terapias de alto custo, os países menos desenvolvidos lutam para ter acesso à saúde.

9- Qual é um desafio ético relacionado à engenharia genética?

- a) A falta de regulamentação para o uso de organismos transgênicos
- b) A possibilidade de manipulação genética em humanos para fins não terapêuticos**
- c) A dificuldade em identificar genes responsáveis por doenças
- d) A baixa eficiência das técnicas de engenharia genética

Explicação: Conforme os estudos de Ferreira et al. (2025), existe uma linha tênue em usar a engenharia genética para corrigir mutações causadoras de doenças e/ou utilizar para melhoramento genético.

10- Qual é um exemplo de impacto econômico positivo da biotecnologia?

- a) Aumento da produção agrícola devido ao uso de organismos transgênicos**
- b) Redução da biodiversidade em áreas agrícolas
- c) Aumento dos custos de produção agrícola
- d) Diminuição da exportação de produtos agrícolas

Explicação: De acordo Nohama et al. (2021) a biotecnologia “através de modificações genéticas que conferissem à planta resistência a determinados intensivos agrícolas para o manejo e controle de pragas ou melhorias nas sementes e frutos”. Portanto, há um aumento da produção agrícola.

11- Qual é a implicação na saúde do consumo de alimentos transgênicos?

- a) Aumento da resistência a antibióticos
- b) Possibilidade de reações alérgicas em indivíduos sensíveis**
- c) Melhoria na qualidade nutricional de todos os alimentos
- d) Redução da necessidade de suplementação alimentar

Explicação: O consumo de alimentos transgênicos pode representar risco de reações alérgicas em pessoas sensíveis, especialmente quando há inserção de genes de espécies diferentes. Essa modificação pode gerar proteínas novas, potencialmente alergênicas. Por isso, é essencial o controle rigoroso e a rotulagem adequada desses produtos.

12- Qual é um exemplo de regulamentação relacionada à engenharia genética?

- a) Proibição total do uso de organismos transgênicos
- b) Exigência de rotulagem de alimentos transgênicos**
- c) Eliminação de pesquisas genéticas em laboratórios
- d) Restrição ao uso de biotecnologia na medicina

Explicação: Por meio do Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003, que estabelece que todo alimento ou ingrediente que contenha ou seja produzido a partir de organismos geneticamente modificados (OGMs) deve informar essa condição ao consumidor.

13- Qual é um benefício ambiental do uso de organismos transgênicos?

- a) Redução do uso de pesticidas químicos**
- b) Aumento da resistência de pragas
- c) Diminuição da biodiversidade

d) Aumento da poluição do solo

Explicação: Uma vez que os organismos podem ser modificados para garantir maior resistência a pragas, o uso de pesticidas irá diminuir.

14- Qual é uma preocupação ética relacionada ao uso de células-tronco embrionárias?

a) A dificuldade em obter células-tronco adultas

b) O uso de embriões humanos, levantando questões sobre o início da vida

c) A baixa eficiência das técnicas de clonagem

d) A falta de regulamentação para pesquisas genéticas

Explicação: A questão ética relacionada ao uso de células tronco embrionárias reflete sobre o comércio de óvulos e à destruição de “embriões humanos” (ZATZ, 2004), esta última permeia um debate do momento que inicia a vida.

15- Qual é uma questão ética relacionada à clonagem humana?

a) A dificuldade em clonar animais geneticamente idênticos

b) O impacto ambiental da clonagem humana

c) A possibilidade de criar seres humanos para fins específicos, como doação de órgãos

d) A baixa eficiência das técnicas de clonagem

Explicação: A clonagem reprodutiva levanta várias questões éticas como do “por que clonar? Quem deveria ser clonado? Quem iria decidir? Quem será o pai ou a mãe do clone? O que fazer com os clones que nascerem defeituosos?” (ZATZ, 2004, p. 250) essas questões envolvem aspectos sobre a dignidade humana, o respeito ao material genético e a individualidade do ser humano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegamos ao fim desta sequência didática! Nosso convite é para que você, professor, se aproprie não apenas dos conteúdos aqui apresentados, mas também da reflexão que os acompanha. A bioética, quando integrada ao ensino de biotecnologia, não é apenas um tema mas é uma oportunidade de formar cidadãos críticos, conscientes e sensíveis às implicações da ciência na vida humana. Essa é a proposta!

Sabemos que cada sala de aula é única, assim como cada estudante. Por isso, sinta-se à vontade para adaptar, reinventar e enriquecer esta sequência com sua experiência, criatividade e escuta ativa. Mais do que transmitir conhecimento, este trabalho busca abrir espaço para o diálogo, o questionamento e a construção coletiva de valores.

Que esta proposta seja um ponto de partida para você professor, e não de chegada. Um ponto de partida para novas práticas pedagógicas que conectem ciência, ética e humanidade. Seguimos juntos na missão de educar com propósito e sensibilidade!

Natalia Moraes da Silva.

APÊNDICE 2: CARTAS COM SITUAÇÕES-PROBLEMA - FASE 1 - EXCITAÇÃO (*Excitement*)

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você é um cientista que está pesquisando maneiras de obter mais alimentos disponíveis para a população. Você conseguiu extrair da bactéria (*Bacillus thuringiensis*) uma proteína (toxina Bt) que é tóxica aos insetos- praga.

Como usar essa técnica para obter mais alimentos?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seu colega estão trabalhando no cultivo de uma planta que tenha um conteúdo reduzido de lignina (biopolímero que dificulta o processo de fermentação para a produção de biomassa), para diminuir os custos de produção de biocombustíveis. Como essa planta pode auxiliar na produção de biocombustíveis?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas retiraram o DNA da célula mamária de uma ovelha. Retiraram de outra ovelha, um óvulo, no qual retiraram o núcleo. Uniram o DNA da primeira ovelha no óvulo anucleado e originaram um embrião jovem que foi implantado no útero de uma terceira ovelha. Após um tempo, nasceu a ovelha Dolly, geneticamente idêntica à doadora da célula mamária. O mais se pode fazer com essa técnica?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Uma célula tronco totipotente é uma célula não especializada que tem grande potencial de regeneração de tecidos especializados. Essas células são obtidas de embriões. Vocês são um grupo de cientistas que utilizam embriões descartados para obter essas células. O que você fará com isso?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seus colegas são um grupo de cientistas que destruíram o núcleo de ovos de rãs (*Xenopus laevis*) pela exposição dos ovos à luz ultravioleta. Então transplantaram o núcleo de células dos embriões de rãs e girinos para os ovos sem núcleo. Criando um clone. O que é possível fazer com essa técnica?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seus colaboradores utilizaram um vetor retroviral para introduzir 4 genes em fibroblastos (células musculares). As células foram então cultivadas em um meio que daria suporte para o crescimento de células tronco. 2 semanas depois essas células pareciam células-tronco embrionárias. O que fazer com essas células?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seus colegas cientistas introduziram genes saudáveis em 10 crianças que apresentavam uma doença. Alguns pacientes mostraram melhora significativa. Entretanto, 3 pacientes desenvolveram leucemia posteriormente e um deles faleceu. O que pode ter ocorrido?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Uma equipe de cientistas está trabalhando com micróbios geneticamente modificados. Muitas bactérias podem extrair metais pesados, como cobre, chumbo e níquel, a partir do meio e incorporar em compostos como sulfato de cobre ou sulfato de chumbo, prontamente recuperáveis. O que fazer com essa técnica?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você é um geneticista muito procurado para fazer sequenciamento genético de casais. Com esse sequenciamento você consegue verificar a possibilidade do filho desse casal nascer com alguma doença genética. O que pode ser feito com essa técnica?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas conseguiram transferir um gene de uma proteína do sangue humano, antitrombina, para uma vaca que agora secreta a proteína em seu leite. Pacientes com uma rara doença hereditária, na qual a proteína não está presente, sofrem de formação de coágulos sanguíneos nos vasos. Em que essa descoberta pode auxiliar?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas descobriram um gene que ao ser inserido numa espécie de rato o torna infértil. O que fazer com essa descoberta?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e sua equipe de cientistas estavam escavando uma caverna e encontraram ossos de mastodontes. Ao realizar uma análise das células ósseas do mastodonte, foi possível encontrar DNA deste ser vivo em uma delas. O que pode ser feito com essa descoberta?



SITUAÇÃO-PROBLEMA

Você e seu colega cientista descobriram como uma bactéria chamada (*Bacillus anthracis*) que ao ser inalada pode causar problemas sérios como doenças pulmonares. O que pode ser feito com essa bactéria?



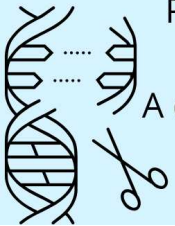
APÊNDICE 3: CARTA PARA O LEVANTAMENTO DE HIPÓTESES E REAVALIAÇÃO DA HIPÓTESE - FASE 1 e 2 - EXCITAÇÃO (*Excitement*) E EXPLORAÇÃO (*Exploration*)



APÊNDICE 4: CARTÕES COM CONCEITOS DE BIOTECNOLOGIA - FASE 2 Exploração (*Exploration*)



Vamos explorar...



- O que é engenharia genética e como ela funciona;
- As tecnologias que tornam isso possível, como o CRISPR;
- As aplicações práticas no dia a dia, da saúde à alimentação;

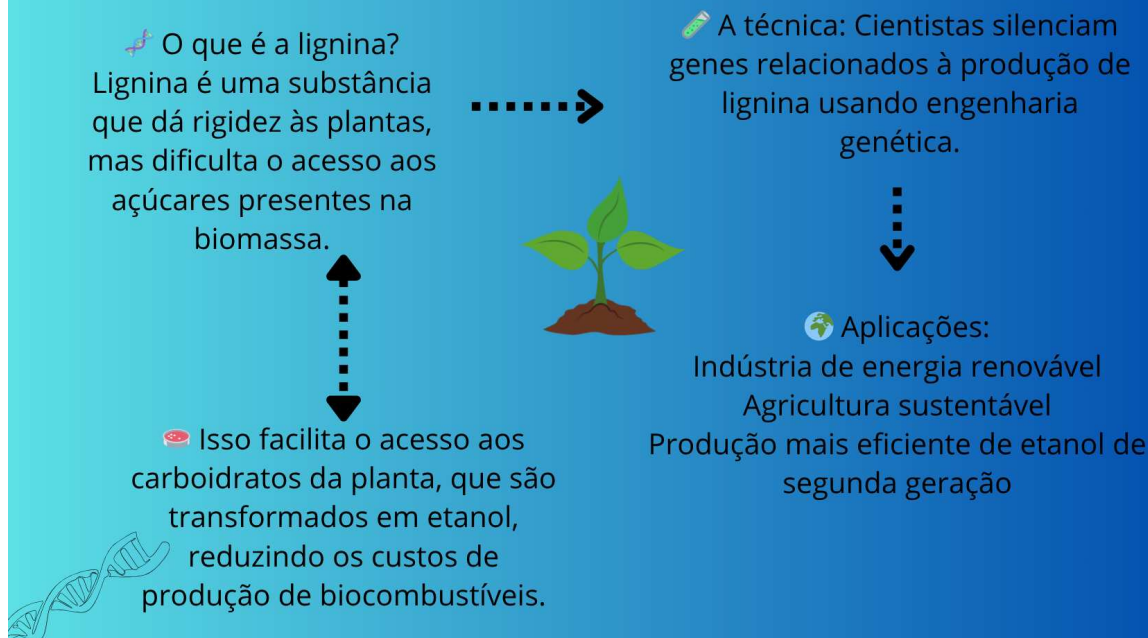
► Os dilemas éticos envolvidos: até onde devemos ir?

Nosso objetivo é compreender não só os mecanismos científicos, mas refletir sobre as escolhas que a humanidade precisa fazer diante dessas possibilidades. Prepare-se para investigar, debater, levantar hipóteses e propor soluções.

A ciência está em constante transformação e você faz parte dessa revolução!

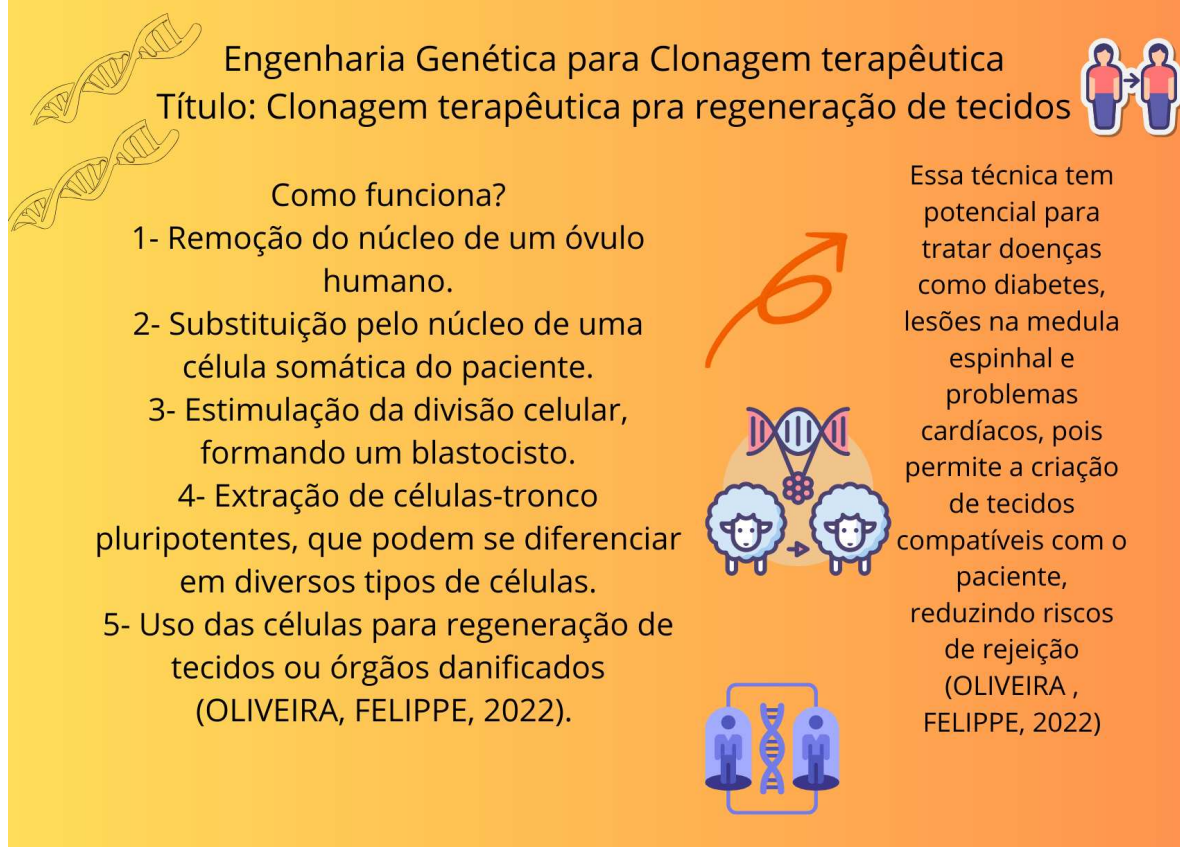
Engenharia Genética na Produção de Biocombustíveis

Título: Plantas Geneticamente Modificadas com Baixa Lignina



Engenharia Genética para Clonagem terapêutica

Título: Clonagem terapêutica pra regeneração de tecidos





Engenharia Genética



Título: Células-tronco pluripotentes induzidas (iPSCs)

Essas células têm características muito semelhantes às células-tronco embrionárias, mas são obtidas a partir de células adultas reprogramadas, o que evita questões éticas relacionadas ao uso de embriões (OLIVEIRA, FELIPPE, 2022).



3. Pesquisa em medicina regenerativa

As iPSCs podem ser usadas para desenvolver terapias celulares, como regeneração de tecidos danificados ou até mesmo bioimpressão de órgãos no futuro. Como são derivadas do próprio paciente, reduzem o risco de rejeição imunológica.



2. Diferenciação dirigida

As iPSCs podem ser induzidas a se diferenciar em tipos celulares específicos, como:

Neurônios (para estudar doenças neurodegenerativas).

Células pancreáticas (para pesquisas sobre diabetes).

Isso permite criar modelos celulares de doenças humanas e testar medicamentos de forma personalizada.



4. Considerações éticas e legais

Mesmo sendo uma técnica que evita o uso de embriões, é importante seguir protocolos de biossegurança e ética em pesquisa, além de registrar a linhagem celular criada (OLIVEIRA, FELIPPE, 2022).



Terapia Gênica



Título: Riscos da terapia gênica

A terapia gênica representa uma das fronteiras mais promissoras da medicina moderna. A possibilidade de corrigir genes defeituosos responsáveis por doenças genéticas (FURTADO, 2019)..



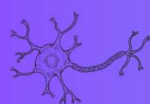
Além disso, alguns pacientes podem apresentar respostas imunológicas indesejadas ao tratamento, o que pode comprometer o sucesso da terapia



Um dos principais desafios associados à terapia gênica é a possibilidade de ativação inadvertida de oncogenes, genes que, quando ativados de forma errada ou descontrolada, podem desencadear o desenvolvimento de câncer.

Até que ponto é aceitável correr riscos em tratamentos inovadores como a terapia gênica, mesmo quando há possibilidade de salvar vidas — mas também de provocar efeitos colaterais graves e imprevisíveis?



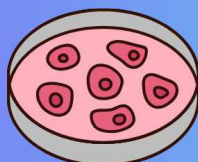


Engenharia Celular



Título: Produção de células-tronco em laboratório

As células-tronco embrionárias são células especiais encontradas nos primeiros estágios do desenvolvimento de um embrião, geralmente por volta do quinto dia após a fecundação (OLIVEIRA, FELIPPE, 2022).



Essas células são fundamentais para a formação de todos os tecidos e órgãos do organismo. Por isso, têm sido amplamente estudadas na medicina regenerativa, com o objetivo de tratar doenças como Parkinson, diabetes, lesões na medula espinhal e até mesmo para a criação de tecidos em laboratório (OLIVEIRA, FELIPPE, 2022).

- Capacidade de autorrenovação, podem se dividir indefinidamente, mantendo-se indiferenciadas.
- Pluripotência – têm o potencial de se transformar em praticamente qualquer tipo de célula do corpo humano, como neurônios, células musculares, hepáticas, entre outras

Até que ponto o avanço científico deve ser guiado pela busca de soluções para os problemas humanos, e quando ele começa a ultrapassar os limites éticos da nossa humanidade?



Engenharia Celular

Título: Produção Transgênicos



A produção de milho com a inserção da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) representa um avanço significativo da biotecnologia na agricultura.

Essa bactéria, encontrada naturalmente no solo, produz proteínas tóxicas para determinadas pragas, principalmente as lagartas que atacam plantações, como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), uma das principais ameaças à cultura do milho.



Dessa forma, a planta passa a produzir a toxina Bt em seus próprios tecidos, tornando-se resistente a pragas específicas, sem a necessidade de aplicação constante de defensivos agrícolas químicos.



A tecnologia Bt consiste na inserção do gene da bactéria responsável pela produção dessa proteína inseticida no DNA do milho.



Clonagem

Título: Como foi a clonagem da ovelha Dolly



Dolly foi o primeiro mamífero clonado a partir de uma célula somática adulta. Ou seja, ela é uma cópia perfeita e felpuda de outra ovelha.

A ineficiência do processo de clonagem pode ser degradante: em 1996, 277 embriões clonados foram implantados, e só Dolly sobreviveu.

Ela morreu cedo, aos sete anos, em 14 de fevereiro de 2003, de uma doença pulmonar grave. A ovelha também sofria de artrite precoce, um entre os vários problemas a que animais clonados estão sujeitos.

Três mães contribuíram com seu nascimento. Uma forneceu o ovócito, a outra, os cromossomos que foram inseridos no núcleo desse ovócito. A terceira foi a responsável pela gestação



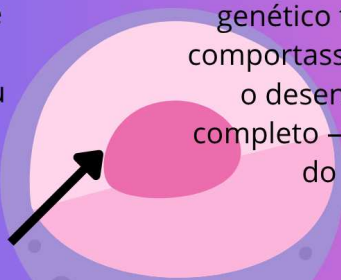
Fonte: Como foi a clonagem da ovelha Dolly - Revista Galileu | Ciência

Transferência nuclear de células somáticas (SCNT, na sigla em inglês), um marco na biotecnologia reprodutiva.



No experimento descrito, os cientistas destruíram o núcleo original dos ovos de *Xenopus laevis* usando luz ultravioleta, eliminando seu material genético. Em seguida, retiraram este núcleo e transplantaram núcleos de células de embriões ou girinos para esses ovos enucleados.

O objetivo era reprogramar o material genético transplantado para que se comportasse como um zigoto, iniciando o desenvolvimento embrionário completo — ou seja, gerando um clone do organismo doador.



Esse tipo de clonagem foi essencial para entender a plasticidade do núcleo celular e demonstrou que células diferenciadas ainda conservam a informação genética necessária para formar um novo organismo (LEITE, 2019).



Engenharia genética- BIORREMEDIAÇÃO



A expansão das atividades produtivas levou à contaminação dos solos por metais pesados (MP), considerado um problema global.

Ao contrário dos poluentes orgânicos, os MP não podem ser decompostos por via biológica, física ou química, portanto, a remediação de locais contaminados por MP limita-se a alterar sua mobilidade e/ou toxicidade.



Nesta linha, uma técnica de remediação econômica e ambientalmente correta é a biorremediação microbiana. Que através de bactérias, fungos como os actinomicetos, e algas atuam na transformação da valência, biosorção, precipitação química extracelular e volatilização dos MP.

Passo- a- passo

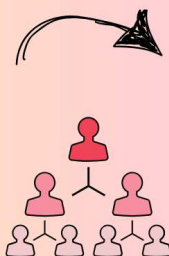
1. Seleção da bactéria nativa
2. Modificação genética
3. Ensaio em laboratório
4. Aplicação no ambiente contaminado
5. Monitoramento e contenção

Fonte: [IV-006.pdf](#)



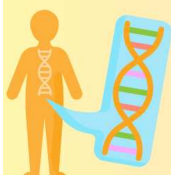
SEQUENCIAMENTO GENÉTICO

Sequenciar o exoma/genoma humano, por exemplo, pode auxiliar a identificação do quadro clínico e sua solução, mas nem sempre esse procedimento é o recomendado, uma vez que pode não haver tratamento para aquela doença.



De qualquer modo, optando-se pela realização do sequenciamento do exoma/genoma, emanam questionamentos acerca da revelação ou não dos resultados obtidos ao paciente e/ou a seus familiares. Eventualmente, o resultado pode não ser o esperado.

Descobertas incidentais podem ser encontradas. Os resultados podem ou não prever a presença de uma doença. Além disso, nem todas as informações obtidas são claras, e muitas têm implicações clínicas inconclusivas.



DNA RECOMBINANTE TEMA: INSERÇÃO DE GENE DA ANTITROMBINA

Cientistas conseguem inserir o gene humano que codifica a antitrombina (uma proteína que impede a formação de coágulos sanguíneos) no DNA de uma vaca. Esse gene é colocado sob o controle de um promotor específico que ativa sua expressão nas glândulas mamárias do animal. Resultado? A vaca passa a produzir leite contendo antitrombina humana.



Esse processo transforma a vaca em um "biorreator vivo". A proteína é então extraída do leite, purificada e usada como medicamento para pessoas com deficiência hereditária de antitrombina, uma condição rara que aumenta o risco de trombose.



Edição genética - CRISPR-Cas9.

Os cientistas identificaram um gene essencial para a fertilidade do rato (Por exemplo, um gene envolvido na produção de espermatozoides ou no funcionamento dos ovários) e o inativaram ou modificaram usando CRISPR.



Isso cria um rato geneticamente modificado, infértil, útil para estudar doenças reprodutivas, testar métodos contraceptivos ou até controlar populações de roedores em ambientes naturais.



Paleogenética - extração e análise de DNA antigo

Quando cientistas encontram fósseis bem preservados, como ossos de mastodontes, eles podem tentar extrair fragmentos de DNA das células remanescentes geralmente do interior dos ossos ou dentes, onde o material genético está mais protegido. Esse processo envolve:

As partes degradadas do material genético do animal extinto normalmente são preenchidas com o DNA de alguma espécie atual. Ou pegam partes do DNA do animal extinto (alguns genes de interesse) e misturam com o DNA de uma espécie atual.

Coleta em ambiente controlado, para evitar contaminação com DNA moderno.

Extração do DNA usando reagentes químicos que quebram as células e liberam o material genético.

Amplificação por PCR (reação em cadeia da polimerase), que copia os fragmentos de DNA para que possam ser analisados. Sequenciamento genético, que revela a ordem das bases nitrogenadas e permite reconstruir partes do genoma do animal extinto.

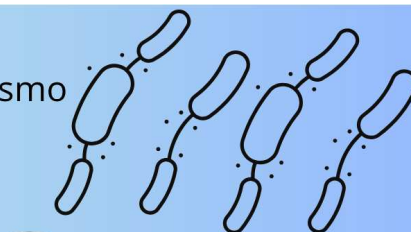


Biologia sintética - bioterrorismo

Biologia sintética: Técnicas que permitem montar genomas inteiros em laboratório. Isso poderia, em tese, recriar organismos como o *B. anthracis* a partir do zero — o que exige regulação e ética extremamente rígida

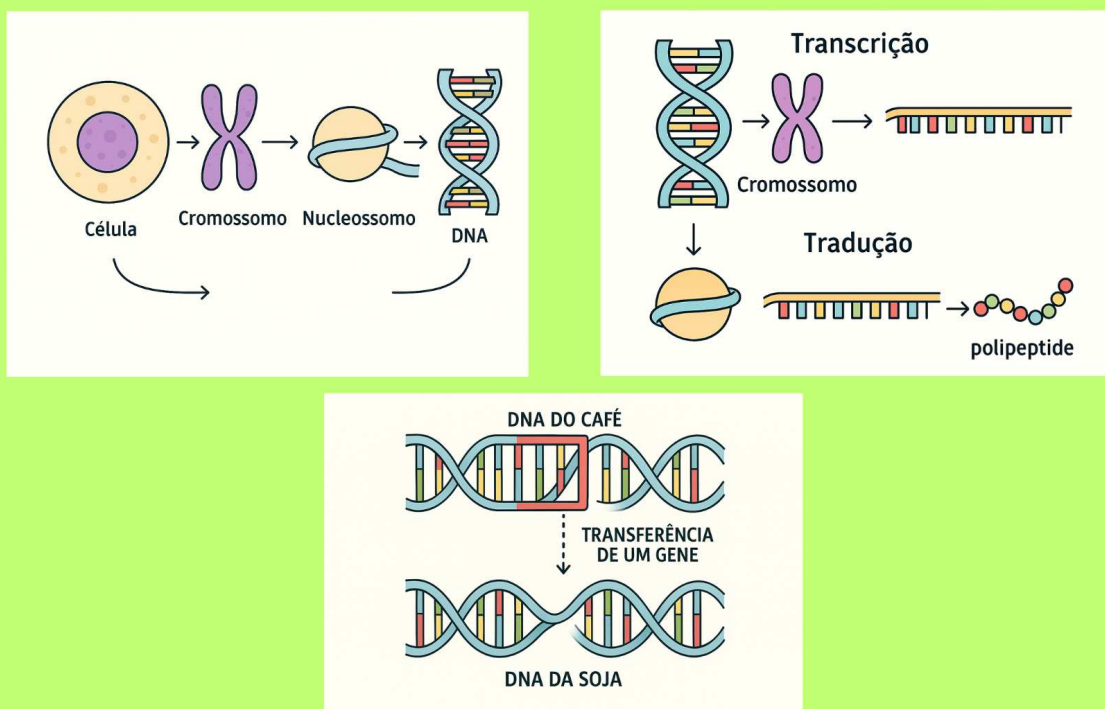
O bioterrorismo envolve a liberação intencional de vírus, bactérias ou toxinas para prejudicar pessoas, gado ou plantações. *Bacillus anthracis*, a causa do antraz, é um provável agente para tais ataques

O antraz é uma escolha provável porque:
 Ocorre naturalmente, pode ser feito em laboratório e dura em seu ambiente.
 Pode ser liberado silenciosamente, sem que ninguém saiba.
 Esporos minúsculos podem ser colocados em pó, sprays, alimentos e água.
 Você pode não ser capaz de ver, cheirar ou provar os esporos.
 Já foi usado como arma no passado.

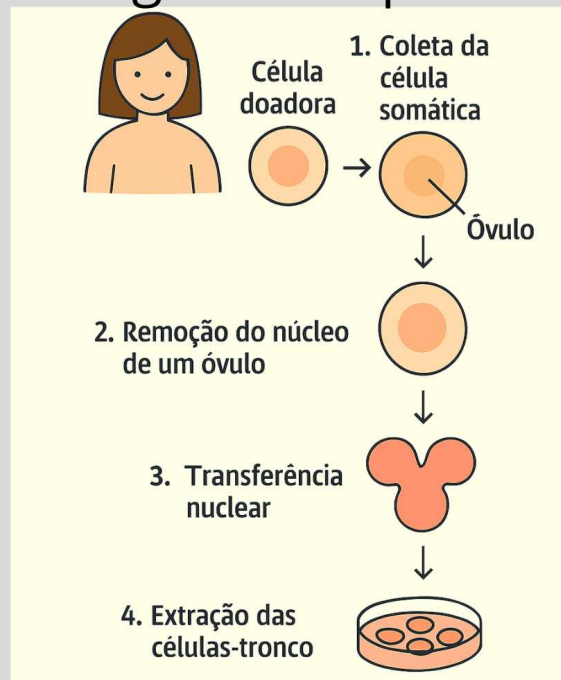


APÊNDICE 5: CARTÕES COM REPRESENTAÇÕES DAS TÉCNICAS DE BIOTECNOLOGIA - FASE 2 - Exploração (*Exploration*)

Conceitos de Genética

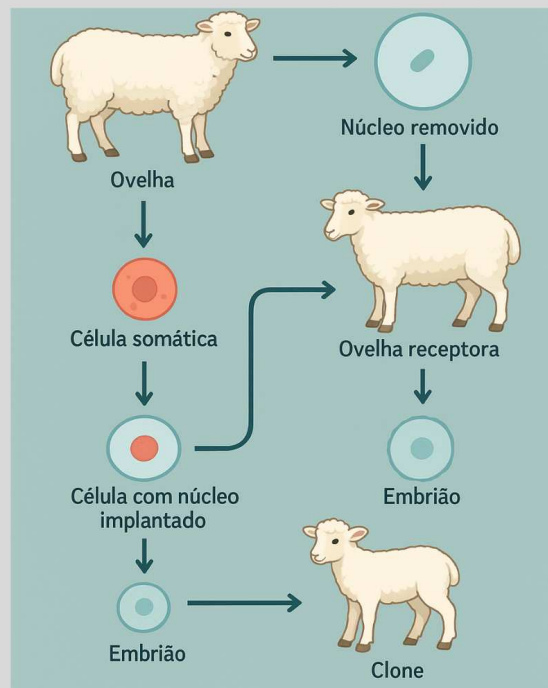


Clonagem Terapêutica



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio de inteligência artificial (Copilot, 2025).

Clonagem Reprodutiva



MICROSOFT. Copilot. Ilustração didática sobre clonagem reprodutiva. 2025. Imagem gerada por inteligência artificial.

Transgênicos



Fonte: Elaborado pela autora com base em EMBRAPA (2020).

Dna Recombinante

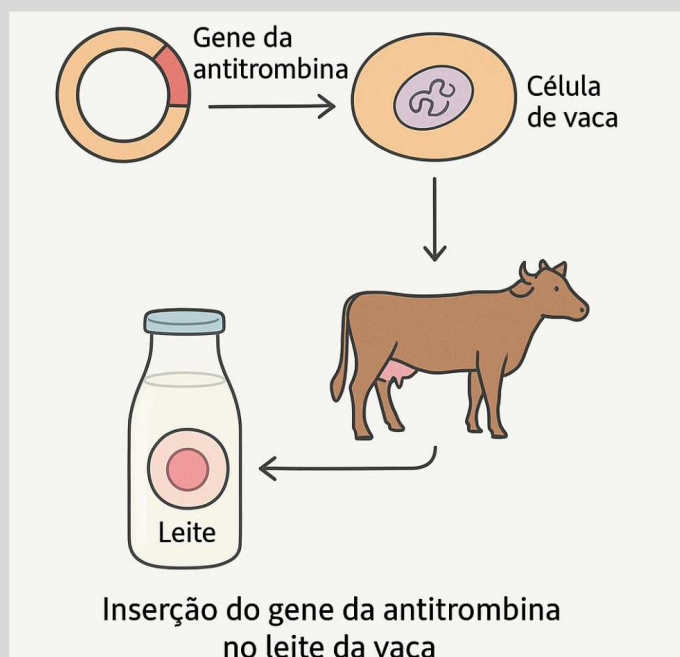


Imagem gerada por IA (Microsoft Copilot) representando a inserção do gene da antitrombina no leite da vaca. > Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio da IA Copilot, 2025.

Edição genética - CRISPR Cas9.

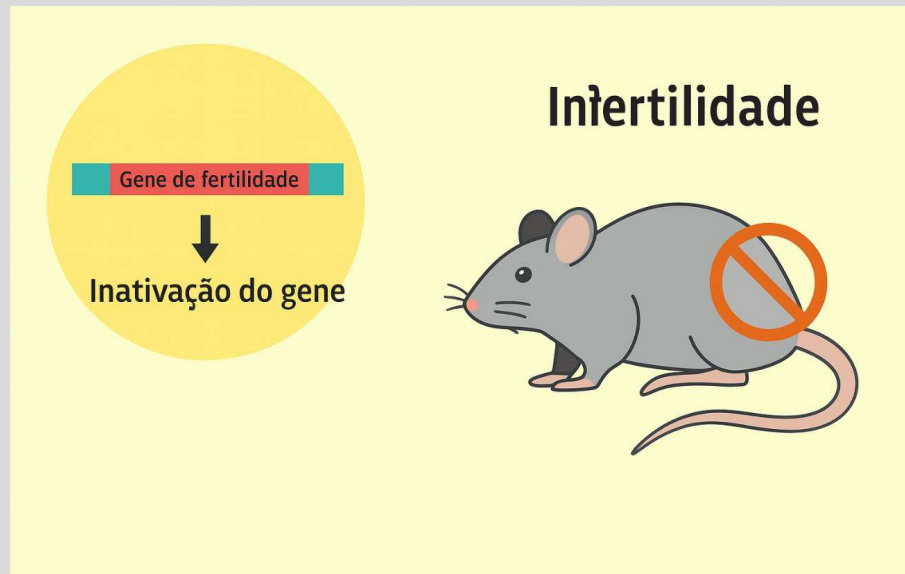
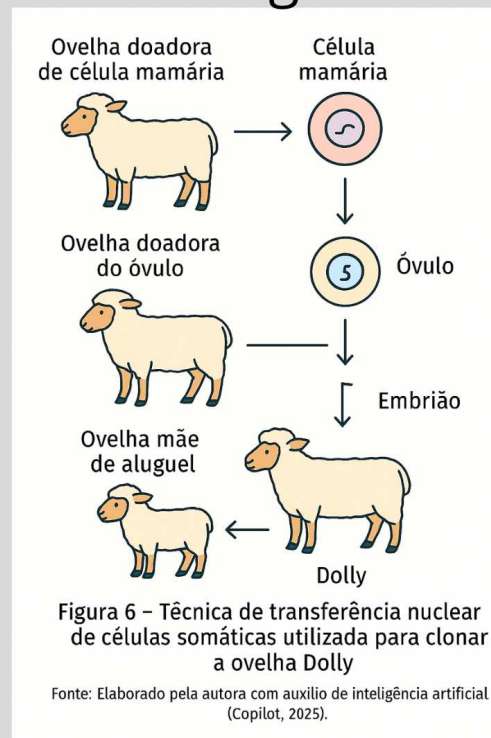


Imagem gerada por IA (Microsoft Copilot) representando a edição genética com gene causador de infertilidade. > Fonte: Elaborado pelo autor com auxílio da IA Copilot, 2025.

Clonagem

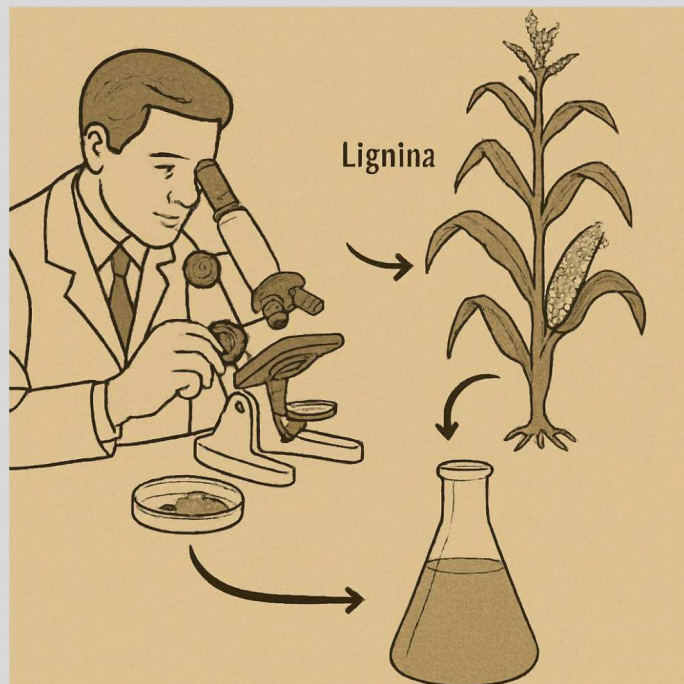


Transferência nuclear de células somáticas



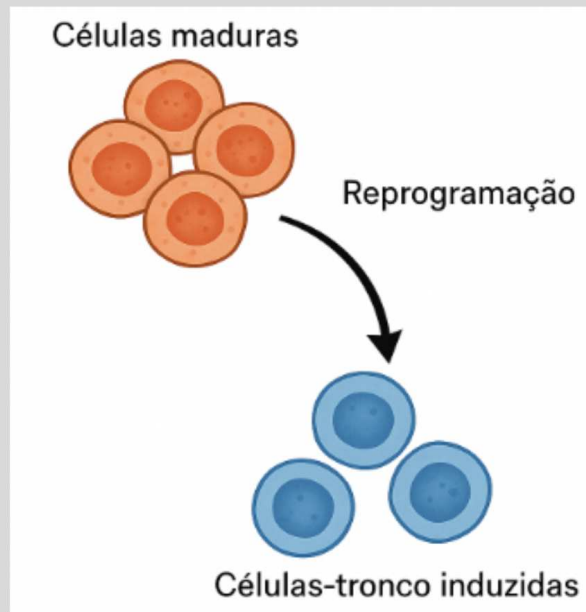
MICROSOFT COPILOT. Imagem gerada por IA representando experimento de clonagem em rãs *Xenopus laevis*. 2025.

Engenharia genética



Microsoft Copilot. Imagem gerada por IA representando técnica de modificação genética para produção de biocombustíveis. 2025.

Células tronco pluripotentes induzidas



MICROSOFT COPILOT. Imagem gerada por IA representando células-tronco pluripotentes induzidas (iPS). 2025.

Terapia Gênica - Riscos e efeitos colaterais



Figura – Representação visual dos dilemas éticos e riscos da terapia gênica

Figura – Representação visual dos dilemas éticos e riscos da terapia gênica.

Figura – Representação simbólica dos dilemas éticos e riscos associados à terapia gênica, como a ativação de oncogenes e as incertezas sobre seus efeitos colaterais. Imagem gerada por inteligência artificial (Microsoft Copilot, 2025).

Engenharia genética- Biorremediação de metais pesados

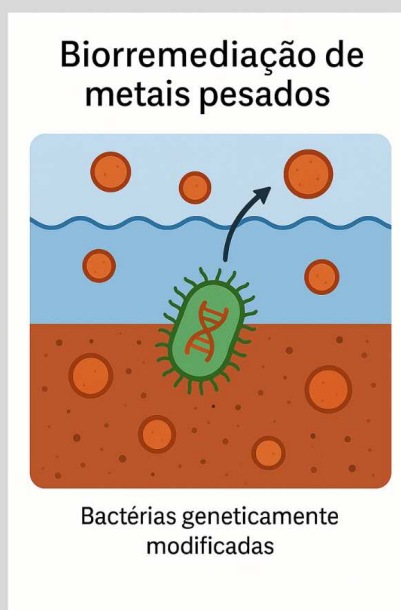


Ilustração simbólica da técnica de biorremediação, na qual microrganismos são aplicados para degradar substâncias tóxicas no solo e na água, promovendo a recuperação ambiental de áreas contaminadas por poluentes orgânicos ou metais pesados.

Sequenciamento de dna



FONTE: Você sabe o que é sequenciamento do exoma? - Blog Mendelics

Paleogenética - extração e análise de DNA antigo



Representação artística de uma possível técnica de desextinção do mastodonte, utilizando engenharia genética e edição do genoma de elefantes modernos com DNA recuperado de fósseis. Fonte: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. Ilustração digital de técnica de desextinção do mastodonte. 2025. Imagem gerada por IA para fins pedagógicos.

Biologia sintética - Técnicas que permitem montar genomas inteiros em laboratório.



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. Representação simbólica das biotecnologias envolvidas na manipulação genética de microrganismos como o *Bacillus anthracis*, destacando os desafios bioéticos e de biossegurança. 2025. Imagem gerada por IA para fins educativos.

APÊNDICE 6: AVALIAÇÃO - FASE 2: Exploração (*Exploration*)

AutoAvaliação – Ficha de Avaliação da Atividade — Biotecnologia em Imagens

Critérios de Avaliação

Critério	Excelente	Bom	Em Desenvolvimento
Relação com a biotecnologia	Estabelece conexões claras entre imagem/ técnica/ conceito. Usa vocabulário científico com propriedade.	Reconhece relações entre técnica e conceito com algumas lacunas.	Apresenta dificuldade para fazer conexões ou usar vocabulário adequado.
Análise Ética	Identifica e discute com profundidade questões éticas relevantes.	Reconhece que há implicações éticas, mas sem aprofundamento.	Não identifica ou não consegue discutir aspectos éticos.
Registro Reflexivo	Produz texto autoral com argumentos estruturados e coerentes.	Registra ideias com coerência, porém superficiais.	Registros fragmentados ou pouco claros.
Participação nas Discussões	Contribui ativamente com respeito e escuta aos colegas.	Participa pontualmente com algumas contribuições.	Apresenta pouca ou nenhuma participação nas trocas.

Espaço para observações do estudante:

Espaço para observações do professor:

APÊNDICE 7: MODELO DE PADLET - FASE 3 Explicação (*Explanation*)

Biotechnologia

BIOTECNOLOGIA
4 de jul. de 2025
Que conhecimento é esse?

Afinal, o que clonagem ?
1 de jul. de 2025
Ovelha Dolly - Royal Museum of Scotland, em Edimburgo.
É a capacidade de produzir uma cópia geneticamente idêntica a partir de uma célula diferenciada (ZATZ, 2004).

Células - tronco: Um futuro promissor?
1 de jul. de 2025
Será o fim das doenças de Alzheimer, Leucemia e Diabetes tipo 1?

Engenharia genética, o que é?
1 de jul. de 2025
É um campo da biotecnologia, que permite manipular DNA e RNA de organismos vivos.

Biocombustíveis são uma boa alternativa?
2 de jul. de 2025
Será que o uso de biocombustíveis é a solução para um planeta sustentável?

Na sua casa...
1 de jul. de 2025
Símbolo de identificação dos organismos geneticamente modificados (OGM)
... Transgênicos

Diga o que é terapia gênica?
2 de jul. de 2025
Vídeo interativo demonstrando a edição gênica.
A terapia gênica é um tratamento inovador. Envolve a substituição de genes defeituosos por genes saudáveis, possibilitando o tratamento de diversas doenças.

Como esse seres podem reciclar metais pesados???
2 de jul. de 2025
O que é biorremediação?
Que tal utilizar a engenharia genética para modificar esses microscópicos para que eles possam neutralizar contaminantes presentes no meio ambiente.

CÉLULAS-TRONCO
4 de jul. de 2025
Essas células tem potencial de se diferenciar em qualquer tipo podendo ser utilizada para pesquisas médicas e terapias regenerativas.

ANTRAZ: UMA ARMA MORTAL
2 de jul. de 2025
Imagem de uma colônia de bactérias.
A bactéria causadora do antraz já foi utilizada para a prática de bioterrorismo nos Estados Unidos, um mês após os ataques de 11 de setembro de 2001, deixando 9 mortos e várias pessoas contaminadas.

SEQUENCIAMENTO GENÉTICO
4 de jul. de 2025
Vídeo sobre sequenciamento genético

É real: A edição de DNA está modificando o mundo.
2 de jul. de 2025
Técnica CRISPR- Cas 9
Na imagem enzimas de restrição reconhecem e cortam lugares específicos do DNA
O que essa técnica permite fazer?

Transgênicos.
4 de jul. de 2025
Milho Bt
São organismos que foram modificados geneticamente para ganhar uma característica nova.

CRISPR-Cas9
4 de jul. de 2025
Sera mesmo um lobo-ferivel? Como os novos filhotes "redifidos" se comparam aos lobos reais | National Geographic

Paleogenética: Paleontologia + genética
2 de jul. de 2025

QR CODE DE ACESSO PARA A APRESENTAÇÃO DO PADLET ACIMA EM SLIDES



EXEMPLOS DE PUBLICAÇÕES QUE PODEM SER EXPOSTAS NO MURAL INTERATIVO.

BIOTECNOLOGIA

Afinal, o que clonagem ?



Adicionar uma legenda

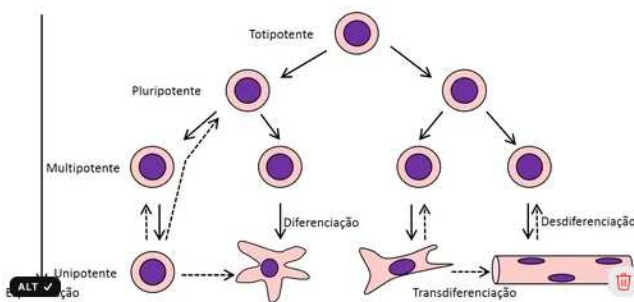
Que conhecimento é esse?



Ovelha Dolly - Royal Museum of Scotland, em Edinburgo.

É a capacidade de produzir uma cópia geneticamente idêntica a partir de uma célula diferenciada (ZATZ, 2004).

Células - tronco: Um futuro promissor?



Adicionar uma legenda

Será o fim das doenças de Alzheimer, Leucemia e Diabetes tipo 1?

Engenharia genética, o que é?



Adicionar uma legenda

É um campo da biotecnologia, que permite manipular DNA e RNA de organismos vivos.

Biocombustíveis são uma boa alternativa?



Adicionar uma legenda

Será que o uso de biocombustíveis é a solução para um planeta sustentável?

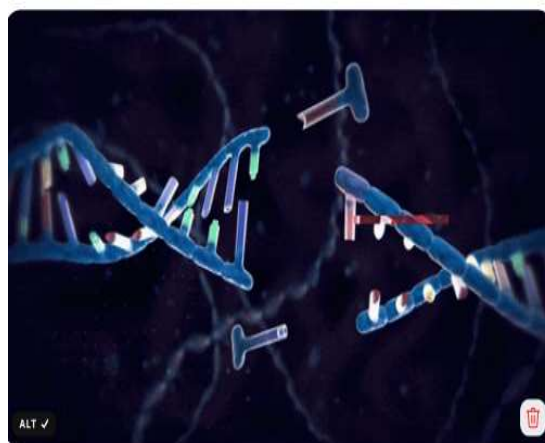
Na sua casa...



Símbolo de identificação dos organismos geneticamente modificados (OGM)

... Transgênicos

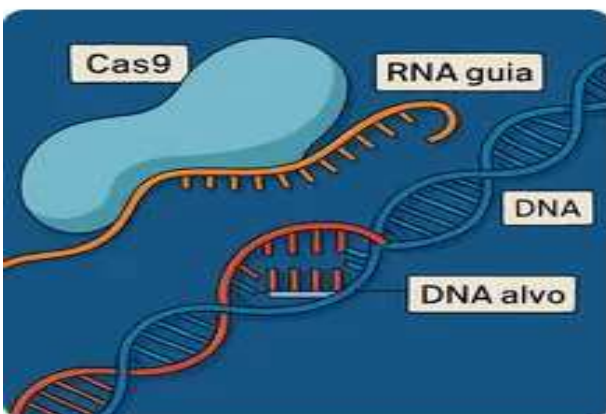
Diga o que é terapia gênica?



Vídeo interativo demonstrando a edição genética.

A terapia genica é um tratamento inovador. Envolve a substituição de genes defeituosos por genes saudáveis, possibilitando o tratamento de diversas doenças.

É real : A edição de DNA está modificando o mundo.



Técnica CRISPR- Cas 9

ANTRAZ: UMA ARMA MORTAL



imagem de uma colônia de bactérias

A bactéria causadora do antraz já foi utilizada para a prática de bioterrorismo nos Estados Unidos, um mês após os ataques de 11 de setembro de 2001, deixando 9 mortos e várias pessoas contaminadas.

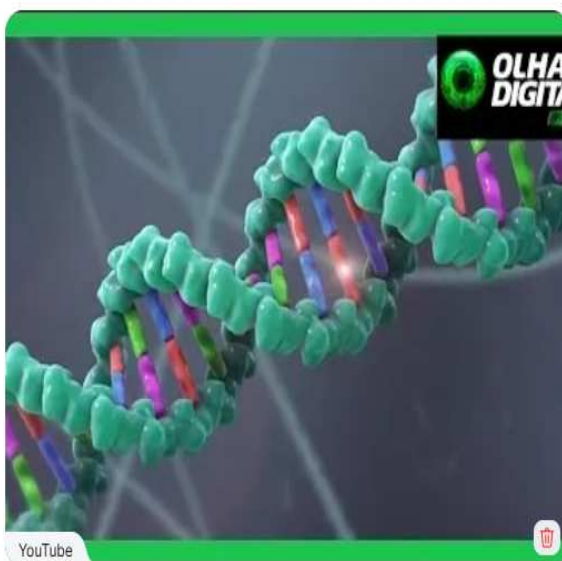
Como esse seres podem reciclar metais pesados???



O que é biorremediação?

Que tal utilizar a engenharia genética para modificar esses microscópicos para que eles possam neutralizar contaminantes presentes no meio ambiente.

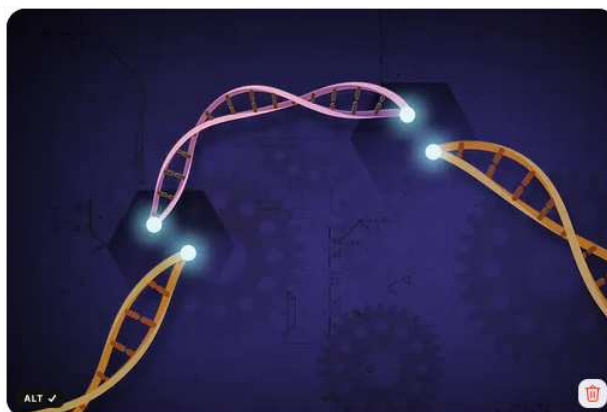
SEQUENCIAMENTO GENÉTICO



YouTube

Vídeo sobre sequenciamento genético

CRISPR-Cas9



Na imagem enzimas de restrição reconhecem e cortam lugares específicos do DNA

O que essa técnica permite fazer?

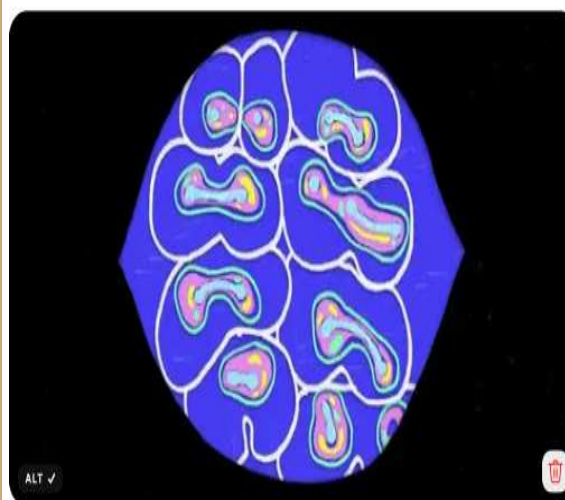
Paleogenética: Paleontologia + genética



nationalgeographicbras...

Será mesmo um lobo-terrível? Como os novos filhotes "extintos" se comparam aos lobos reais | National Geographic

CÉLULAS-TRONCO



Animação demonstrando as células-tronco

Essas células tem potencial de se diferenciar em qualquer tipo podendo ser utilizada para pesquisas médicas e terapias regenerativas.

Transgênicos.



Milho Bt

São organismos que foram modificados geneticamente para ganhar uma característica nova.

APÊNDICE 8: FASE 3: Explicação (*Explanation*)**Rubrica de Avaliação – Construção Coletiva de Conceitos Científicos**

Critério	Excelente (2 pts)	Bom (1,5 pts)	Regular (1,0 pts)	Insuficiente (0,5 pt)
Compreensão do conceito	Demonstra domínio pleno dos conceitos com exemplos claros e precisos.	Apresenta os conceitos com boa clareza e alguns exemplos pertinentes.	Os conceitos estão presentes, mas com confusões ou poucos exemplos.	Não demonstra compreensão adequada dos conceitos.
Letramento científico	Usa a linguagem científica com precisão e coerência.	Utiliza termos científicos com alguma correção, mas com pequenas imprecisões.	Apresenta dificuldades em empregar a linguagem adequada da ciência.	Não emprega a linguagem científica. Escrita genérica ou confusa.
Estrutura do pensamento	Organiza ideias de forma lógica, coesa e progressiva.	Estrutura com lógica geral, mesmo com pequenas falhas.	Organização pouco clara; apresenta ideias desconexas.	Falta organização; não se identifica um raciocínio estruturado.
Colaboração e construção coletiva	Contribui ativamente para o grupo, respeitando ideias e promovendo diálogo.	Participa de forma colaborativa, mesmo com intervenções pontuais.	Participação limitada; contribuições esporádicas.	Não colabora com o grupo ou desrespeita o processo coletivo.
Autonomia e autoria	Apresenta escrita própria, criativa e com marcas claras de autoria.	Usa escrita autoral com algumas influências externas.	Dependência excessiva de fontes ou colegas; pouca originalidade.	Texto copiado ou sem traços de autoria.

Argumentação e reflexão	Argumenta com profundidade e apresenta reflexões éticas e críticas sobre o tema.	Apresenta argumentos relevantes com alguma reflexão crítica.	Argumentação superficial; reflexões limitadas.	Ausência de argumentação; sem reflexão sobre implicações.
--------------------------------	--	--	--	---

Resultados:

10,0 pontos: Domínio excelente e produção científica exemplar.

7,5 pontos: Bom desempenho e escrita significativa.

5,0 pontos: Desenvolvimento parcial dos objetivos.

Até 2,5 pontos: Necessita reforço e mediação pedagógica.

APÊNDICE 9: CARTAS DA FASE 4 - Expansão (*Expansion*)

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano. Qual a finalidade dessa clonagem?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano. Porém há riscos tanto para o clone quanto para a mãe de aluguel. Ainda é viável fazer o clone?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas conseguiu clonar um mamífero (uma ovelha a qual deram o nome de Dolly). Dolly apresentou muitos problemas como, uma rara artrite, incomum em seres mais jovens. Agora esses cientistas pretendem realizar a clonagem de um humano. O que vocês acham disso?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você é um geneticista muito procurado para fazer sequenciamento genético de casais. Com esse sequenciamento você consegue selecionar características para o filho desse casal ao nascer. O que você acha disso?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas conseguiu clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano. Seria ético criar um novo ser humano idêntico a algum de nós?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas descobriu uma técnica de clonagem terapêutica que consiste em pegar células de embriões humanos criados em laboratório para utilizar no tratamento de doenças degenerativas (doença de Alzheimer). O que você acha disso?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas conseguiu clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano. A quem pertenceria esse clone?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero, agora estão pensando em realizar a clonagem de um ser humano. Qual argumento você teria para convencer a sociedade científica que clonar um humano é interessante?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um humano para doações de órgãos. O que vocês acham disso?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Uma equipe de cientistas descobriu uma técnica de clonagem terapêutica que consiste em pegar células de embriões para utilizar no tratamento de doenças degenerativas (doença de Alzheimer) . Mas você considera embriões uma forma de vida?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você é um geneticista muito procurado para fazer sequenciamento genético de casais. Com esse sequenciamento você consegue verificar a possibilidade do filho desse casal nascer com alguma doença genética. Todos poderão ter acesso à essa tecnologia?



SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

Você e sua equipe de cientistas conseguiram clonar um mamífero e estão pensando em realizar a clonagem de um ser humano. Descreva resumidamente como será a vida deste clone.



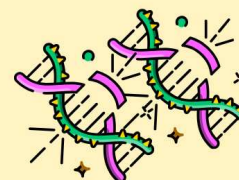
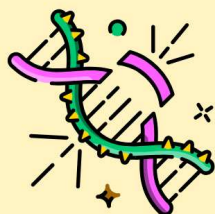


APÊNDICE 10: CARTÃO DE PERGUNTAS DA FASE 5 - Extensão (*Extension*)

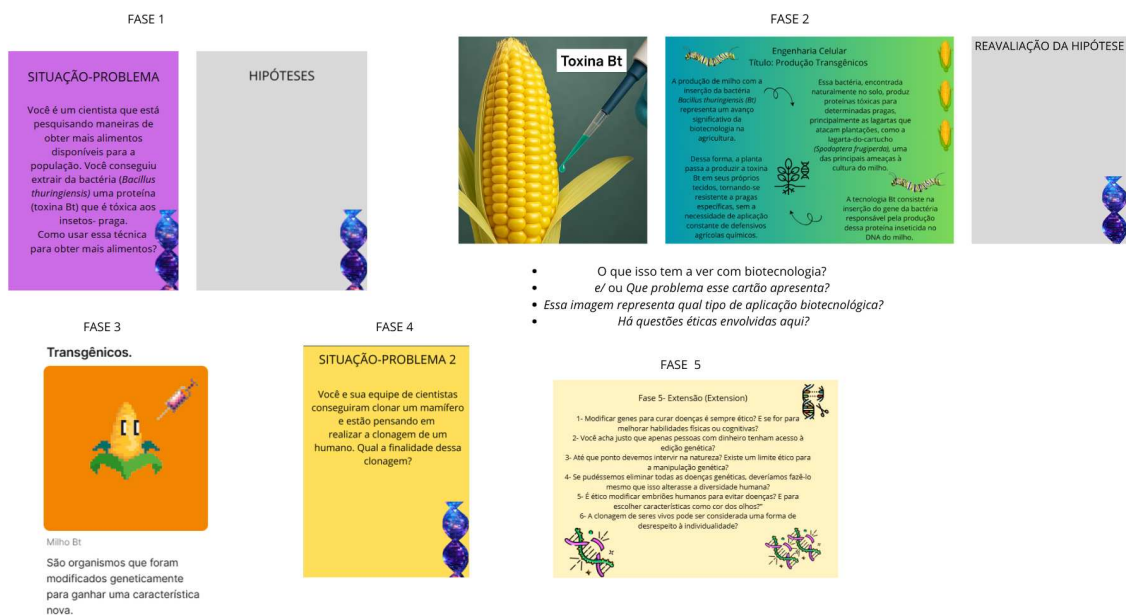
Fase 5- Extensão (Extension)



- 1- Modificar genes para curar doenças é sempre ético? E se for para melhorar habilidades físicas ou cognitivas?
- 2- Você acha justo que apenas pessoas com dinheiro tenham acesso à edição genética?
- 3- Até que ponto devemos intervir na natureza? Existe um limite ético para a manipulação genética?
- 4- Se pudéssemos eliminar todas as doenças genéticas, deveríamos fazê-lo mesmo que isso alterasse a diversidade humana?
- 5- É ético modificar embriões humanos para evitar doenças? E para escolher características como cor dos olhos?"
- 6- A clonagem de seres vivos pode ser considerada uma forma de desrespeito à individualidade?



APÊNDICE 11: ELEMENTOS QUE CONFIGURAM O SEMINÁRIO NA FASE 6 - Trocando (*Exchanging*)



- O que isso tem a ver com biotecnologia?
- e/ ou Que problema esse cartão apresenta?
- Essa imagem representa qual tipo de aplicação biotecnológica?
- Há questões éticas envolvidas aqui?

Link de acesso para melhor visualização do documento acima.

https://www.canva.com/design/DAGur755heU/VIQMUIEZANYQ4NR5M4G8Rw/edit?utm_content=DAGur755heU&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

APÊNDICE 12: AVALIAÇÃO - FASE Avaliação (*Evaluation*)Avaliação das habilidades - Questionário – FASE 7: Avaliação (*Evaluation*)

ESCOLA.....

NOME:.....

DATA.....TURMA.....

AVALIAÇÃO DAS HABILIDADES

1- Qual dos seguintes princípios éticos deve ser considerado ao propor soluções para problemas relacionados à saúde humana e ao meio ambiente?

- (A) Liberdade e pluralidade
- (B) Justiça social e sustentabilidade
- (C) Solidariedade e democracia
- (D) Todos os valores universais mencionados

2- Ao investigar a produção de alimentos saudáveis, qual é a abordagem mais adequada para respaldar conclusões e argumentos?

- (A) Basear-se em opiniões pessoais e experiências individuais
- (B) Utilizar dados, fatos e evidências científicas
- (C) Considerar apenas os aspectos estéticos dos alimentos
- (D) Focar exclusivamente nos impactos econômicos da produção

3- Qual é o papel da bioética na reflexão sobre as implicações morais da biotecnologia na saúde humana e no meio ambiente?

- (A) Garantir que todas as decisões sejam baseadas em lucro econômico
- (B) Orientar decisões científicas e tecnológicas com base em princípios éticos
- (C) Eliminar qualquer uso de biotecnologia na sociedade
- (D) Promover apenas avanços tecnológicos sem considerar impactos éticos

4- Ao sistematizar e divulgar os resultados de uma pesquisa escolar sobre alimentos saudáveis, qual é a etapa mais importante?

- (A) Interpretar os dados coletados de forma clara e organizada
- (B) Ignorar os dados que não correspondem às expectativas
- (C) Divulgar os resultados sem análise prévia
- (D) Focar apenas na apresentação estética

5- Qual das seguintes ações demonstra a habilidade de utilizar informações científicas para propor soluções para problemas diversos?

- (A) Criar um projeto de hortas comunitárias para melhorar a alimentação local
- (B) Debater os impactos da biotecnologia sem propor soluções práticas
- (C) Ignorar evidências científicas ao propor soluções ambientais
- (D) Focar em soluções que beneficiem apenas um grupo específico

Avaliação 4

Avaliação dos objetivos da sequência didática – Questionário - FASE 7:
Avaliação (Evaluation)

ESCOLA.....

NOME:.....

DATA.....TURMA.....

AVALIAÇÃO DOS OBJETIVOS

1- O que é bioética e qual é o seu papel nas decisões científicas e tecnológicas?

- a) É o estudo das leis que regulamentam a ciência, sem considerar aspectos éticos.
- b) É uma área da ética que analisa as implicações morais das práticas científicas e tecnológicas, orientando decisões responsáveis.
- c) É uma disciplina que se concentra exclusivamente no impacto econômico das inovações tecnológicas.
- d) É o estudo das técnicas de engenharia genética aplicadas à biotecnologia.

2- Qual das alternativas melhor descreve a relação entre biotecnologia, engenharia genética, clonagem, uso de células-tronco e organismos transgênicos?

- a) São áreas independentes da ciência, sem relação entre si.
- b) Todas essas áreas utilizam técnicas de manipulação genética para desenvolver soluções em saúde, agricultura e outras áreas, mas levantam questões éticas e sociais.
- c) A biotecnologia é uma área que se limita ao uso de organismos transgênicos, enquanto a engenharia genética trata apenas de clonagem.
- d) A clonagem e o uso de células-tronco são práticas exclusivas da medicina, sem conexão com a biotecnologia.

3- Qual é um dos principais dilemas bioéticos associados às pesquisas genéticas?

- a) A dificuldade em identificar genes responsáveis por doenças.
- b) O impacto ambiental causado pela engenharia genética.
- c) A possibilidade de discriminação genética e questões de privacidade.
- d) A falta de avanços tecnológicos na área de biotecnologia.

4- Como a bioética pode influenciar a disseminação das biotecnologias?

- a) Ao criar leis que proíbem qualquer tipo de inovação tecnológica.
- b) Ao promover debates que avaliam os impactos sociais, ambientais e éticos das biotecnologias.
- c) Ao incentivar o uso irrestrito de biotecnologias para maximizar os lucros econômicos.
- d) Ao limitar o uso de biotecnologias apenas à área médica.

5- Qual é um exemplo real de organismo transgênico amplamente utilizado na agricultura?

- a) Milho Bt
- b) Arroz integral
- c) Tomate orgânico
- d) Batata doce

6- Qual é a preocupação ambiental relacionada ao uso de organismos transgênicos?

- a) Aumento da biodiversidade
- b) Resistência de pragas e ervas daninhas
- c) Redução da produtividade agrícola
- d) Melhoria na qualidade do solo

7- Qual é uma aplicação médica da clonagem?

- a) Criação de alimentos geneticamente modificados
- b) Produção de órgãos para transplantes
- c) Desenvolvimento de vacinas contra doenças virais

d) Aumento da resistência de plantas a pragas

8- Qual é o impacto social da biotecnologia?

- a) Aumento da desigualdade econômica devido ao acesso limitado às tecnologias
- b) Redução da poluição ambiental
- c) Melhoria na qualidade do solo
- d) Diminuição da produção de alimentos

9- Qual é um desafio ético relacionado à engenharia genética?

- a) A falta de regulamentação para o uso de organismos transgênicos
- b) A possibilidade de manipulação genética em humanos para fins não terapêuticos
- c) A dificuldade em identificar genes responsáveis por doenças
- d) A baixa eficiência das técnicas de engenharia genética

10- Qual é um exemplo de impacto econômico positivo da biotecnologia?

- a) Aumento da produção agrícola devido ao uso de organismos transgênicos
- b) Redução da biodiversidade em áreas agrícolas
- c) Aumento dos custos de produção agrícola
- d) Diminuição da exportação de produtos agrícolas

11- Qual é a implicação na saúde do consumo de alimentos transgênicos?

- a) Aumento da resistência a antibióticos
- b) Possibilidade de reações alérgicas em indivíduos sensíveis
- c) Melhoria na qualidade nutricional de todos os alimentos
- d) Redução da necessidade de suplementação alimentar

12- Qual é um exemplo de regulamentação relacionada à engenharia genética?

- a) Proibição total do uso de organismos transgênicos
- b) Exigência de rotulagem de alimentos transgênicos
- c) Eliminação de pesquisas genéticas em laboratórios

d) Restrição ao uso de biotecnologia na medicina

13- Qual é um benefício ambiental do uso de organismos transgênicos?

- a) Redução do uso de pesticidas químicos
- b) Aumento da resistência de pragas
- c) Diminuição da biodiversidade
- d) Aumento da poluição do solo

14- Qual é a aplicação científica da clonagem?

- a) Criação de organismos transgênicos para agricultura
- b) Estudo de doenças genéticas em modelos animais
- c) Produção de vacinas contra doenças infecciosas
- d) Aumento da produtividade agrícola

15- Qual é uma preocupação ética relacionada ao uso de células-tronco embrionárias?

- a) A dificuldade em obter células-tronco adultas
- b) O uso de embriões humanos, levantando questões sobre o início da vida
- c) A baixa eficiência das técnicas de clonagem
- d) A falta de regulamentação para pesquisas genéticas

16- Qual é uma questão ética relacionada à clonagem humana?

- a) A dificuldade em clonar animais geneticamente idênticos
- b) O impacto ambiental da clonagem humana
- c) A possibilidade de criar seres humanos para fins específicos, como doação de órgãos
- d) A baixa eficiência das técnicas de clonagem

ALVES, Jonas Fernandes. *Edição do Genoma Humano — Análise Crítica ao Panorama Ético-Legal*. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídico-Forenses) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/90349>. Acesso em: 19 ago. 2025.

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.

BARTH, Wilmar Luiz. Engenharia genética e bioética. *Revista Teocomunicação*, Porto Alegre, v. 35, n. 149, p. 361–391, set. 2005. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/teo/article/download/1694/1227/0>. Acesso em: 10 jul. 2025.

BIAGIOTTI, Luiz Cláudio Medeiros. Conhecendo e aplicando rubricas em avaliações. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA, 12., 2005, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: ABED, 2005. Disponível em: <https://www.abed.org.br/hotsite/12-ciaed/por/pdf/007tcf5.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

BRAGA, T. F.; FRANCO, M. M. Clonagem por transferência nuclear e genes relacionados à pluripotência celular. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 37, n. 4, p. 334–338, 2013. Disponível em: Clonagem por transferência nuclear – RBRA. Acesso em: 26 jun. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação/ Câmara de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular: educação é a base*. Brasília, 2018.

BRASIL. Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003. Regulamenta o direito à informação, assegurado pela Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, quanto aos alimentos e ingredientes alimentares destinados ao consumo humano ou animal que contenham ou sejam produzidos a partir de organismos geneticamente modificados. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 25 abr. 2003. Disponível em: texto oficial no site do Ministério da Agricultura. Acesso em: 20 ago. 2025.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. *Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação*. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 3, p. 1085-1104, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329692156_Fundamentos_Teoricos_e_Metodologicos_do_Ensino_por_Investigacao. Acesso em: 06 abr. 2025.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC). About Anthrax. Atlanta, GA: CDC, 2025. Disponível em: <https://www.cdc.gov/anthrax/about/index.html>. Acesso em: 27 jun. 2025.

FERNANDES, Juana Angélica Felipe; SILVA, Lígia de Nazaré Aguiar. *Técnicas de biorremediação microbiana de solos contaminados com metais pesados*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 12., 2021, Salvador. Anais [...]. Salvador: [s.n.], 2021.

FERNANDES, Patrícia. *Sequenciamento genético à luz do direito: da digitalização da vida à identidade autêntica*. 2021. Tese (Doutorado em Direito) – Faculdade de Direito, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/30504/1/TESE%20PATRICIA%20-%20VERS%C3%83O%20FINAL%2001-07.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

FERREIRA, Luís Afonso de Alencar et al. *Implicações éticas na edição genética: limites da intervenção humana e responsabilidade científica*. Revista FT, v. 29, n. 146, maio 2025. Disponível em: <https://revistافت.com.br/implicacoes-eticas-na-edicao-genetica-limites-da-intervencao-humana-e-responsabilidade-cientifica>. Acesso em: 2 ago. 2025.

FIORAVANTI, Carlos. Fármacos do leite transgênico. *Revista Pesquisa FAPESP*, São Paulo, n. 339, p. 76–79, maio 2024. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2024/05/076-079_farmacos-leite_339.pdf. Acesso em: 27 jun. 2025.

FURTADO, R. N.. *Edição genética: riscos e benefícios da modificação do DNA humano*. Revista Bioética, v. 27, n. 2, p. 223–233, abr. 2019.

GAYLARDE, Christine Claire; BELLINASO, Maria de Lourdes; MANFIO, Gilson Paulo. Biorremediação. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, Brasília, n. 34, p. 36–41, jan./jun. 2005. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33137656/biorremediacao_34-libre.pdf. Acesso em: 19 ago. 2025.

GOMES, Weliton Augusto; DUTRA, Denecir; SAUTTER, Klaus; GAVINHO, Bruno. Reflexões bioéticas sobre a “desextinção” de espécies. *Revista Brasileira de Bioética*, Brasília, v. 16, n. 1, p. 1–18, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rbb/article/view/34453>. Acesso em: 16 ago. 2025.

GRISOLIA, Cesar Koppe. Bioterrorismo e a facilidade de acesso à biotecnologia e seus insumos. *Revista Bioética*, Brasília, v. 21, n. 2, p. 359–364, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bioet/a/RtrGZzZxcGJywgdBgpVVXMS/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 ago. 2025.

KHASHAN, Khaled. *The Effectiveness of Using the 7E's Learning Cycle Strategy on the Immediate and Delayed Mathematics Achievement and the Longitudinal Impact of Learning among Preparatory Year Students at King Saud University (KSU)*. Riyadh: King Saud University, Preparatory Year, 2022.

LEITE, T. H.. *Análise crítica sobre a evolução das normas éticas para a utilização das técnicas de reprodução assistida no Brasil*. Ciência & Saúde Coletiva, v. 24, n. 3, p. 917–928, mar. 2019.

MAGALHÃES, Maria Clara. Direito dos embriões e o novo Código Civil: reflexos no Direito de Família. Consultor Jurídico, 4 mar. 2025. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2025-mar-04/direito-dos-embrioes-e-o-novo-codigo-civil-reflexos-no-direito-de-familia/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

MEDEIROS, F. N. da S. *As múltiplas representações de Dolly nos discursos sobre a clonagem e as pesquisas com células-tronco na imprensa brasileira*. Intercom: Revista Brasileira de Ciências da Comunicação, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 93–110, jan. 2012.

MICHELOTTO, M. D. et al. *Eficácia de milho transgênico tratado com inseticida no controle da lagarta-do-cartucho no milho safrinha no estado de São Paulo, Brasil*. Ciência e Agrotecnologia, v. 41, n. 2, p. 128–138, mar./abr. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/NqLGGjRsK36vyXHbvbGmwgC/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 20 ago. 2025.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P.. Implicações dos transgênicos na sustentabilidade ambiental e agrícola. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, v. 7, n. 2, p. 481–491, jul. 2000.

NOHAMA, Norton; SILVA, Jefferson Soares da; SIMÃO-SILVA, Daiane Priscila. O impacto ambiental da edição genética no Brasil: uma abordagem a partir da bioética global. *Temáticas*, Campinas, v. 29, n. 58, p. 1–20, 2021. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/tematicas/article/download/15161/10738/39995>. Acesso em: 20 ago. 2025.

OLIVEIRA, José Mauro Cabral de; FELIPPE, Karla Julião Villani. Estudos com células-tronco e suas questões éticas e jurídicas: uma revisão atual sobre o assunto. *Revista Científica da FUPAC*, v. 10, n. 2, 2022. Disponível em: <https://www.ri.unipac.br/repositorio/wp-content/uploads/taianacan-items/282/165721/Jose-Mauro-Cabral-de-Oliveira.pdf>. Acesso em: 2 ago. 2025.

OLIVEIRA, Simone Born de. *Manipulação genética e dignidade humana: da bioética ao direito*. 2001. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OSSEGE, Albany; GARRAFA, Volnei. *Bioética e mapeamento genético na seleção de trabalhadores*. *Saúde em Debate*, Rio de Janeiro, v. 39, n. 104, p. 226–238, jan./mar. 2015. Disponível em: Biblioteca Virtual em Saúde. Acesso em: 20 ago. 2025

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 8, n. 2, p. 253–262, 2002.

ROGERS, K. Desextinção. *Enciclopédia Britânica*, 10 mar. 2025. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/de-extinction>. Acesso em: 27 jun. 2025.

SABRA, Dunja Manal; KRIN, Anna; ROMERAL, Ana Belén; FRIEß, Johannes Ludwig; JEREMIAS, Gunnar. Anthrax revisited: how assessing the unpredictable can improve biosecurity. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, Lausanne, v. 11, 2023. Disponível em: Antraz revisitado: como avaliar o imprevisível pode melhorar a biossegurança - PubMed. Acesso em: 27 jun. 2025.

SAIS, Fernanda. Pesquisa com células-tronco embrionárias: questões éticas. *Tudo Sobre Células-Tronco*, 23 nov. 2018. Disponível em: <http://tudosobreclulastronco.com.br/pesquisa-com-celulas-tronco-embrionarias/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. *Currículo Base do Ensino Médio do Território Catarinense – Caderno 3: Portfólio de Trilhas de Aprofundamento*. Florianópolis: Secretaria de Estado da Educação, 2020. Disponível em: <https://www.cee.sc.gov.br/index.php/downloads/documentos-diversos/curriculo-base-do-territorio-catarinense/2067-curriculo-base-do-territorio-catarinense-do-ensino-medio-caderno-3/file>. Acesso em: 30 ago. 2023.

SCARPA, Daniela Lopes; CAMPOS, Natália Ferreira. *Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação*. *Estudos Avançados*, v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0003>. Acesso em: 23 maio 2025.

SCHENBERG, A. C. G. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 24, n. 70, p. 07–17, jan./abr. 2010. Disponível em: <https://revistas.usp.br/eav/article/view/10490>. Acesso em: 12 set. 2025.

SILVA, A. C. et al. Extração e caracterização da lignina proveniente do pré-tratamento de biomassa para produção de etanol de 2ª geração. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 1, p. 1–10, jan./fev. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/loram/a/YqNQWZ6RRWggG5tdhx86G8G>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SILVA, Amanda Hilary. Clonagem humana e seus aspectos legais. *Jusbrasil*, 2013. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/clonagem-humana-e-seus-aspectos-legais/1870187026>. Acesso em: 26 jun. 2025.

TOLEDO, Karina. Pesquisa identifica genes que controlam a qualidade da lignina na cana. *Agência FAPESP*, São Paulo, 07 jan. 2013. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/pesquisa-identifica-genes-que-controlam-a-qualidade-da-lignina-na-cana/16669>. Acesso em: 13 set. 2025.

YEGANIANZ, Levon. A BIOÉTICA E A REVOLUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA NO NOVO MILÊNIO. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 139–166, 2001. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2001.v18.8847. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/cct/article/view/8847>. Acesso em: 20 ago. 2025.

ZATZ, Mayana. Clonagem e células-tronco. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 18, n. 51, p. 361–391, ago. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/sDtmSJfCv3cYLjcDg94NW4n/>. Acesso em: 10 jul. 2025.

REFERÊNCIAS DE APOIO

FERNANDES, A. *Apostila de Biotecnologia*. Universidade Federal de Pelotas – UFPel. Disponível em: *Apostila Biotecnologia.pub* – UFPel. Acesso em: 10 jul. 2025.

GIANNINI, Alessandro. Mamute e Dodô: empresa que pretende reviver animais extintos recebe aporte milionário. *Veja*, São Paulo, 15 jan. 2025. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/mamute-e-dodo-empresa-que-pretende-reviver-animais-extintos-recebe-aporte-milionario/>. Acesso em: 27 jun. 2025.

NATIONAL HUMAN GENOME RESEARCH INSTITUTE. *What are the ethical concerns of genome editing?* Bethesda, MD: NHGRI, [2023?]. Disponível em: <https://www.genome.gov/about-genomics/policy-issues/Genome-Editing/ethical-concerns>. Acesso em: 27 jun. 2025.

NUFFIELD COUNCIL ON BIOETHICS. Genome editing and human reproduction: social and ethical issues – short guide. London: Nuffield Council on Bioethics, 2018. Disponível em: <https://www.nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/Genome-editing-and-human-reproduction-short-guide.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2025.

VAIANO, Bruno. *Como foi a clonagem da ovelha Dolly*. Revista Galileu, 5 jul. 2016. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2016/07/como-foi-clonagem-da-ovelha-dolly.html>. Acesso em: 25 jun. 2025.

VARGAS, M. A. C.; CASTRO, C. M. N. *Bioética e biotecnologia: desafios para a formação médica*. Revista Médica de Chile, Santiago, v. 141, n. 2, p. 251–258, 2013. Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-569X2013000200005. Acesso em: 26 jun. 2025.

RALVES, Cláudio. O embrião e a relativização do direito à vida. *Jus Navigandi*, 2013. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/30173/o-embriao-e-a-relativizacao-do-direito-a-vida>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. "Clonagem"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/clonagem.htm>. Acesso em 26 de junho de 2025.

SHIPMAN, Pat; FISHER, Daniel C.; ROSE, Jennie J. Mastodon butchery: microscopic evidence of carcass processing and bone tool use. *Paleobiology*, Cambridge, v. 10, n. 3, p. 358–365, 1984. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/paleobiology/article/abs/mastodon-butchery-microscopic-evidence-of-carcass-processing-and-bone-tool-use/61C8B3D92318198CC69289EBC33271F4>. Acesso em: 27 jun. 2025.