

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRESSA KOHLER

E-BOOK SOBRE ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO ENSINO DE
BIOTECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

CURITIBA

2025

ANDRESSA KOHLER

E-BOOK SOBRE ABORDAGEM INVESTIGATIVA NO ENSINO DE BIOTECNOLOGIA
NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), do Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia.

Orientadora: Profa. Dra. Lucy Ono.

CURITIBA

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Köhler, A.

E-book sobre abordagem investigativa no ensino de biotecnologia na educação básica.
/ Andressa Köhler. – Curitiba, 2025.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências
Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.
Orientadora: Prof.^a Dra. Lucy Ono.

1. Didática. 2. DNA recombinante. 3. Aprendizagem – Estudo e ensino. 4. Biologia. 5.
Jogos educativos. 6. Jogos no ensino de biologia. 7. Biotecnologia – Estudo e ensino. I.
Ono, Lucy, 1976-. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE
BIOLOGIA EM REDE NACIONAL - 32001010175P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ANDRESSA KOHLER**, intitulada: **E-book sobre abordagem investigativa no ensino de biotecnologia na educação básica**, sob orientação da Profa. Dra. LUCY ONO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 14 de Março de 2025.

Assinatura Eletrônica

16/03/2025 09:25:36.0

LUCY ONO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

14/03/2025 15:30:18.0

PATRICIA DO ROCIO DALZOTO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

15/03/2025 00:00:51.0

JASON LEE FURUIE

Avaliador Externo (DEPARTAMENTO DE PATOLOGIA BÁSICA)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço imensamente pela luz dos meus dias, que me faz continuar e vencer batalhas internas e desafios cotidianos, e que me proporciona energia para continuar, que é minha filha Alice. Ela faz a vida ter um sentido especial que não posso expressar com palavras.

Ao meu esposo Samuel, por todas as vezes que buscou palavras reconfortantes em momentos difíceis, em que o esgotamento físico e mental dominava e tornava grande a vontade de desistir e por ouvir tanto e em tantos momentos em que precisei de um amigo.

Ao meu pai Aristeu, minha mãe Márcia e meu irmão André, por acreditarem que eu poderia fazer o que quisesse, já que sempre enalteciram a minha determinação e impulsionaram meus passos até aqui.

À minha orientadora Profa. Dra. Lucy Ono, que conduziu com maestria o processo de construção desse trabalho, com a paciência e calma necessárias para manter o foco durante a trajetória.

Às minhas amigas Anna Luiza e Gislaine, que muitas vezes me colocaram para cima, dizendo o quanto eu era capaz de terminar e ir adiante, ouviram desabafos e fizeram o caminho parecer menos pesado.

À minha amiga Marciele, que foi e é uma ouvinte essencial em relação aos meus anseios e angústias, que passou pelo programa, e foi uma grande incentivadora das minhas realizações.

Ao meu aluno Pedro Vidal, por prestar do seu tempo para prestar auxílio na confecção do jogo de RPG e explicar, com muita paciência, o funcionamento e desdobramentos possíveis dessa ferramenta.

Aos colegas de mestrado, e especialmente as amigas Elisiane, Juliana e Milena, por fazerem parte dessa jornada e por tornarem os encontros semanais mais leves e divertidos.

Aos professores do PROFBIO, por buscarem nos colocar no chão, perante a realidade difícil e inquietante, mas possível de realização. E também à banca de acompanhamento e avaliação, pelas sugestões e observações enriquecedoras.

Esta dissertação de mestrado foi desenvolvida no Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação da Profa. Dra. Lucy Ono e contou com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que financia o PROFBIO.

“Não eduques as crianças nas várias disciplinas recorrendo à força, mas como se fosse um jogo, para que também possas observar melhor qual a disposição natural de cada um.”

Platão

Instituição: Universidade Federal do Paraná
Mestranda: Andressa Kohler
Título do TCM: E-book sobre abordagem investigativa no ensino de biotecnologia na educação básica.
Data da defesa: 14 de março de 2025.
<p>Desde muito cedo brincava de professora com um pequeno quadro, um giz, um caderno e uma caneta, com meus alunos invisíveis, com os quais eu falava e explicava aquilo que ia aprendendo na escola. Em qualquer canto que fosse possível. Na adolescência, por vezes, me peguei sonhando com o dia em que eu estaria lá, no lugar daquele professor, naquela aula, propiciando momentos de conhecimento e aprendizagem, mas ali, ainda era a estudante com sonhos a serem vencidos. A ciência sempre me cativou, o porquê das coisas, dos fenômenos naturais, o crescimento de um ser vivo, como pode uma célula se tornar um ser a partir de matéria? Como pode, nós humanos, não percebermos que estamos inseridos em um grande ecossistema desequilibrado por nós mesmos? E chegou o terceiro ano do ensino médio, com a decisão de ser professora de biologia. A primeira vez que entrei em uma sala como professora não sai de minha cabeça, e agora eu tinha uma responsabilidade gigante, com o futuro de pessoas, e aquilo era brilhante. E lá se vão onze anos de experiência docente, com a clareza de que, mesmo com tantos impasses que já são conhecidos na sociedade, fiz a escolha certa, e me doo sempre para ser a melhor. Melhor no sentido de buscar o conhecimento, melhorar técnicas de gestão de sala de aula, de metodologias para com os meus estudantes. Busco empatia, como eu me sentiria se fosse adolescente com essa aula? Como fazer para que isso faça sentido no contexto? Como despertar a atenção nesse conteúdo? E isso me motiva e me cativa, o quão provável é que, um pouco de empatia, possa mudar a vida daqueles estudantes. Depois da graduação, acabei recebendo como honra ao mérito uma oportunidade de fazer mestrado em educação, mas abdiquei para fazer apenas especializações. Não era a hora certa, mas recentemente senti falta de um desafio maior, mesmo com diferentes impasses, fiquei sabendo do PROFBIO por colegas que já o cursavam. Resolvi me aventurar, e foi uma difícil jornada de conciliamento de tarefas, mas que com toda a certeza, proporcionou momentos de tamanha reflexão e aprendizado, com os professores e colegas que fiz durante o percurso. Um educador não pode deixar a chama apagar, é necessário persistir e nos reinventar, já que muitas pessoas, mesmo sem saber, se espelham em nós, e por muitos momentos, somos a única esperança para elas. Eu ainda sou uma das poucas que acredita realmente no poder da educação como transformadora e eficaz e torço para que meus colegas de jornada também tenham essa crença insaciável.</p>

RESUMO

O ensino médio brasileiro vem passando por uma reorganização curricular e estrutural, que busca o desenvolvimento de competências e habilidades. Para isso, os professores devem estar atualizados com aulas estimulantes, que permitam que o docente seja um mediador do conhecimento e não apenas um transmissor de conteúdo. No ensino de biologia, é necessária a preparação de aulas para o desenvolvimento do pensamento científico voltado à resolução de problemas da sociedade. Nesse sentido, a abordagem investigativa é a estratégia que culmina na apresentação de um problema e um conjunto de condições para que o estudante levante hipóteses, experimente e consiga chegar a conclusões. Nessa modalidade, podem-se utilizar diferentes ferramentas, inclusive estratégias lúdicas, que fomentem a curiosidade e a socialização. Na biologia, uma das áreas de grande desenvolvimento e impacto na sociedade, mas abstrata, é a biotecnologia. De maneira inconsciente, ela está presente desde os primórdios da humanidade. Um domínio que vem ascendendo é a tecnologia do DNA recombinante, com diversas aplicabilidades, como a produção de proteínas específicas, enzimas, vacinas, dentre outros. Portanto, merece destaque nas aulas do ensino médio. Esse projeto propõe o desenvolvimento de um e-book contendo uma sequência didática investigativa para o ensino da tecnologia do DNA recombinante, e informações extras acerca de temas recorrentes da biotecnologia, de uma maneira descontraída e lúdica, voltado ao auxílio pedagógico para professores. Considerando a falta de material relacionado a abordagens investigativas na área, o trabalho se justifica e poderá desempenhar um papel de suporte no processo de ensino-aprendizagem. Como resultado, foram escritos 8 capítulos no e-book, abordando desde o contexto histórico do desenvolvimento da biotecnologia, suas áreas de atuação, produtos como vacinas, testes de DNA, células-tronco e clonagem, tecnologia do DNA recombinante, além de uma introdução ao ensino por abordagens investigativas e uma sequência para ensino da tecnologia do DNA recombinante, na qual se encontra disponível a proposta de um jogo de *Role Playing Game* (RPG) intitulado “*The Mystery: Salvando Vidas*”. O livro foi elaborado na plataforma Canva e contou com levantamento de informações confiáveis como referencial. Por fim, o material busca auxiliar os docentes de biologia em aulas que tem como base a biotecnologia, propondo atividades com abordagens investigativas.

Palavras-chave: sequência didática, DNA recombinante, biologia, metodologia ativa, jogo didático.

ABSTRACT

The Brazilian high school system has been undergoing a curricular and structural reorganization intended to developing competencies and skills. For this, teachers need to stay updated with stimulating classes, allowing them to be mediators of knowledge rather than mere content transmitters. In biology teaching, the preparation of classes for the development of scientific thinking aimed at solving society's problems is necessary. In this sense, the investigative approach is a strategy that culminates in the presentation of a problem and a set of conditions for students to formulate hypotheses, experiment, and arrive at conclusions. In this modality, a variety of tools may be used, including playful strategies that promote curiosity and socialization. In biology, one area of great development and impact on society, yet abstract, is biotechnology. Unconsciously, it has been present since the dawn of humanity, and one domain that has been ascending is recombinant DNA technology, with diverse applications, such as the production of specific proteins, enzymes, vaccines, among others. Therefore, it deserves emphasis in high school classes. This project proposes the development of an e-book containing an investigative didactic sequence for teaching recombinant DNA technology, as well as additional information about recurring biotechnology themes, presented in a relaxed and playful manner to aid teachers pedagogically. Considering the lack of material related to investigative approaches in this field, this work is justified and can support the teaching-learning process. As a result, 8 chapters were written in the e-book, covering the historical context of the development of biotechnology, its areas of activity, products such as vaccines, DNA testing, stem cells and cloning, recombinant DNA technology, as well as an introduction to teaching through investigative approaches and a sequence for teaching recombinant DNA technology, in which the proposal for a Role Playing Game (RPG) entitled "The Mystery: Saving Lives" is available. The book was created on the Canva platform and relied on reliable information as a reference. Finally, the material seeks to assist biology teachers in classes based on biotechnology, proposing activities with investigative approaches.

Keywords: didactic sequence; recombinant DNA; biology; active methodology; educational game.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1 – COMPETÊNCIAS DA BNCC TRABALHADAS COM AS ATIVIDADES PROPOSTAS NO RECURSO EDUCACIONAL DESENVOLVIDO.....	11
FIGURA 1 – ELEMENTOS PRESENTES NO ENSINO DE BIOLOGIA COM ABORDAGENS INVESTIGATIVAS.....	14
FIGURA 2 – EXPERIMENTO DE PRODUÇÃO E CLONAGEM DE DNA RECOMBINANTE.....	15
FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	O PAPEL DO PROFESSOR NO ENSINO POR ABORDAGEM INVESTIGATIVA.....	13
2.2	A BIOTECNOLOGIA E A TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE.....	14
2.3	ATIVIDADES DE CUNHO LÚDICO.....	16
2.4	DIFICULDADES DO ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	17
3	OBJETIVOS.....	18
3.1	OBJETIVO GERAL.....	18
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4	METODOLOGIA.....	19
4.1	PRODUÇÃO DE E-BOOK CONTENDO SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI) COM JOGO DIDÁTICO.....	19
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
6	CONCLUSÕES.....	31
	REFERÊNCIAS.....	31
	APÊNDICE 1	39

1 INTRODUÇÃO

O ensino médio no país vem passando por uma reorganização curricular e estrutural. A proposta que vem sendo implantada gradualmente, desde 2021, visa a ampliação da carga horária para 3000 horas, considerando que antes era de 2400 horas, com a reforma do Ensino Médio e a implantação do Novo Ensino Médio que será obrigatória a partir de 2026 (Brasil, 2024).

Foram estabelecidas competências e habilidades para cada componente curricular, de acordo com a BNCC – Base Nacional Comum Curricular, documento que estabelece os conteúdos a serem desenvolvidos nesta etapa do ensino. Há ainda, a oferta de itinerários formativos de acordo com a área de conhecimento escolhida pelo estudante no 1º ano de curso (MEC, 2023). Das dez competências listadas na BNCC (MEC, 2017), identificam-se sete que podem ser desenvolvidas ao utilizar o material, como apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1 – COMPETÊNCIAS DA BNCC TRABALHADAS COM AS ATIVIDADES PROPOSTAS NO RECURSO EDUCACIONAL DESENVOLVIDO

COMPETÊNCIA	DEFINIÇÃO
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.
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.
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	Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver

	problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.
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.
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.
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.

FONTE: MEC (2017).

As competências citadas acima ficarão evidentes quando o docente trabalhar com os jogos propostos no decorrer do e-book de ensino de biotecnologia proposto para o Novo Ensino Médio, principalmente o que está disponível de forma concomitante à sequência didática contida nele, referindo-se a um material cooperativo, atividades de debates que devem resgatar a importância da responsabilidade, cidadania e argumentação, resolução de estudos de caso, pesquisas e montagem de protótipos. Ou seja, nas diferentes propostas, é possível conciliar as competências.

No que diz respeito ao ensino de biologia, a formação geral básica traz a biotecnologia como componente do currículo básico no 1º ano do ensino médio. Já no itinerário formativo de ciências da natureza, esse conteúdo vem na forma de trilha de aprendizagem, focada no termo biotecnologia e sociedade, no 2º ano (Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná, 2021).

Faz-se necessária a preparação de aulas motivadoras e investigativas para que a aprendizagem seja significativa para enfrentar essa nova realidade. Compete a nós, educadores e professores, alavancar processos que aumentem a qualidade do ensino.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O PAPEL DO PROFESSOR E O ENSINO POR ABORDAGEM INVESTIGATIVA

O professor deve ser um mediador do conhecimento, que estimule o aluno a desenvolver seus conhecimentos dentro de um parâmetro de apropriação científica (Farias e Bortolanza, 2013).

Nesse sentido, o uso de metodologias ativas que coloquem o estudante como participante da construção do conhecimento é fundamental. A utilização de métodos de ensino baseados em investigação são ferramentas de grande utilidade.

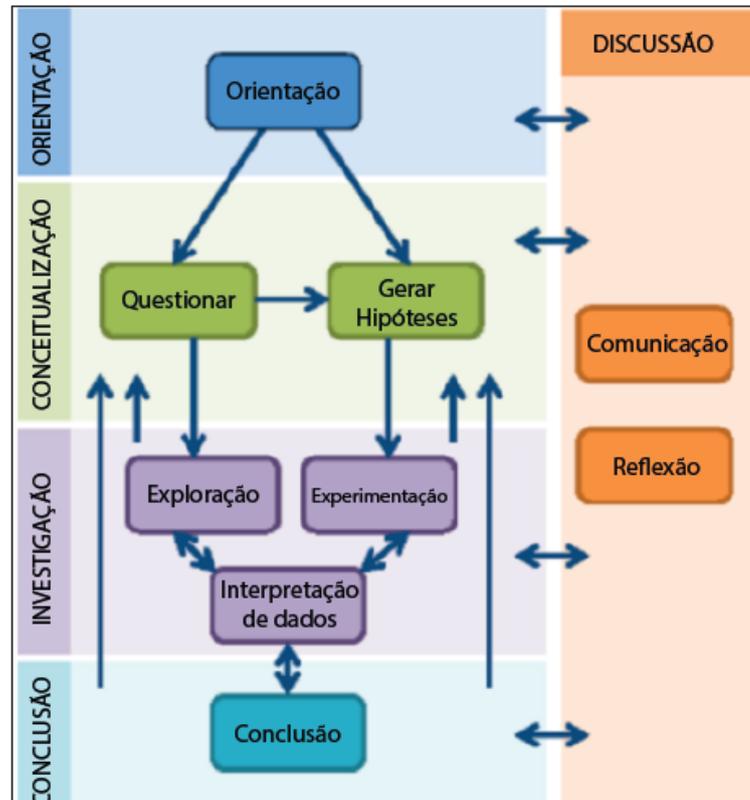
A abordagem investigativa se caracteriza por uma sequência de atividades que buscam a resolução de um problema, com condições para que os estudantes explorem possíveis variáveis, chegando a conclusões e conseguindo sistematizá-las (Carvalho *et al.*, 2013). Ela culmina com os passos do método científico, colocando o estudante frente a um problema, e fazendo com que ele participe da resolução através do levantamento de hipóteses, como esquematizado na Figura 1.

O ensino com abordagem investigativa em conteúdos de biologia serve como um recurso estimulador que, com o auxílio da ludicidade, viabiliza uma maior sensibilização e envolvimento durante a realização de atividades, reflete Pinho (2022).

O aluno acaba com uma visão distorcida do pensamento científico quando lhe é atribuído conteúdo sem a resolução de problemas. Pois o objetivo da investigação é justamente desenvolver a capacidade de raciocínio e argumentação em situações novas e/ou atípicas (Carvalho *et al.*, 2006).

Percebe-se que esse tipo de abordagem vem de encontro com o desenvolvimento de diversas competências e habilidades no estudante, fazendo-o participar do processo de aprendizagem, não sendo mais mero depósito de informações.

FIGURA 1 – ELEMENTOS PRESENTES NO ENSINO DE BIOLOGIA COM ABORDAGENS INVESTIGATIVAS



FONTE: Ursi; Scarpa (2016) *apud* Souza; Kapitango-a-Samba (2023).

2.2 A BIOTECNOLOGIA E A TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE

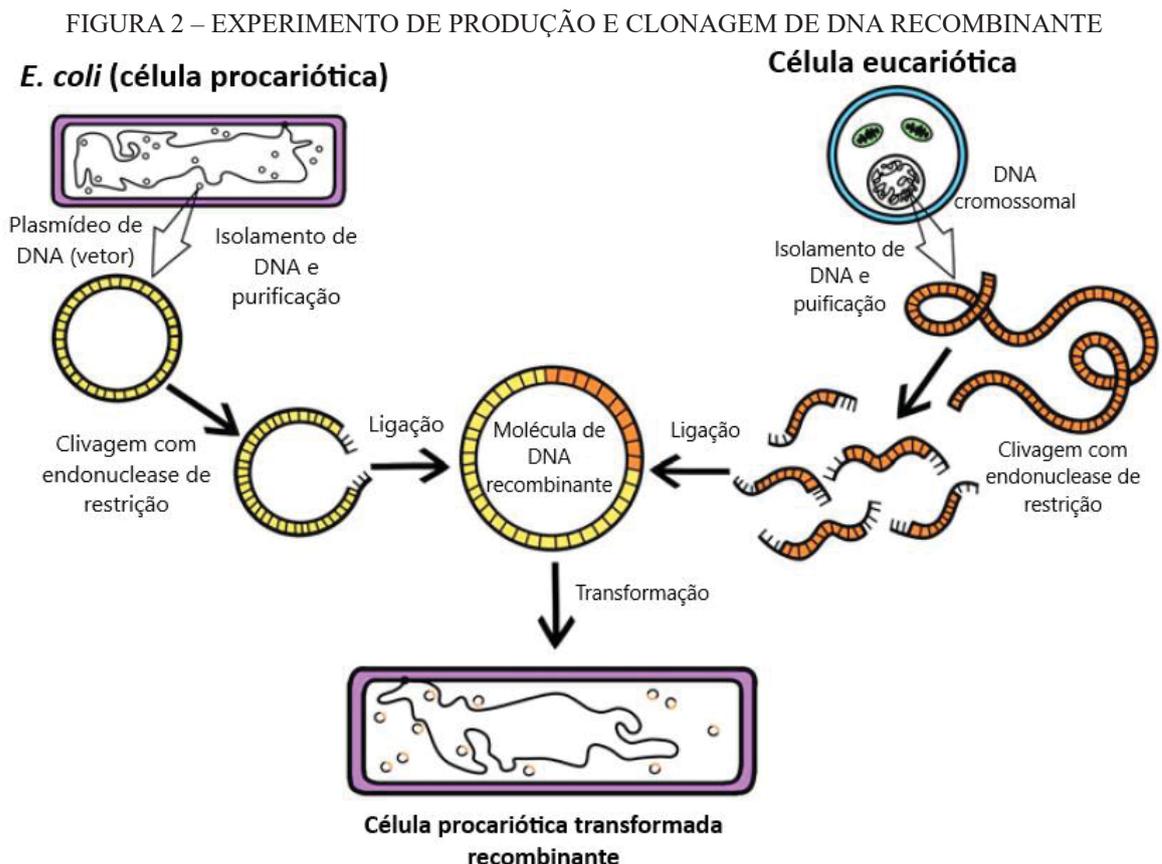
Há muito tempo, inconscientemente, o ser humano utiliza técnicas biotecnológicas, utilizando organismos, modificando-os e estudando-os para serem úteis na vida cotidiana (Godefroid, 2010). A biotecnologia é uma ciência ampla que permitiu diversos avanços na sociedade, nos mais diversos segmentos (Silva; Macagnan e Cardoso; 2021).

Intrinsicamente, as enzimas de restrição são a base da tecnologia do DNA recombinante e foram descobertas em bactérias que seccionavam ácidos nucleicos de vírus em pequenas partes, tornando-as resistentes às suas ações, já que, com o material genético fragmentado, os vírus não conseguiriam se replicar (Moreira, 2012).

Em 1980 o professor bioquímico Paul Berg foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química, devido ao desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante (Moskal, 2023). Berg conseguiu, com seus estudos utilizando o vírus tumoral de macaco SV40 e uma bactéria,

combinar pela primeira vez o DNA de organismos diferentes, inserindo o DNA do vírus SV40 no DNA de uma bactéria, criando um DNA híbrido (ou DNA recombinante). Alguns vírus, como o SV40 atuam naturalmente de forma a inserir seu DNA no DNA das células infectadas, alterando drasticamente o seu funcionamento e transformando-as em células tumorais (The Nobel Prize, 1980).

A produção da insulina em 1982, o hormônio do crescimento em 1985 e o fator VIII em 1992 foram os primeiros produtos recombinantes. Antes da técnica, a produção de proteínas só era possível por meio de fontes naturais, como a produção de insulina a partir de pâncreas de porcos. Muitas possibilidades terapêuticas surgiram, principalmente no que se diz respeito a produção enzimática e receptores envolvidos em processos de doenças (Reis *et al.*, 2009). A Figura 2 esquematiza um experimento de produção de DNA recombinante, onde um gene eucariótico, como um gene que codifica para uma proteína humana é clonado em um vetor de expressão procariótico como uma bactéria.



FONTE: Adaptado do desenho de Georgia Creager. In: Creager (2020).

Atualmente a tecnologia vem sendo cada vez mais refinada. Um exemplo é a produção de anticorpos monoclonais, que são proteínas específicas para diversos tipos de antígenos,

utilizados em uma gama variada de tratamentos, inclusive para doenças autoimunes e processos oncológicos (Marques, 2005).

Outro exemplo de utilização da tecnologia do DNA recombinante é na fabricação de vacinas terapêuticas experimentais, como a que induz a regressão de lesões precursoras e remissão do câncer do colo do útero, causado em detrimento de complicações pelo contato com o vírus HPV (Borsato; Vidal; Rocha, 2011).

Frente ao exposto, é explícita a quantidade de aplicações referentes à técnica. E esse é um conteúdo curricular do ensino médio que pode ser trabalhado de diversas maneiras.

2.3 ATIVIDADES DE CUNHO LÚDICO

Uma proposta motivadora para as aulas pode ser a utilização de atividades de cunho lúdico, que podem se expressar de diferentes maneiras e permitem aos docentes perceber traços do comportamento de seus estudantes, permitindo um melhor planejamento, promovendo um ambiente motivador para o processo de ensino aprendizagem (Kaufmann-Sacchetto *et al.*, 2011).

Por conseguinte, o conhecimento é construído ativamente e não apenas transmitido de uma pessoa à outra, portanto uma abordagem interessante para o ensino pode ser a inserção de jogos no processo pedagógico que promove o engajamento e socialização dos estudantes (Piccolo; Carvalho, 2022).

Nascimento *et al.* (2020) realizaram uma prática de colagem relacionada ao DNA recombinante e refletiram que a atividade interativa estimulou o trabalho em equipe, e que mesmo com dificuldades pontuais, o tema foi assimilado com êxito.

Um jogo de tabuleiro lúdico produzido por Meloni, Spiegel e Gomes (2018) teve o intuito de fazer o estudante ir perpassando na trilha e ir recebendo informações de como construir uma vacina recombinante contra o HPV. As autoras concluíram que o material de fácil acesso e reprodução foi um facilitador para a aprendizagem de termos moleculares complexos e abstratos.

No mesmo segmento, sobre a estrutura da molécula de DNA, Jann e Leite (2010) realizaram uma atividade lúdica onde os estudantes deveriam montar partes da estrutura, utilizando etil vinil acetato (E.V.A.) com o intuito de demonstrar como a molécula se abre, e como ocorrem os processos de transcrição e tradução de proteínas. Concluíram que os

estudantes demonstraram uma maior facilidade de lembrar de denominações complexas ao montar e desmontar o trabalho.

Já dos Santos e Santos (2020) construíram e aplicaram um jogo de tabuleiro denominado “Bases para biotecnologia e caminhos da eletroforese” e concluíram que este “permitiu aos estudantes uma considerável compreensão a respeito do tema proposto, pois foi possível identificar que o processo de ensino e aprendizagem demonstraram avanços em comparação aos conhecimentos prévios”.

Com base no exposto, compreende-se que o processo educativo é amplo e complexo, que requer preparo e planejamento docente, para que haja um maior sucesso no alcance do objetivo final, que é melhorar a apreensão de um dialeto de difícil assimilação, no que se diz respeito a biotecnologia e seus conceitos.

Logo, os livros didáticos, muito utilizados pelos docentes, não deveriam ser utilizados de forma exclusiva e única como norteadores para preparação de aulas sobre biotecnologia.

2.4 DIFICULDADES DO ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

A biotecnologia se apresenta como uma área abstrata, já que depende da compreensão de mecanismos biológicos importantes, mas que não são visíveis em nosso cotidiano, como a replicação, transcrição e tradução.

No ensino médio os conteúdos recorrentes são clonagem, transgênicos, produtos biotecnológicos, células tronco e tecnologia do DNA recombinante. São temas de extrema curiosidade e grande aplicação ambiental, social e industrial.

De acordo com Lima e Garcia (2011, p. 211): “Buscar um ensino de Biologia com atividades que aproximem a sala de aula do cotidiano pode ser um bom caminho para tornar a aprendizagem um processo mais interessante e prazeroso” (...).

Tratando-se do ensino da tecnologia do DNA recombinante, este é um conteúdo abstrato, como já dito, que pode ter sua significância distorcida em suas implicações técnicas e sociais. Portanto, é bastante importante que, nas escolas, o conteúdo possa estar relacionado e contextualizado ao cotidiano dos alunos (Oliveira e Silva, 2021).

Os materiais que o docente tem disponíveis para trabalhar com essa temática nas escolas estaduais públicas paranaenses são alguns recursos digitais, como TV com acesso à internet, que permite a exploração de vídeos e imagens, quando a conexão está acessível, já que em muitos locais, isso não é possível, e o livro didático, que, muitas vezes, tem somente textos.

Uma das dificuldades eminentes no ensino da biologia é a carência de material didático que possa agir como um material de auxílio ao professor, para que as aulas possam ser facilitadas (Carvalho *et al.*, 2021).

Não é incomum nos depararmos com salas de aula cheias e agitadas, uma vida corrida e com pouco tempo para o preparo de atividades. Muitas vezes falta informação de confiança, de maneira clara e objetiva, que auxilie inclusive, no entendimento do docente em alguns conteúdos que podem ser mais distantes. Outro ponto relevante é que muitas pessoas têm dificuldade em criar um material que não seja apenas resposta de exercícios prontos ou resumos passados no quadro. Algo que esteja ligado a uma abordagem investigativa, que faça o estudante resolver problemas, e não apenas decorar termos.

Visando ultrapassar essas dificuldades e auxiliar os professores na área que compete à biotecnologia dentro da biologia, foi produzida uma sequência didática investigativa (SDI) com jogo didático inserido, com foco no tema DNA recombinante e suas aplicabilidades. Essa sequência foi a principal atividade proposta dentro de um e-book construído com o tema geral “biotecnologia”, o qual busca trazer pontos resumidos e importantes ao professor, de uma maneira clara e objetiva, buscando atrelar ideias investigativas referentes ao conteúdo.

O material aborda temas recorrentes do ensino médio como clonagem, transgênicos e células-tronco. Também há atividades extras, para que de maneira descontraída, o docente possa usufruir de uma ferramenta de auxílio para o preparo de suas aulas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Elaborar um e-book sobre biotecnologia para uso por professores do Ensino Médio, com foco principal na tecnologia do DNA recombinante.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Planejar e elaborar uma sequência didática investigativa sobre a tecnologia do DNA recombinante;
- Elaborar textos e atividades que auxiliem o professor na área da biotecnologia;

- Criar um material de fácil acesso, que auxilie o docente na preparação de aulas lúdicas e investigativas.

4 METODOLOGIA

4.1 PRODUÇÃO DE E-BOOK CONTENDO SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI) COM JOGO DIDÁTICO

E-books são livros eletrônicos/digitais que promovem acesso rápido e fácil para qualquer leitor com diversas possibilidades de acesso, incluindo no próprio aparelho de celular. Eles vieram de encontro com as mudanças de contexto social e econômico, em que as tecnologias estão cada vez mais presentes (Coutinho e Pestana, 2015).

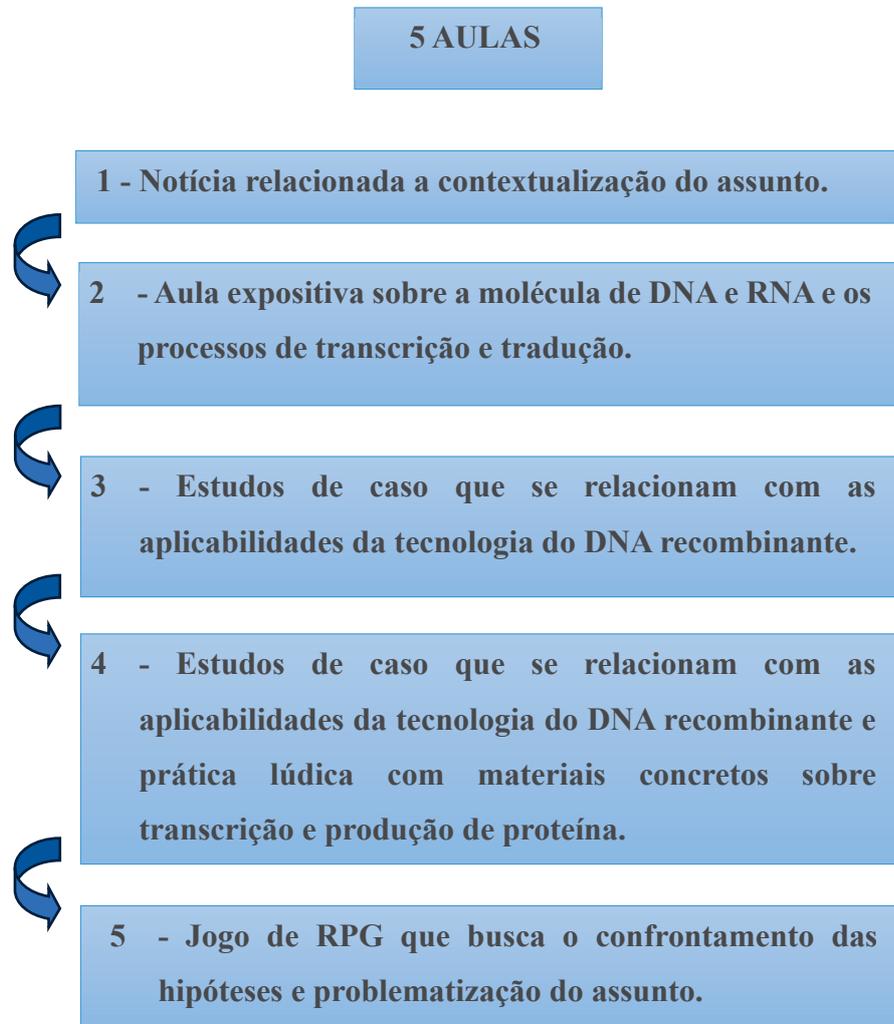
Para elaboração do e-book, o tema da Biotecnologia foi escolhido para ser abordado no e-book, focando em conteúdos que são trabalhados no ensino médio, de acordo com documentos que regem a educação brasileira, com maior especificidade na tecnologia do DNA recombinante. Foram levantadas informações referentes ao currículo brasileiro através da consulta a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), juntamente à pesquisa e aprimoramento da ideia do que é e como se concretiza a abordagem de ensino por investigação. Para todas as atividades propostas no decorrer dos capítulos buscou-se utilizar esse tipo de abordagem investigativa. Portanto, para criar atividades foi necessário inserir problematização, levantamento de hipóteses, análise e discussão com base em leituras diversas, conclusão e socialização das ideias (Sasseron, 2015).

Buscou-se escrever sobre os assuntos biotecnológicos recorrentes no ensino médio, relacionando às notícias da área, e dando ideias ao docente de como trabalhar determinado conteúdo. A busca dessas notícias se deu em sites como “UOL, <https://www.uol.com.br/>”, “G1, <https://g1.globo.com/>”, “BBC Brasil, <https://www.bbc.com/portuguese>”, dentre outros, e também com utilização preferencial de artigos científicos por meio de buscas no “Google Scholar, <https://scholar.google.com/>” no período de 2019 a 2024, utilizando termos como biotecnologia, tecnologia do DNA recombinante, *biotechnology*, *recombinant DNA technology*”.

O recurso educacional (e-book) foi dividido em 8 capítulos, e, em um deles foi construída uma sequência didática investigativa (SDI) com 5 aulas para ser trabalhada com alunos do 1º ano na disciplina de biologia, ou no itinerário formativo de ciências da natureza e

suas tecnologias, do novo ensino médio, no 2º ano, na disciplina de biologia I, trilha de biotecnologia (Figura 3).

FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA



FONTE: A autora, 2025.

A sequência didática pode ser definida como um conjunto sistemático e organizado de atividades que tem um objetivo específico (Costa; Gonçalves; Mariano; 2024). No caso deste trabalho, o objetivo seria promover o ensino por meio de abordagem investigativa com relação aos conteúdos que englobam a tecnologia do DNA recombinante. Por isso, a SDI proposta no e-book foi planejada para a aplicação de atividades em sala de aula pelos docentes, de modo a incentivar a construção do conhecimento científico de maneira investigativa, ou seja, iniciando com problematização de uma situação que permita a participação dos estudantes para

que levantem suas hipóteses, seguida de condições para análise e exploração de dados, para que se possa contestar seus pensamentos e chegar a conclusões (Zocche; Souza; 2023).

Para a última etapa da SDI, foi construído um RPG (*role playing game*) ou jogo de interpretação que é conduzido pelo mestre que narra acontecimentos. Os jogadores participam de uma história fictícia e assumem o papel dos personagens, portanto, tudo acontece na imaginação dos jogadores. As escolhas deles é que moldam a história e esse formato pode ser adaptado para diferentes temas. Para a construção desse tipo de jogo é preciso definir um tema que se quer trabalhar e pensar no cenário imaginário onde a história irá acontecer, se ela se aproxima do mundo real, ou se passa em mundos fantasiosos. Depois é necessário criar um manual para que o mestre do jogo possa conduzir. Portanto, é preciso pensar em várias hipóteses de desenvoltura para o jogo (Rodrigues, 2022).

No caso do jogo “*The Mystery: salvando vidas*”, que foi produzido nesse material, foi pensada na problematização de uma pessoa com uma doença que necessita de um produto recombinante para seu tratamento.

Pensando na seleção das ilustrações e formatação gráfica do e-book, foi utilizada a plataforma *Canva* (https://www.canva.com/pt_br/), que é uma ferramenta utilizada para fazer diferentes tipos de *designs* gráficos de maneira online. Com ela é possível criar diferentes conteúdos visuais como pôsteres, panfletos, infográficos e, inclusive, um livro digital.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando os dados coletados no levantamento bibliográfico e unindo aos objetivos, foi construído um e-book (Apêndice 1) destinado a professores do ensino médio, com o intuito de auxiliar em aulas que possuam a biotecnologia como enfoque, atribuindo um viés investigativo a elas.

O material produzido entra em consonância com as competências específicas da BNCC (Base Nacional Comum Curricular) na área de ciências da natureza, para o ensino médio. Nelas, é evidente a preocupação de que o estudante seja levado a analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos envolvidos, bem como compreender e interpretar textos de divulgação científica e afins (MEC, 2017).

A BNCC define aprendizagens essenciais no Brasil, e uma das competências específicas para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é:

(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, produção de armamentos, formas de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista (MEC, 2017).

Isso é importante, já que ciência se faz de fatos, pesquisa e experimentação, e é necessário o desenvolvimento do pensamento crítico e argumentativo para tal.

Atividades demonstrativas, experimentais e de contextualização, que iniciem com problematização são a base para potencializar o pensamento crítico e, desde que bem elaboradas, podem graduar o pensamento científico (Carvalho e Apolônio, 2022).

O recurso educacional e-book foi construído durante o trajeto do mestrado entre os meses de janeiro e novembro de 2024. Foram concluídos oito capítulos, consoantes com os conteúdos trabalhados no ensino médio, tanto na Base Nacional Comum Curricular, quanto nos itinerários formativos do Novo Ensino Médio e dispostos da seguinte maneira:

- 1- O ensino por abordagens investigativas.
- 2- Biotecnologia: contexto e histórico;
- 3- Áreas de atuação da biotecnologia;
- 4- Vacinas;
- 5- Testes de DNA;
- 6- Células-tronco e clonagem;
- 7- A tecnologia do DNA recombinante;
- 8- Sequência didática investigativa no ensino da tecnologia do DNA recombinante.

Para a produção deste recurso educacional, foi feita a pesquisa teórica e redigidas a delimitação de notícias, sites e links de indicação de acesso, bem como ideias de auxílio docente na elaboração de aulas investigativas, ligadas a cada capítulo proposto no produto.

Sobre os e-books, estes podem representar funcionalidades educacionais diversas no mundo digital que estamos inseridos (Souza; Ferneda; Silva, 2022). Levando em consideração a cultura digital, o comportamento dos leitores vem mudando ao decorrer dos séculos, e além do que é tradicionalmente utilizado no meio acadêmico e profissional, os conteúdos disponibilizados de forma digital, em diferentes conotações são uma ferramenta de grande valia (Pereira *et al.*, 2020). Portanto, tem como proposta ser uma ferramenta de fácil acesso ao docente, com uma linguagem acessível e com imagens que buscam a interatividade para que facilite o entendimento.

No que se refere à biologia, uma área que impressiona e ainda gera muita dúvida e desconfiança a quem não compreende é a biotecnologia. Esta se tornou o campo da ciência capaz de manipular seres vivos e gerar diferentes produtos (Alves; Costa; Lima; 2021). Apresenta-se com destaque nos meios de divulgação científica e suas aplicações contribuem para a resolução de problemas (Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná, 2021).

São diferentes conhecimentos que fazem a biotecnologia se tornar multidisciplinar, atrelando as ciências à tecnologia e possibilitando o ensino através da resolução de problemas, podendo inserir os estudantes em projetos de pesquisa (Alves e Costa, 2020). A multidisciplinariedade da biotecnologia permite, portanto, envolver diversos campos do conhecimento, tornando-a uma das ciências mais influentes e promissoras (Leon, 2019).

Esse é um dos pontos relevantes que exaltam as possibilidades do ensino dessa temática, fazer com que o estudante faça parte do processo educativo, levantando as suas hipóteses e buscando embasamento científico para tais.

Com relação ao ensino, os conteúdos de biotecnologia vêm ganhando maior espaço no ensino médio e, em exames nacionais. É importante que essa área seja diversificada e embasada em um ensino com comprometimento e eficácia (Xavier, 2019).

Porém, como se tratam de diversas técnicas recentes, relacionadas a termos específicos, é comum que alguns temas não sejam trabalhados de maneira assídua pelo docente, com receio da complexidade e dificuldade dos temas.

Temáticas relacionadas à ciência contemporânea são abordadas na educação, e especialmente no ensino de biologia. Uma das grandes limitações que contribuem com barreiras pedagógicas quanto a problematização na sala de aula é em relação ao próprio docente, no sentido de aprofundar seus conhecimentos visando buscar deficiências de formação (Anjos, 2005).

Visto isso, ressalta-se que temas da biologia moderna como clonagem e testes de DNA permitem que o docente busque se reinventar e aprender novos conceitos, e proporcionam aos discentes novos saberes com revisões conceituais (Santos, Santos e Moraes, 2016).

O ensino de biologia usando abordagens investigativas, desconhecido ainda por muitos é tratado no capítulo 1, que busca descrever os preceitos desse tipo de abordagem, com uma linguagem de fácil compreensão, além de sugestões de links com artigos referentes a temática para leitura e aprofundamento. O ensino por abordagens investigativas se caracteriza por uma sequência de atividades que buscam a resolução de um problema, com condições para que os

estudantes explorem possíveis variáveis, chegando a conclusões e conseguindo sistematizá-las (Sasseron, 2015).

O segundo capítulo do livro intitulado “Biotecnologia: contexto e histórico” traz uma prévia do contexto de eventos importantes relacionados à modificação e utilização de seres vivos na fabricação de produtos, desde os primórdios da civilização, quando se utilizavam processos fermentativos para produção de pães e vinhos pelos egípcios há 4 a 6 mil anos a.C, seleção de sementes para aumentar a produtividade de culturas agrícolas por povos mesopotâmicos há 8 mil anos a.C. (Silva; Magalhães; Pinheiro, 2021), passando pelo desenvolvimento do microscópio rudimentar de Anton Van Leeuwenhoek em 1675, a descoberta da penicilina por Alexander Fleming em 1928 (Kossavovski, 2021), a elucidação da estrutura do DNA por Rosalind Fraklin, Watson e Crick na década de 50 (Neves, 2018), o desenvolvimento da técnica do DNA recombinante por Paul Berg em 1980, permitindo mais tarde a produção de insulina humana (Lopes, 2012), o desenvolvimento da reação em cadeia da polimerase (PCR) por Kary Mullis em 1983 (Paina, 2024), a clonagem do primeiro mamífero, a ovelha Dolly em 1997 (Tammaro, 2021), o sequenciamento do genoma humana em 2003 (Soares, 2023), até as técnicas mais recentes de edição genômica e fabricação de vacinas de RNA (Ministério da Saúde, 2023) e possibilidades de desenvolvimento de terapias personalizadas na área de farmacologia (Matheucci, 2021) e terapias gênicas (Butantan, 2024). Faz-se indispensável para situar o leitor em uma cronologia temporal.

Com a biotecnologia sempre haverá estudos e técnicas recentes na busca de produtos que, de alguma maneira, possam auxiliar aos humanos, principalmente no que se diz respeito a área médica. O docente tem disponível no material, links de acesso à vídeos, reportagens e artigos que esclarecem fatos desse histórico, bem como notícias relacionadas à temática.

Na seção “Como trabalhar esse tema” está disponível como ferramenta didática uma ideia de como trabalhar essa aula, buscando o viés investigativo, em que o aluno resolve problemas através do levantamento de hipóteses.

O enfoque é de que os estudantes sejam estimulados através do tema fermentação, e que busquem levantar hipóteses, fazer pesquisa e organizar uma linha do tempo biotecnológica de eventos para contextualização, buscando atrelar o conhecimento científico ao cotidiano.

As interações entre ciência e sociedade promovem a capacidade da expansão do pensamento e de ideias, podendo levar a debates científicos abrangentes e significativos, que perpassam pelo processo de ensino e aprendizagem (Teixeira, 2019). Portanto, a identificação

de um contexto no tema pode fazer o estudante perceber como as civilizações se utilizam de técnicas e sofisticação dessas, para sua sobrevivência.

As “áreas de atuação da biotecnologia” são divididas por cores e são percorridas no capítulo 3. Cada uma diz respeito a uma área de aprofundamento e estudo: vermelha está relacionada a saúde humana; verde aos processos agrícolas e ligados às plantas; branca a indústria e biocatálise; cinza se refere a processos e/ou produtos que levam a preservação ambiental; a cor preta fica responsável por estar junto ao controle da produção de armas biológicas e execução de bioterrorismo; azul se relaciona com a exploração de possibilidades moleculares e genéticas de ambientes pouco explorados e com alta diversidade, como os ambientes marinhos; a cor roxa está ligada a processos de patentes de produtos; dourada é a cor que representa o setor de bioinformática e, por fim, a cor amarela que diz respeito ao desenvolvimento da nutrição e alimentação (Pelizzari; Silva e Felipe, 2022).

Além da explicação organizada em quadros coloridos e de linguagem acessível, há na seção “Como trabalhar esse tema” sugestões de uma aula baseada em estudos de caso que condizem com as áreas de estudo da biotecnologia, que tem por finalidade fazer o estudante refletir sobre como a ciência, e especificamente a biotecnologia, podem estar atreladas a eles.

Estudos de caso são eficientes na Biologia e proporcionam um recurso diferenciado para o ensino, sendo viável para enfrentar dificuldades comuns relacionadas a área, relatadas por estudantes, como complexidade de termos. (Elias e Rico, 2020).

Depois do levantamento de hipóteses, propõem-se que os discentes conheçam as aplicabilidades exercitando o jogo da memória biotecnológica, que tem por objetivo fazer duplas de cartas, associando a cor da biotecnologia com exemplos de aplicações, objetivando entender essa divisão. Há a proposição de uma roda de conversa e uma atividade de fechamento com a elaboração de *lapbooks* coloridos.

Os métodos de ensino ainda continuam muito tradicionais e os jogos didáticos são uma ferramenta que, se utilizada de maneira coordenada, produz bons resultados atrelados ao processo de aprendizagem (Rocha e Rodrigues, 2018).

O aprofundamento da biotecnologia dividida por cores, em fins didáticos, se aplica essencialmente nos atuais itinerários formativos do Novo Ensino Médio, mas, não descarta a possibilidade de ser de grande utilidade para aprofundamento docente e desdobramentos referentes ao componente de biologia.

Os capítulos que seguem, 4, 5, 6 e 7 se referem a temas básicos da Base Comum Curricular e precedem discussões que são polêmicas e de informações errôneas. Clonagem,

transgênicos, células-tronco e testes de DNA são assuntos que recorrem com frequência em meios de comunicação. A linguagem técnica e menos usual pode gerar discordâncias na interpretação, inclusive para o docente que não esteja familiarizado e atualizado com os conceitos.

No capítulo 4 que leva o nome de “Vacinas” é possível compreender as origens da palavra vacina pelo desenvolvimento de uma vacina contra a varíola humana por Edward Jenner no século XVIII (Ministério da Saúde, 2024), os mecanismos de produção e informações contextuais de doenças que podem ser controladas por meio delas.

Biologicamente falando, esse assunto é, indubitavelmente, um dos mais importantes a ser debatido com adolescentes em idade escolar, já que é algo que passa por um bombardeio de informações falsas, as populares *Fake News*. Muitas pessoas recebem e repassam informações sem fundamentação científica, colocando medo e crenças na população.

Além das indicações para o professor, é sugerida uma forma de trabalhar o tema no ensino médio, partindo da narrativa de um caso hipotético sobre um menino com poliomielite, seguida de uma encenação criada pelo professor, colocando os estudantes como cientistas que devem levantar hipóteses para resolver a problemática. É proposta também o exercício de um jogo, que tem por intuito demonstrar a eficácia da imunidade de rebanho, com fechamento através do preenchimento de uma tabela de dados históricos sobre doenças e vacinas.

Frente a isso, a educação e primordialmente, o ensino de biologia, pode e deve entrar em ação, com abordagens que sensibilizem os estudantes, para que possam repassar conhecimento fidedigno às informações.

Nesse sentido, Peixoto, Bizerra e Silva (2022), buscaram atrelar uma sequência didática sobre o tema da pandemia do COVID-19, concluindo que essa abordagem na educação ressignificou conceitos e concepções equivocadas.

Alguns estudantes não percebem a importância da vacinação para a sociedade, mesmo vivenciando atividades escolares, muitas vezes, influenciados por movimentos antivacinas (Lima; Silva e Souza, 2021). Diante disso é importante que o docente conduza a aula de maneira mais envolvente, e, o ensino baseado em problemas pode ser uma frente útil, ainda mais, se atrelado a saúde humana.

Em relação ao processo educativo, os conteúdos que envolvem a saúde humana se caracterizam como os mais envolventes no ensino de biologia, por serem aqueles que mais se relacionam com o cotidiano dos estudantes (Duré; Andrade; Abílio, 2018).

Uma técnica que chama a atenção na biotecnologia é a eletroforese em gel, utilizada para fragmentar DNA e fazer testes genéticos e de perícia forense (Silva e Frangiosa, 2018), e é apresentada no capítulo 5 – “Testes de DNA”.

Baseada em perícia, é sugerida uma prática envolvente com cena de crime, visando a sua resolução, através da explanação de uma história e um contexto em que os estudantes são levados à cena, para buscar evidências e levantar hipóteses. Há ainda os resultados fictícios enviados pelo laboratório, resultados que trazem os dados dos perfis de DNA através da eletroforese, para que os discentes, em equipe, busquem descobrir, e posteriormente, junto ao professor, concluir suas ideias.

No capítulo 6, que leva o nome de “Células-tronco e clonagem” é possível compreender a definição dos termos como células totipotentes, pluripotentes e multipotentes (Souza *et al.*, 2003), suas peculiaridades, dilemas éticos (Gray, 2018) e avanços atuais desse cenário microscópico, uma vez que as células-tronco como a de embriões são estudadas em pesquisas para desenvolvimento de tratamentos genéticos como a terapia gênica para a atrofia muscular espinhal (Silva e Ribas, 2023) por possuírem a capacidade de produzir diferentes células do organismo (Cerioni, 2019; Miranda, 2023).

Neste capítulo também é apresentado um olhar sobre o uso da clonagem em outros ramos tecnológicos, como a produção de alimentos, usando o exemplo dos cruzamentos genéticos selecionados para o aumento da produtividade animal (Zatz, 2004), bem como sobre o polêmico tema da clonagem humana e as dificuldades técnicas e dilemas éticos relacionados (Tammaro, 2021). Há aqui sugestão de um debate planejado e interdisciplinar, que aborde questões éticas que tem relação com a clonagem, defendendo os prós e contras, baseando-se em artigos científicos, buscando o desenvolvimento da argumentação e reflexão.

No capítulo 7 “A tecnologia do DNA recombinante”, são realizadas explicações objetivas da técnica desenvolvida por Paul Berg que revolucionou a biotecnologia ao produzir uma molécula híbrida de DNA (Moskal, 2023), suas possibilidades e utilizações na produção de proteínas de interesse farmacêutico e industrial como a produção de insulina humana na década de 80 (Lopes, 2012), os anticorpos monoclonais e vacinas terapêuticas (Reis, 2009). Essa técnica permite manipular e combinar moléculas de DNA de organismos diferentes com finalidades específicas e neste capítulo são apresentados termos como plasmídeo e as enzimas de restrição, importantes para a compreensão dessa técnica. Frente ao exposto, é explícita a quantidade de aplicações referentes à técnica. E esse é um conteúdo curricular do ensino médio, que pode ser trabalhado de diversas maneiras.

Uma sequência didática sobre a tecnologia do DNA recombinante está disponível no capítulo 8, com materiais prontos para auxiliar o docente na temática. Esta se dá com a apresentação de uma notícia, questões problematizadoras, prática lúdica sobre síntese proteica e estudos de caso.

A 1ª aula iniciaria com a apresentação de uma notícia da área de Biotecnologia que permita contextualizar o uso da tecnologia do DNA recombinante no dia a dia dos alunos e a problematização por meio de questões norteadoras relacionadas à notícia escolhida e à biologia molecular, de modo que os alunos pudessem formular hipóteses que buscassem responder às questões apresentadas.

Entre essas questões pode-se exemplificar: 1) Que funções têm o DNA, o RNA e as proteínas para o funcionamento das células?, esperando que os alunos possam refletir sobre o DNA como carreador da informação genética que codifica proteínas com diferentes funções, desde enzimas até estruturais e sobre o RNA como sendo um portador intermediário dessa informação; 2) Como são produzidas essas moléculas dentro das células?, esperando que os alunos possam pensar no fluxo da informação genética, passando do DNA portador da informação genética no núcleo para o RNAm portador intermediário dessa informação no citoplasma e pela tradução deste último para proteínas; 3) Como poderíamos alterar a estrutura do DNA para produzir proteínas modificadas?, esperando que os alunos possam refletir sobre formas de editar o DNA.

Os critérios para a formulação dessas questões foram baseados na experiência de docência como professora de biologia em sala de aula, com alunos de 1º, 2º e 3º anos do ensino médio, desde o ano de 2013, e as dificuldades observadas nos conteúdos propostos no currículo, atreladas à área da biotecnologia, como clonagem, transgênicos, tecnologia do DNA recombinante, eletroforese e células-tronco.

Em uma 2ª aula deve ser feita uma breve revisão sobre a molécula de DNA e os processos de replicação, transcrição e tradução - temas trabalhados geralmente antes da biotecnologia - abordando a estrutura e os processos de biologia molecular com auxílio de um vídeo (“Do DNA à proteína”, animação 3D mostrando os processos de transcrição e tradução, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA&t=161s>). A preparação desta aula deu-se na forma de slides que foram produzidos e estão disponíveis no e-book através de um link que o professor poderá utilizar, com fácil acesso (<https://docs.google.com/presentation/d/1Crr0zC7EWV0aVbddFAIY62gV0rBM3Q5g/edit?usp=sharing&ouid=100457349050147313937&rtpof=true&sd=true>).

Depois é proposta para ser trabalhada uma atividade desenvolvida por Paes (2019), com o objetivo de demonstrar uma pequena sequência de nucleotídeos e sua paridade entre as bases nitrogenadas (adenina – timina/ citosina – guanina), a síntese de RNAm e a produção de proteínas usando o código genético, buscando conduzir os estudantes a relembrem o assunto. Esta se resume a fabricação da fita de DNA e sua abertura, a partir de um zíper com velcro e papel feltro colorido.

Após essa etapa, os alunos devem confrontar as hipóteses/respostas inicialmente dadas para as questões norteadoras e seriam questionados a modificá-las ou não. O intuito é que durante o manuseio do material produzido, eles possam perceber tais processos de uma maneira menos abstrata e conseguir compreender as possibilidades de modificação de genes, bem como os processos essenciais de transcrição e tradução.

Com este material os estudantes poderão levantar hipóteses relacionadas à flexibilidade do DNA e sua possível alteração quando exposto a radiação ou materiais químicos diversos, por exemplo. Poderão perceber que para que ocorra a produção de proteínas é necessária uma sequência de bases nitrogenadas se pareando. Isso pode levá-los a contestarem sobre mutações nessa sequência e possíveis consequências.

Em uma 3ª aula, devem ser apresentados estudos de caso (na forma de fichas distribuídas aos discentes) relacionados às aplicabilidades práticas referentes à tecnologia do DNA recombinante. Essas fichas contam com notícias relacionadas ao tema, semelhantes às apresentadas na 1ª aula, para que os estudantes em equipes discutam e percebam que o tema está inserido em questões cotidianas. Os estudos de caso buscam criar situações baseadas no cotidiano e relacionadas ao tema.

Essa fase tem o intuito de continuar contextualizando o tema e despertar a curiosidade do estudante para resolução de problemas, por meio de questões norteadoras como: 1) Por que os cientistas clonaram o gene que codifica para a insulina humana em bactérias? - esperando que os alunos possam refletir sobre a necessidade de produzir proteínas humanas em células não humanas, de modo a ter ação mais específica sobre as células humanas e com menor rejeição imunológica. Esses estudos de caso seriam estruturados quando fosse iniciada a construção dos materiais didáticos.

Na 4ª e 5ª aula, os alunos podem confrontar as hipóteses levantadas por meio da análise de dados contidos em um jogo com viés investigativo, e que aborda várias aplicabilidades da tecnologia em questão.

O jogo de RPG (*role playing game*) ou jogo de interpretação, colocará os jogadores frente a diferentes papéis e frente a um problema, que deverão trabalhar juntos para salvar uma vida. A vítima sofre de diabetes e está tendo uma crise hiperglicêmica e necessita de insulina, que é um produto recombinante.

Para que isso possa acontecer, há um mestre que deve utilizar o manual de regras de *The mystery*: salvando vidas, para mediar a trajetória.

A história mais conhecida é *Dungeons and Dragons*, criado em 1974 por Gary Gygax e Dave Arneson. Nela há um mundo fantasioso com elfos, magos, dragões. Cada classe a estar participando tem uma função no jogo, e o trabalho em equipe é fundamental para superar os maiores obstáculos (Gomes, 2022).

Portanto, ao ser um jogo tão dinâmico e envolvente, pode ser explorado na educação. Spinelli e Silva (2021), em seu trabalho aplicado à disciplina de matemática afirmam que: “(...) uma vez que, os discentes se sentem engajados, motivados, criam e resolvem situações de maneira lúdica e em narrativas diversas. Saem do patamar de alunos receptores e passam a ser ativos no processo de aprendizagem (...)”.

A imaginação é estimulada, a concentração e atenção, além da relação social que ocorre entre os jogadores, sendo benéfica no processo de ensino e aprendizagem. Estas foram as conclusões de um estudo sobre o uso do RPG com estudantes do terceiro ano do ensino médio (Pereira *et.al.*, 2020).

O intuito é que a sequência permita que o estudante possa relembrar conceitos de biologia molecular (replicação, transcrição e tradução) já aprendidos anteriormente e somar novos conhecimentos da área de biotecnologia.

Sobre o e-book e sua aplicabilidade, o docente pode se aprofundar nos temas, que podem promover valiosas discussões em sala, através das sugestões de links com materiais informativos, artigos, vídeos e notícias, além de contar com ideias de atividades.

Além disso, os discentes precisam ter um conhecimento pedagógico em como atrelar o ensino investigativo ao ensino de biologia para que possa haver a promoção de alfabetização científica (Santana e Mota, 2022).

6 CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos apresentados, foi realizada a construção de um material que conta com abordagens para auxiliar o docente em aulas que tenham relação com biotecnologia. É uma ferramenta acessível e de linguagem facilitada para execução de atividades. As abordagens contam com metodologias ativas, com foco em abordagem investigativa, buscando a resolução de problemas, facilitando a contextualização de temas científicos.

Portanto, qualquer docente da educação básica com acesso ao material, pode usufruir de informações confiáveis e atividades prontas para uso, enriquecendo suas aulas, dentro do tempo limitado que cada conteúdo tem, buscando o desenvolvimento de diversas competências propostas pela Base Nacional Comum Curricular.

REFERÊNCIAS

ALVES, L.C.; COSTA, H.S.; LIMA, R.A. Ensino de Biotecnologia para Estudantes no Ensino Fundamental em uma Escola Pública no Sul do Amazonas. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, Amazonas, v. 22, n. 4, p. 451-458, 6 dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17921/2447-8733.2021v22n4p451-458>. Acesso em: 13 fev. 2024.

ALVES, L.C.; COSTA, H.S. Ensino de biotecnologia: um panorama de suas abordagens no país da biodiversidade. **South American Journal of basic education, technical and technological**, Rio Branco, v. 7, n. 2, p. 816-835, 06 jul. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/3669/2549>. Acesso em: 23 jan. 2024.

ANJOS, C.R. **Educação problematizadora no ensino de biologia com a clonagem como temática**. 2005. 174 p. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 2005. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102996>. Acesso em: 23 jan. 2024.

BORSATTO, A.Z.; VIDAL, M.L.B.; ROCHA, R.C.N.P. Vacina contra o HPV e a Prevenção do Câncer do Colo do Útero: Subsídios para a Prática. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 67-74, 24 jan 2011. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/690/462>. Acesso em: 12 jul. 2023.

BRASIL. **Lei nº 14.945, de 31 de julho de 2024**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L14945.htm. Acesso em: 03 fev. 2024

BUTANTAN. Terapia celular CAR–T. **Portal do Butantan**. Disponível em: <https://butantan.gov.br/terapia-celular>. Acesso em: 30 jan. 2024.

CARVALHO, A.M.P. *et al.* **Ensino de ciências: Unindo a pesquisa à prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

CARVALHO, A.M.P. *et al.* **Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, P.N.A. *et al.* Ensino de biologia na educação básica: produção de modelos didáticos e uso de práticas lúdicas. **Research, Society and Development**, [S. l.] v. 10, n. 14, p. 1-15, 24 out. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21667/19326>. Acesso em: 13 jul. 2023.

CARVALHO, R.J.; APOLÔNIO, A.C.M. Desenvolvendo o pensamento científico no ensino médio. **INTERFACES DA EDUCAÇÃO**, Paranaíba, v. 13, n. 37, 21 mai. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.26514/inter.v13i37.5225>. Acesso em: 28 jan. 2025.

CERIONI, C. O dilema da medicina genética: intervenções esbarram em limites éticos. **Exame**. 12 jun. 2019. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/o-dilema-da-medicina-genetica-intervencoes-esbarram-em-limites-eticos/>. Acesso em: 28 set. 2024.

COSTA, D.E.; GONÇALVES, T.O.; MARIANO, W.S. Construção e Desenvolvimento de Sequência Didática Investigativa (SDI): bases teóricas e metodológicas. **PARADIGMA**, p. e2024011, 1 jul. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.37618/paradigma.1011-2251.2024.e2024011.id1538>. Acesso em: 2 abr. 2025.

COUTINHO, P., PESTANA, O. eBooks: evolução, características e novas problemáticas para o mercado editorial. **Páginas a&b: Arquivos e Bibliotecas**, p. 169–195, 2015. Obtido de <https://ojs.letras.up.pt/index.php/paginasaeb/article/view/672>

CREAGER, A.N.H. Recipes for recombining DNA: A history of Molecular Cloning: A Laboratory Manual. **BJHS Themes**, v. 5, p. 225–243, 2020. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/F4EE6A7FFA4991B714A33D474BC1CF76/S2058850X20000053a.pdf/recipes-for-recombining-dna-a-history-of-molecular-cloning-a-laboratory-manual.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2025.

DURÉ, R.C.; ANDRADE, M.J.D.; ABÍLIO, F.J.P. Ensino de biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano? **Experiências em Ensino de Ciências**, João Pessoa, v. 13, n. 1, p. 259-272, 2018. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/231/209>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ELIAS, M.A.; RICO, V. Ensino de biologia a partir da metodologia de estudo de caso. **Revista Thema**, Pelotas, v. 17, n. 2, p. 392-406, 30 jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/thema.v17.2020.392-406.1666>. Acesso em: 27 out. 2024.

FARIAS, S.A.; BORTOLANZA, A.M.E. Concepção de mediação: o papel do professor e da linguagem. **Profissão docente online**, Uberaba, v. 13, n. 29, p. 94-109, jul-dez. 2013. Disponível em: <https://revistas.uniube.br/index.php/rpd/article/view/626/713>. Acesso em: 12 jul. 2023.

GODEFROID, R.S. **O ensino de biologia e o cotidiano**. Curitiba: IBPEX, 2010.

GOMES, A.R.S. **UnB Notícias - Contando histórias por décadas, jogando RPG**. 2022. Disponível em: <https://noticias.unb.br/artigos-main/5737-contando-historias-por-decadas-jogando-rpg>. Acesso em: 26 out. 2024.

GRAY, R. Como os avanços e os dilemas da edição genética estão mudando a medicina - **BBC News Brasil**. 27 nov. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-cap-46128960>. Acesso em: 28 set. 2024.

JANN, P.N.; LEITE, M.F. Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 282-293, 20 abr. 2010. Disponível em: <http://cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/192/177>. Acesso em: 13 jul. 2023.

KAUFMANN-SACHETTO, K. *et al.* O ambiente lúdico como fator motivacional na aprendizagem escolar. **Cadernos de Pós-graduação em Distúrbios do Desenvolvimento**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 28-36, 19 mar. 2018. Disponível em: <https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/cpgdd/article/view/11170>. Acesso em: 8 fev. 2023.

KOSSAVOVSKI, F. **NATIONAL GEOGRAPHIC PORTUGAL - Site Oficial - Ciência, natureza, história e viagens**. 26 fev. 2021. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2021/02/kary-mullis-cientista-por-tras-do-teste-de-covid-19-pcr-padrao-de-referencia>. Acesso em: 22 set. 2024.

LEON, P.M.M. A importância da regulamentação da biotecnologia para a inserção do biotecnologista no mercado de trabalho brasileiro: Etapa II. *In*: VI CONGRESSO DE EXTENSÃO E CULTURA, 2021, Pelotas. VI CONGRESSO DE EXTENSÃO E CULTURA. 2019, Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2019, p. 1-4. Disponível em: http://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2019/XT_03151.pdf?ver=1568567171. Acesso em: 27 fev. 2024.

LIMA, D.B.; GARCIA, R.N. Uma investigação sobre a importância das aulas práticas de Biologia no Ensino Médio. **Cadernos do Aplicação**, Porto Alegre, v. 24, n. 1, 8 jun. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/2595-4377.22262>. Acesso em: 8 fev. 2023.

LIMA, G.P.; SILVA, A.C.T.; SOUZA, D.N. Controvérsias sobre vacinas: o que pensam os estudantes? **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 4, n. 2, 22 abr. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i2.11487>. Acesso em: 26 out. 2024.

LOPES, D. A produção de insulina artificial através da tecnologia do DNA recombinante para o tratamento de diabetes mellitus. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v. 10, n. 1, p. 234-245, 26 jul. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrv.2012.101.234245> . Acesso em: 19 set. 2024.

MARQUES, C.H. **Aspectos fundamentais à implantação da tecnologia de produção de anticorpos monoclonais humanizados com potencial aplicação terapêutica**. 2005. 109 p. Dissertação de mestrado — Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/5781/carlos-humbertomarques.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 12 jul. 2023.

MATHEUCCI, E. Biotecnologia determinará o futuro do setor médico e farmacêutico - Medicina S/A. 23 nov. 2021. Disponível em: <https://medicinas.com.br/biotecnologia-futuro/>. Acesso em: 28 jan. 2025.

MEC. **Base Nacional Comum Curricular**, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 22 jan. 2024.

MEC. **Referencial Curricular para o Ensino Médio do Paraná**. 2021. Disponível em: https://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/202108/referencial_curricular_novoem_11082021.pdf. Acesso em: 26 jun. 2023.

MEC. **Novo Ensino Médio**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/novoensino-medio>. Acesso em: 8 fev. 2023.

MELONI, J.F.; SPIEGEL, C.N.; GOMES, S.A.O. Biotecnologia em jogo: estratégia lúdica para o ensino médio. **Genética na escola**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 154-183, 26 fev. 2018. Disponível em: <https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/299>. Acesso em: 3 jul. 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Vacinas de RNA são seguras! **Gov.br**. 23 out. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-com-ciencia/noticias/2023/outubro/vacinas-de-rna-sao-seguras>. Acesso em: 22 set. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. As marcas da varíola. **Portal do Centro Cultural do Ministério da Saúde**. Disponível em: <http://www.ccms.saude.gov.br/revolta/pdf/M5.pdf>. Acesso em: 22 set. 2024.

MIRANDA, A. Em parceria com Harvard, professor da UFSC chega a resultados inéditos em estudos sobre células-tronco. **Notícias UFSC**. 23 fev. 2023. Disponível em:

<https://noticias.ufsc.br/2023/02/em-parceria-com-harvard-professor-da-ufsc-chega-a-resultados-ineditos-em-estudos-sobre-celulas-tronco/>. Acesso em: 28 set. 2024.

MOREIRA, C. Enzima de restrição. **Revista de ciência elementar**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 12, 05 jan. 2012. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2014/033/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

MOSKAL, E. Nobel Prize winner and recombinant DNA pioneer Paul Berg dies. **Stanford Medicine**. 17 fev. 2023. Disponível em: <https://med.stanford.edu/news/all-news/2023/02/nobel-paul-berg-obit.html>. Acesso em: 27 out. 2024.

NASCIMENTO, R.G. *et al.* Prática lúdica “DNA recombinante” e sua influência na percepção e no conhecimento de estudantes sobre biotecnologia e enzimas de restrição. **Experiências em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 262-282, 05 nov. 2020. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/723/691>. Acesso em: 12 jul. 2023.

NEVES, K. Rosalind Franklin e o segundo lugar. 2018. **Ciência Hoje**. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/os-creditos-da-descoberta-da-estrutura-do-dna-sao-tao-confusos-quanto-as-relacoes-interpessoais-dos-envolvidos/>. Acesso em: 19 set. 2024.

OLIVEIRA, A.C.C.; SILVA, F.V. As ementas e os recursos didáticos empregados no ensino sobre tecnologia do DNA recombinante em um curso de licenciatura em ciências biológicas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 23, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230123>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PAES, K.C. **Da molécula de DNA às proteínas: dinamizando o ensino por meio de materiais e ludicidade**. 2019. 95 p. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2019. Disponível em: <https://www.profbio.ufmg.br/wpcontent/uploads/2021/02/Kelly-Paes-TCM.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2023.

PAINA, K. PCR – Polymerase chain reaction - Reação em Cadeia da Polimerase. 2024. **Êxodo Científica**. Disponível em: <https://exodocientifica.com.br/pcr-polymerase-chain-reaction-reacao-em-cadeia-da-polimerase-ima/>. Acesso em: 22 set. 2024.

PEIXOTO, A.; BIZERRA, A.; SILVA, C. A vacina da Covid-19: um tema para discutir aspectos da natureza da ciência no ensino médio. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, Mossoró, v. 8, n. 27, p. 819-836, 23 nov. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21920/recei72022827819836>. Acesso em: 26 out. 2024.

PELIZZARI, A.; SILVA, I.S.; FELIPE, M.S.S. Ensino da Biotecnologia no Itinerário Formativo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Novo Ensino Médio. **Concilium**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 230-247, 25 jun. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.53660/clm-335-341>. Acesso em: 13 fev. 2024.

PEREIRA, M.S.B. *et al.* Avaliação do uso de RPG para revisão de biologia pelos estudantes da terceira série do Ensino Médio. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 57502-57520, 14 ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-238>. Acesso em: 26 out. 2024.

PICCOLO, P.; CARVALHO, A.V. **Jogos de tabuleiro na educação**. São Paulo: Devir, 2022.

PINHO, F.G. **Atividades investigativas no ensino dos temas/conteúdos de biologia: genética, evolução e ecologia**. 2022. 206 p. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2022. Disponível em: <https://sistemas2.uespi.br/bitstream/tede/343/2/Dissertação%20Completa.pdf>. Acesso em: 1 jul. 2023.

REFERENCIAL CURRICULAR PARA O ENSINO MÉDIO DO PARANÁ. Secretaria de educação e do esporte do Paraná. 2021. Disponível em: https://professor.escoladigital.pr.gov.br/sites/professores/arquivos_restritos/files/documento/2022-02/ensino_medio_referencial_curricular_vol3_vf.PDF. Acesso em: 11 fev. 2024.

REIS, C. *et al.* Biotecnologia para saúde humana: tecnologias, aplicações e inserção na indústria farmacêutica. **BNDES setorial**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 29, p. 359-392, mar. 2009. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2641/1/BS%2029_Biotecnologia%20para%20sa%c3%bade%20humana_P.pdf. Acesso em: fev. 2024.

ROCHA, D.F.; RODRIGUES, M.S. Jogo didático como facilitador para o ensino de biologia no ensino médio. **CIPPUS - Revista de Iniciação Científica**, Canoas, v. 6, n. 2, p. 1-8, 2018. Disponível em: <https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/Cippus/article/view/4742/pdf>. Acesso em: 1 jun. 2024.

RODRIGUES, N.C.S. *et al.* GAME OF BIOS: UM MANUAL DE RPG PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA. *In: VIII CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2022, Maceió. VIII Congresso Nacional de Educação. Campina Grande: Realize, 2022. p. 1-12.* Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2022/TRABALHO_COMPLETO_EV174_MD1_ID14544_TB3124_05122022133750.pdf. Acesso em: 2 abr. 2025.

SANTANA, A.J.S.; MOTA, M.D.A. Natureza da Biologia, ensino por investigação e alfabetização científica: uma revisão sistemática. **Revista Educar Mais**, v. 6, p. 450–466, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.15536/reducarmais.6.2022.2735>. Acesso em: 2 abr. 2025.

SANTOS, E.F.; SANTOS, S.C. Biotecnologia na sala de aula: aprendizagem através do jogo didático “bases para biotecnologia e caminhos para eletroforese”. **Experiências em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 76-95, 04 set. 2020. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/373/345>. Acesso em: 13 jul. 2023.

SANTOS, L.G.; SANTOS, L.G.; MORAES Jr, J.M.B. Investigações sobre o ensino de genética forense na educação básica: reflexões sobre a prática. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, n. 24, p. 1550-1558, 05 dez. 2016. Disponível em: https://doi.org/10.18677/encibio_2016b_143. Acesso em: 13 fev. 2024.

SASSERON, L.H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v.1, p. 49-67, 2015.

SILVA, E.F.; MACAGNAN, K.L.; CARDOS, T.F. **BIOTECNOLOGIA: Um panorama ao longo dos séculos**. Iguatú: Quipá, 2021. *E-book*. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/644360/2/Biotecnologia:%20um%20panorama%20ao%20longo%20dos%20s%C3%A9culos.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2023.

SILVA, H.P.; RIBAS, V.T. A terapia genética veio para ficar no Brasil? **Ciência Hoje**. Mar. 2023. Disponível em: <https://www.cienciahoje.org.br/artigo/a-terapia-genica-veio-para-ficar-no-brasil/>. Acesso em: 28 set. 2024.

SILVA, L.H.; MAGALHÃES, P.; PINHEIRO, B.C.S. O Vinho no Egito Antigo: Uma Dose de História da Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 19-37, 26 dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.53003/redequim.v7i2.4095>. Acesso em: 17 set. 2024

SILVA, T.A.; FRANGIOSA, P.S. A aplicação de técnicas moleculares de DNA na investigação forense. **Revista Científica UMC**, Mogi das Cruzes, v. 3, n. 2, p. 1-15, ago. 2018. Disponível em: <https://revista.umc.br/index.php/revistaumc/article/view/246/198>. Acesso em: 26 out. 2024.

SOARES, J.A. Genoma humano: 20 anos do sequenciamento que revolucionou a ciência. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 1168-1189, jul. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372535988_GENOMA_HUMANO_20_anos_do_sequenciamento_que_revolucionou_a_ciencia. Acesso em: 22 set. 2024.

SOUZA, V.F. *et al.* Células tronco: Uma breve revisão. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 2, n. 2, p. 251-256, 01 jan. 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/cmbio/article/view/4292>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SOUZA, W.M.C.; FERNEDA, E.; SILVA, A.P.B. Proposta de um modelo de produção de e-books interativos. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 295-304, 31 ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.126676>. Acesso em: 2 abr. 2024.

SPINELLI, K.L.A.; SILVA, A.S.V. estudo sobre o uso do jogo de RPG na Educação Matemática em anos iniciais do ensino fundamental. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática**, [S. l.], v. 8, n. 23, p. 177-191, 17 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.30938/bocehm.v8i23.4730>. Acesso em: 26 out. 2024.

TAMMARO, R. Clonagem da ovelha Dolly completa 25 anos com novas possibilidades para a ciência. **Jornal USP**. 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/clonagem-da-ovelha-dolly-completa-25-anos-e-trouxe-novas-possibilidades-para-a-ciencia/>. Acesso em: 18 ago. 2024.

TEIXEIRA, O.P.B. A Ciência, a Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, Baurú, v. 25, n. 4, p. 851-854, out-dez. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320190040001>. Acesso em: 26 out. 2024.

THE NOBEL PRIZE. **Nobel Prize in Chemistry 1980**. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1980/press-release/> Acesso em: 03 fev. 2025.

XAVIER, C.S. A frequência de questões relacionadas a biotecnologia e tecnologias do DNA no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e sua importância no ensino básico. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, [S. l.], v. 6, n. 04, p. 94-110, 7 out. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336736277_A_FREQUENCIA_DE_QUESTOES_RELACIONADAS_BIOTECNOLOGIA_E_TECNOLOGIAS_DO_DNA_NO_EXAME_NACIONAL_DO_ENSINO_MEDIO_ENEM_E_SUA_IMPORTANCIA_NO_ENSINO_BASIC Q. Acesso em: 22 jan. 2024.

ZATZ, M. Clonagem e células-tronco. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 18, n. 51, p. 247-256, ago. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/sDtmSJfCv3cYLjcDg94NW4n/?lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2024.

ZOCHE, E.R.R.; SOUZA, H.M.L. **Gamificação Investigativa no Ensino de Microbiologia**. Curitiba: CRV, 2023. *E-book* (64 p.). Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1-JB6Vn6nuZMwIMhqJsvoDGGjw-ziO-pp/view>. Acesso em: 2 abr. 2025.

APÊNDICE 1 – E-book sobre biotecnologia destinado a professores da educação básica



**ANDRESSA KOHLER
LUCY ONO**

Biotecnologia para professores do Ensino Médio

Curitiba, 2025



Agradecimentos

Ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO/UFPR), dentro do qual este recurso educacional foi desenvolvido como parte da dissertação de mestrado de Andressa Kohler, orientada por Lucy Ono, no Setor de Ciências Biológicas da UFPR.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) -Brasil - Código de Financiamento 001, que financia o PROFBIO.

Ao Pedro Vidal, por seu auxílio no desenvolvimento do jogo de RPG "The Mistry: Salvando Vidas" contido neste e-book.



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia



CAPES

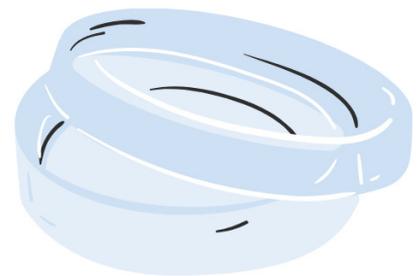
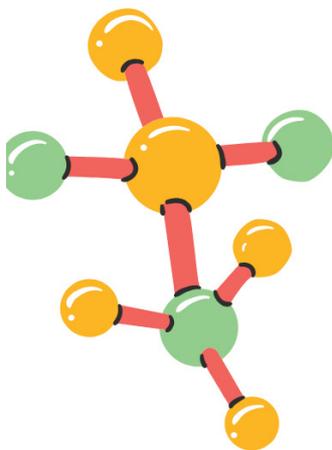


UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Biotecnologia para professores do Ensino Médio

Olá professor(a), este material foi desenvolvido como recurso educacional com o intuito de auxiliar suas aulas com conhecimentos na área de biotecnologia e atividades com metodologias ativas no Novo Médio. Há ainda uma sequência didática investigativa sobre DNA recombinante. Portanto, não visa fins lucrativos e não deve ser comercializado.

Atenciosamente,
Mestranda Profa Andressa Kohler e
Profa Dra Lucy Ono
PROFBIO/UFPR



PREFÁCIO

O conteúdo deste material serve como um auxílio para professores de biologia que estão, de alguma forma, trabalhando conteúdos relacionados às áreas de conhecimento da biotecnologia.

São 8 capítulos que objetivam auxiliar a prática docente em relação aos conteúdos da biotecnologia no Ensino Médio, buscando utilizar a abordagem investigativa de ensino.

Este é uma ferramenta que se baseia na construção do conhecimento pautado nos passos do método científico, que busca fazer com que o estudante questione um problema e busque levantar hipóteses para resolvê-lo, confrontando-as com base em resultados, discutindo e chegando a conclusões científicas.

Todos os capítulos apresentam a seção “Como trabalhar o tema”, que traz ideias de como o docente pode fazer da sua aula um momento investigativo, que perpassa pelo levantamento e contestação de hipóteses, buscando trabalhar sobre problemas e conteúdos relacionados à vida cotidiana.

Além disso, o(a) professor(a) tem indicações de artigos, documentos para leitura e vídeos que podem servir para o aprimoramento da aprendizagem dos estudantes e do aprofundamento do conhecimento do próprio professor.

O documento normativo de 2018 que define as aprendizagens essenciais na educação básica, perpassando por todos os níveis de ensino, é a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Nela há o tópico Ciências da Natureza e suas tecnologias que compila os componentes de biologia, física e química.

Nessa área de ensino, é proposto que o(a) estudante seja preparado para se tornar crítico e passível de tomar iniciativa para propor soluções e resolver problemas da vida cotidiana.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	O ENSINO POR ABORDAGENS INVESTIGATIVAS	p. 8
CAPÍTULO 2	BIOTECNOLOGIA: CONTEXTO E HISTÓRICO	P. 12
CAPÍTULO 3	ÁREAS DE ATUAÇÃO DA BIOTECNOLOGIA	p. 25
CAPÍTULO 4	VACINAS	p.45
CAPÍTULO 5	TESTES DE DNA	P.58
CAPÍTULO 6	CÉLULAS-TRONCO E CLONAGEM	p. 67

SUMÁRIO

CAPÍTULO 7

A TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE

p. 78

CAPÍTULO 8

SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA NO
ENSINO DA TECNOLOGIA DO DNA
RECOMBINANTE

p. 82

No capítulo 8 você terá disponível um material que compreende a uma sequência didática investigativa, que possui em sua estrutura um jogo de RPG. Esse material possibilita que seus estudantes tenham que pensar em soluções para resolver problemas apresentados

CAPÍTULO 1

O ensino por abordagens investigativas



O ensino por abordagens investigativas

Já é sabido que a educação não é um processo com receita pronta e que a complexidade está em cada etapa. E nesse sentido o professor é uma figura central, que serve como um pilar do planejamento desse processo.

Ele deve ser um mediador do conhecimento, que estimule o aluno a desenvolver seus conhecimentos dentro de um parâmetro de apropriação científica.



Nesse sentido, o uso de metodologias ativas que coloquem o estudante como participante da construção do conhecimento, é fundamental.

A utilização do ensino com abordagem investigativa é uma ferramenta de grande utilidade. Esta, por sua vez, caracteriza-se por uma sequência de atividades que buscam a resolução de um problema, com condições para que os estudantes explorem possíveis variáveis, chegando a conclusões e conseguindo sistematizá-las.

Essa concretização do ensino com abordagem investigativa culmina com os passos do método científico, colocando o aluno frente a um

problema, e fazendo com que ele participe da resolução através do levantamento de hipóteses.



O ensino com abordagem investigativa em conteúdos de biologia serve como um recurso estimulador que, com o auxílio da ludicidade, viabiliza uma maior sensibilização e envolvimento durante a realização de atividades.

O aluno acaba com uma visão distorcida do pensamento científico quando lhe é atribuído conteúdo sem a resolução de problemas. Pois o objetivo da investigação é justamente desenvolver a capacidade de raciocínio e argumentação em situações novas e/ou atípicas.

Percebe-se que esse tipo de abordagem vem de encontro com o desenvolvimento de diversas competências e habilidades no estudante, fazendo-o participar do processo de aprendizagem, não sendo mais mero receptor de informações.

O ensino por abordagens investigativas

Diante disso, é possível afirmar que essa ferramenta potencializa a aprendizagem, e busca desenvolver e permitir o pensamento autônomo.

Nas ciências exatas e biológicas, resolver problemas e ter o pensamento crítico é essencial, portanto, buscar tornar as aulas investigativas é um passo fundamental.



Abaixo estão disponíveis alguns links de artigos para se aprofundar no assunto:

ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: EIXOS ORGANIZADORES PARA SEQUÊNCIAS DE ENSINO DE BIOLOGIA

<https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s06>

TRIVELATO, S.L.F.; TONIDANDEL, S.M.R. Revista Ensaio, v. 17, p. 97-114, 2015.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852/3040>

CARVALHO, A.M.P. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, V. 18(3), p. 765-794, 2018.

O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A ARGUMENTAÇÃO EM AULAS DE CIÊNCIAS NATURAIS

<https://repositorio.usp.br/directbitstream/0c539931-f68d-4ecc-a8d1-cccc137f8e90/>

[O%20ensino%20por%20investiga%C3%A7%C3%A3o%20e%20a%20argumenta%C3%A7%C3%A3o%20em%20aulas%20de%20ci%C3%A4ncias%20naturais%20%282017%29.pdf](https://repositorio.usp.br/directbitstream/0c539931-f68d-4ecc-a8d1-cccc137f8e90/O%20ensino%20por%20investiga%C3%A7%C3%A3o%20e%20a%20argumenta%C3%A7%C3%A3o%20em%20aulas%20de%20ci%C3%A4ncias%20naturais%20%282017%29.pdf)

SCARPA, D.L.; SASSERON, L.H.; SILVA, M.B. Revista Tópicos Educacionais, v. 23 (1), p. 7-27, 2017.



Referências do capítulo

CARVALHO, A. M. P. de. *et al.* **Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A.M.P. et al. **Ensino de ciências: Unindo a pesquisa à prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

FARIAS, S.A.; BORTOLANZA, A.M.E. Concepção de mediação: o papel do professor e da linguagem. **Profissão docente online**, Uberaba, v. 13, n. 29, p. 94-109, jul-dez. 2013. Disponível em: <https://revistas.uniube.br/index.php/rpd/article/view/626/713>. Acesso em: 12 jul. 2023.

PINHO, F. G. de. **Atividade investigativas no ensino dos temas/conteúdos de biologia: genética, evolução e ecologia.** 2022. 206 p. Dissertação de mestrado – Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2022. Disponível em: <https://sistemas2.uespi.br/bitstream/tede/343/2>. Dissertação%20Completa.pdf. Acesso em: 1 jul. 2023.

CAPÍTULO 2

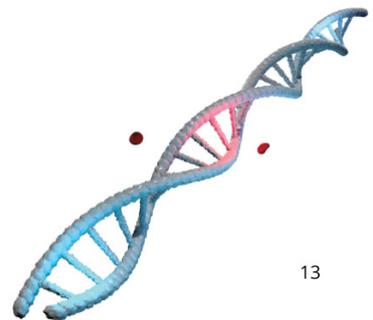
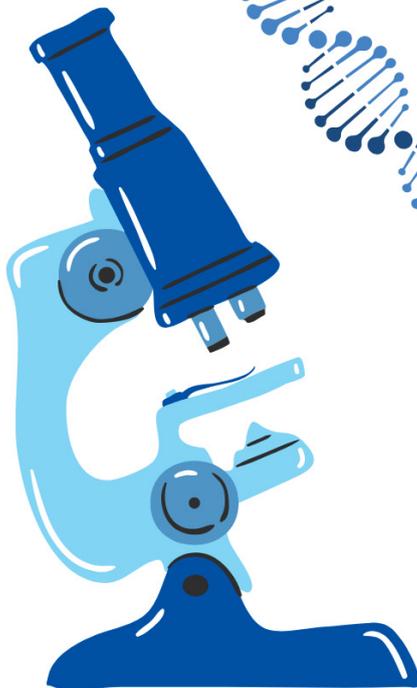
Biotecnología: contexto e histórico



Mas afinal, o que é biotecnologia?



Biotecnologia é o ramo da Biologia que desenvolve tecnologias a partir de organismos vivos, ou matéria-prima a partir deles, baseado nos processos biomoleculares e celulares para criar ou modificar produtos e resolver problemas na sociedade (Pimenta, 2015).



UM POUCO DO HISTÓRICO

**2000 A.C. - EGÍPCIOS
EMPREGAM FERMENTAÇÃO
PARA FABRICAR PÃO**



**1857 - PASTEUR RELACIONA OS
MICRORGANISMOS E OS
PROCESSOS DE FERMENTAÇÃO**

<https://www.youtube.com/watch?v=ZW5cdbQ5KJk&t=159s>

VÍDEOS EDUCATIVOS. Microorganismos e produção de alimentos. YouTube, 4min23s, 2021. Acesso em 2024.

O vídeo que se encontra no link traz a importância dos processos fermentativos para o cotidiano e como os microrganismos estão relacionados a esses processos, de uma maneira lúdica e descontraída.



**1953 - DESCOBERTA DA
ESTRUTURA TRIDIMENSIONAL
DA MOLÉCULA DE DNA**

<https://www.youtube.com/watch?v=cKXQmxSxcPO>

FALA CIENTISTA. Rosalind Franklin: a cientista que descobriu a estrutura do DNA. YouTube, 10min26s, 2016. Acesso em 2024

O vídeo "ROSALIND FRANKLIN: A CIENTISTA QUE DESCOBRIU A ESTRUTURA DO DNA" traz a história da brilhante cientista que aprimorou a técnica de cristalografia dos raios-x.

**6000 A.C. - INÍCIO DA FERMENTAÇÃO
DE GRÃOS POR SUMÉRIOS E
BABILÔNICOS**



**1675 - LEEUWENHOEK DESCREVE A
EXISTÊNCIA DE SERES MINÚSCULOS**

https://www.youtube.com/watch?v=y84l4lovv_U

MICRO MUNDO. Como foram descobertos os microrganismos? - resumo e destaques. YouTube, 6min27s, 2021. Acesso em 2024.

O link traz um vídeo sobre a descoberta dos microrganismos, e especialmente como Leeuwenhoek descreveu as bactérias. Conta ainda com uma reflexão histórica sobre o confronto entre as teorias sobre a origem da vida.

**1928 - ALEXANDER FLEMING
DESCOBRE A PENICILINA**

<https://www.youtube.com/watch?v=BzW-kUbmpv4>

MINUTOS PSÍQUICOS. A descoberta da penicilina: uma revolução sem querer querendo. YouTube, 3min15s, 2016. Acesso em 2024.

Imaginar um mundo sem antibióticos para combater uma infecção causada por um simples corte ou dor de garganta é improvável. Porém a descoberta desse medicamento aconteceu por acaso, e o vídeo citado no link retrata essa história.

UM POUCO DO HISTÓRICO



1982 - APROVADO O USO DE INSULINA RECOMBINANTE

<https://www.youtube.com/watch?v=ftm1xNhzfo8>

GENEVOL UFS. T3 - Uso da biotecnologia na produção de insulina. YouTube, 5min03s, 2023. Acesso em 2024.

A insulina humana foi o primeiro produto recombinante comercializado no mundo, e o vídeo relacionado ao link apresenta um pouco dessa história.

1996 - PRIMEIRO MAMÍFERO CLONADO - OVELHA DOLLY



<https://www.youtube.com/watch?v=c-OYoMysEKE&t=260s>

ON CIÊNCIA. Clonagem. YouTube, 6min34s, 2021. Acesso em 2024.

O vídeo associado ao link traz explicações sobre o que é clonagem reprodutiva e terapêutica e pontua o marco histórico da clonagem da ovelha Dolly, primeiro mamífero clonado no mundo.



1972 - DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA DO DNA RECOMBINANTE



<https://www.youtube.com/watch?v=ViCYwjzBZGs>

INSTANTE BIOTEC. Cortar, colar e clonar! O que é a Engenharia Genética? #InstanteBiotec 66. YouTube, 4min34s, 2019. Acesso em 2024.

A engenharia genética como início da biotecnologia moderna, com a tecnologia do DNA recombinante é um marco na ciência. Esse vídeo traz esse histórico.

1983 - DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA DE PCR - REAÇÃO EM CADEIA DA POLIMERASE



<https://www.youtube.com/watch?v=ViCYwjzBZGs>

YÁSKARA FREIRE. Aula PCR e animação 3D. YouTube, 2min25s, 2015. Acesso em 2024.

A reação em cadeia da polimerase é muito útil em perícia forense, análises de paternidade e análises genéticas. O vídeo adicionado traz uma animação do processo em 3D que permite entender o funcionamento da técnica.



RECENTEMENTE

2015 - EDIÇÃO GENÉTICA BEM-SUCEDIDA EM EMBRIÕES HUMANOS UTILIZANDO A TÉCNICA CRISPR-CAS9

<https://www.youtube.com/watch?v=EGgOpyKm6oQ&t=286s>

CIÊNCIA TODO DIA. Como o CRISPR Funciona? (Edição Genética Explicada). YouTube, 10min49s, 2022. Acesso em 2024.

A técnica CRISPR-CAS9, em que CRISPR significa conjunto de repetições palindrômicas curtas e regulamente espaçadas e, Cas9 se refere a uma enzima, uma nuclease que corta as duas fitas da dupla hélice do DNA, abrindo o espaço para a inserção de um novo trecho, é uma técnica que permite editar o DNA, e que vem passando por muitas reflexões éticas. O vídeo do link traz essas reflexões.

2020 - DESENVOLVIMENTO DE VACINAS CONTRA A COVID-19 UTILIZANDO TECNOLOGIAS DE RNA MENSAGEIRO

<https://www.youtube.com/watch?v=5yZlmk2E4VY&t=8s>

YALE SCHOOL OF PUBLIC HEALTH. Vacinas de mRNA - Como funcionam as vacinas de mRNA da COVID. YouTube, 3min10s, 2022. Acesso em 2024.

Vacina de RNA consiste em uma tecnologia que se demonstrou eficaz na pandemia do COVID 19. O vídeo do link traz a explicação de como se dá o funcionamento desse tipo de técnica, importante para a biotecnologia moderna.

2003 - CONCLUSÃO DO PROJETO GENOMA HUMANO IDENTIFICANDO CERCA DE 20000 GENES HUMANOS

<https://www.youtube.com/watch?v=1A1WgINx5ao&t=168s>

VIDEO AULAS NET. O projeto genoma humano. YouTube, 7min26s, 2017. Acesso em 2024.

O projeto genoma humano teve por objetivo sequenciar as bases nitrogenadas do DNA humano e seu funcionamento relacionado à síntese proteica e ao mapeamento dos genes. O vídeo colocado traz esse histórico, importante para a compreensão do processo.



2017 - PRIMEIRA TERAPIA GENÉTICA APROVADA NOS EUA PARA TRATAMENTO DE CÂNCER

<https://www.bbc.com/portuguese/geral-41109338>

GALLAGHER, J. EUA aprovam 'droga viva', 1ª terapia contra câncer que reestrutura sistema imunológico do paciente. BBC News Brasil, 31 ago. 2017, acesso em 2024.

O link traz a notícia intitulada: EUA aprovam “droga viva”, 1ª terapia contra câncer que reestrutura sistema imunológico do paciente - da BBC News Brasil, de 2017, que conta ser um marco histórico na produção de leucócitos modificados sob medida retirados do próprio paciente, para remissão do câncer.

UM POUCO DO HISTÓRICO

Nos primórdios das civilizações já se têm registros de processos de manipulação de seres vivos, referentes à biotecnologia, principalmente relacionados a processos fermentativos de pães e vinhos. Registros datam essas experiências entre 4 e 6 mil anos atrás.

O povo egípcio aperfeiçoou as técnicas de fermentação, que até então eram processos acidentais na natureza, para utilizar na produção de vinhos, cerveja e, principalmente, o pão.

Em 1675, Anton Van Leeuwenhoek utilizou um microscópio rudimentar para observar material de seus próprios dentes, e chamou os pequenos corpos em movimento, hoje conhecidos como microrganismos, de animálculos.



Nesse cenário biotecnológico, em 1928, ocorreu uma descoberta por acaso, que culminou no tratamento de diversos tipos de infecções, utilizado até hoje. Alexander Fleming, cientista e bacteriologista escocês, estudando culturas bacterianas, percebeu uma substância que crescia ao entorno e inativava as bactérias. Era um fungo do gênero *Penicillium*, que deu origem a penicilina, um dos antibióticos mais conhecidos.



Rosalind Franklin (1920-1958) era conhecida pela utilização de técnicas de cristalografia com raios-X para estudar moléculas de carbono e teve uma história considerada injusta por muitos.

Enquanto vários nomes conhecidos no meio científico buscavam entender a estrutura do DNA, com suas técnicas, Franklin media átomos e descobriu que o DNA era uma dupla-hélice em sentido antiparalelo, com os grupos fosfato para o lado externo.

Os resultados experimentais acabaram chegando a Watson e Crick, que ficaram conhecidos por descobrir a estrutura da molécula.

Em 1962, Watson, Crick e Wilkins ganharam o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina, quando ela já havia falecido em decorrência de um câncer.

Nesta linha de descobertas relacionadas à biotecnologia, vem uma das mais revolucionárias, a técnica do DNA recombinante.

Em 1980, Paul Berg, professor da Universidade Standford (EUA) foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química, pelo reconhecimento a seu trabalho pioneiro. Em 1972 produziu uma molécula híbrida de DNA com sequências de DNA de bactéria e de DNA de um vírus que infecta macacos (SV40).

UM POUCO DO HISTÓRICO

A técnica abriu novos horizontes. A insulina, hormônio de controle de glicose no sangue, é essencial para manter-se saudável, e quem é acometido por diabetes, necessita do hormônio sintetizado em laboratório. Para isso, há processos com a técnica DNA recombinante, que permitem a produção da proteína em um tempo menor do que usar mamíferos para executar sua produção, como bovinos ou suínos, que já foram utilizados nesse tipo de execução. E nesse cenário, a produção foi aprovada em 1982.

Ainda na década de 80, foi desenvolvida a PCR - *Polymerase Chain Reaction*, ou Reação em Cadeia da Polimerase, técnica na qual se produzem rapidamente milhões de cópias de um fragmento específico de DNA.

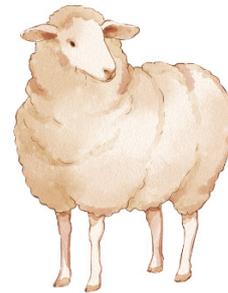


Com ela, mesmo tendo pouca amostra de um material coletado para possível análise, como em casos forenses, é possível continuar os estudos com as cópias formadas.

A partir do uso de pequenos fragmentos de DNA sintético, chamados de *primers*, é possível selecionar um segmento do genoma que se pretende amplificar e depois de vários ciclos da síntese deste fragmento de DNA, ele é amplificado.

Quem criou essa técnica foi o bioquímico estadunidense Kary Mullis, em 1983.

Em meio a tantas possibilidades, o mundo ficou chocado em 1997 com a notícia da clonagem do primeiro mamífero, a ovelha Dolly.

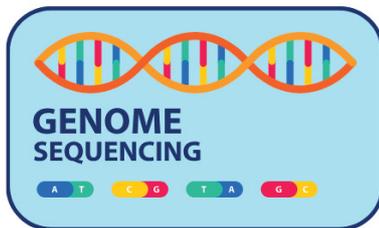


Foi retirada uma célula de glândula mamária de uma ovelha que se pretendia clonar (célula doadora), retirado seu núcleo e implantado o núcleo da ovelha que se pretendia clonar. Depois o embrião gerado dessa forma foi implantado em uma “barriga de aluguel”. E assim em meio a 277 embriões clonados, Dolly foi o único a nascer vivo. Ela ainda deu à luz seis bebês antes de morrer de doença pulmonar aos 6 anos de idade.

UM POUCO DO HISTÓRICO

A clonagem dela mudou a percepção dos cientistas e os fez investir nas pesquisas com células-tronco.

Em 2003 foi concluído o PROJETO GENOMA HUMANO, como ficou conhecido, que teve como objetivo o sequenciamento de 3,1 bilhões de bases nitrogenadas do genoma humano e que permitiu ampliar tecnologias na área médica, mudanças significativas na área da genética e epigenética, corroborando com avanços no diagnóstico e tratamento de diversas patologias, baseado nas características genéticas singulares de cada indivíduo.



Com a biotecnologia sempre haverá estudos e técnicas recentes na busca de produtos que, de alguma maneira, possam auxiliar aos humanos, principalmente no que se diz respeito a área médica.

Uma das tecnologias mais recentes é a terapia genética contra o câncer, já aprovada, que busca eliminar a doença com o uso de células de defesa do próprio paciente, modificadas geneticamente.

Basicamente há a coleta de linfócitos T do sangue do próprio paciente, que passam por um processo laboratorial de inserção do gene CAR (receptor de antígeno quimérico, que reconhece células cancerígenas) e combater o câncer. Essas células modificadas são chamadas agora de CAR-T e são introduzidas no paciente. Atualmente o tratamento demonstra resultados positivos e só pode ser utilizado em pessoas com leucemia linfóide aguda, linfoma não-Hodgkin e mieloma.

E para concluir alguns fatos históricos e envolventes da biotecnologia, não há como deixar de falar das vacinas de RNA, popularizadas na pandemia da Covid 19 e alvo de muitas *fake news* (notícias falsas).

Os cientistas utilizam o mRNA (RNA mensageiro) sintético, que tem por finalidade ensinar ao organismo a fabricar temporariamente a proteína S do SARS-CoV-2, responsável pela ligação do vírus com as nossas células. Assim, nossas células iniciam a defesa imunológica, permitindo proteção quando necessitarmos.

Portanto, essas vacinas são seguras e não causam danos à saúde, pelo contrário, são eficazes na prevenção da invasão do vírus ao corpo.





ONDE ESTÁ?



Desenvolvimento de bioprodutos, como plantas, fertilizantes, proteínas.



Vacinas, como as da COVID-19 e medicamentos como insulina humana.



Produtos transgênicos como alimentos.



Desenvolvimento de biocombustíveis, como biodiesel e etanol.

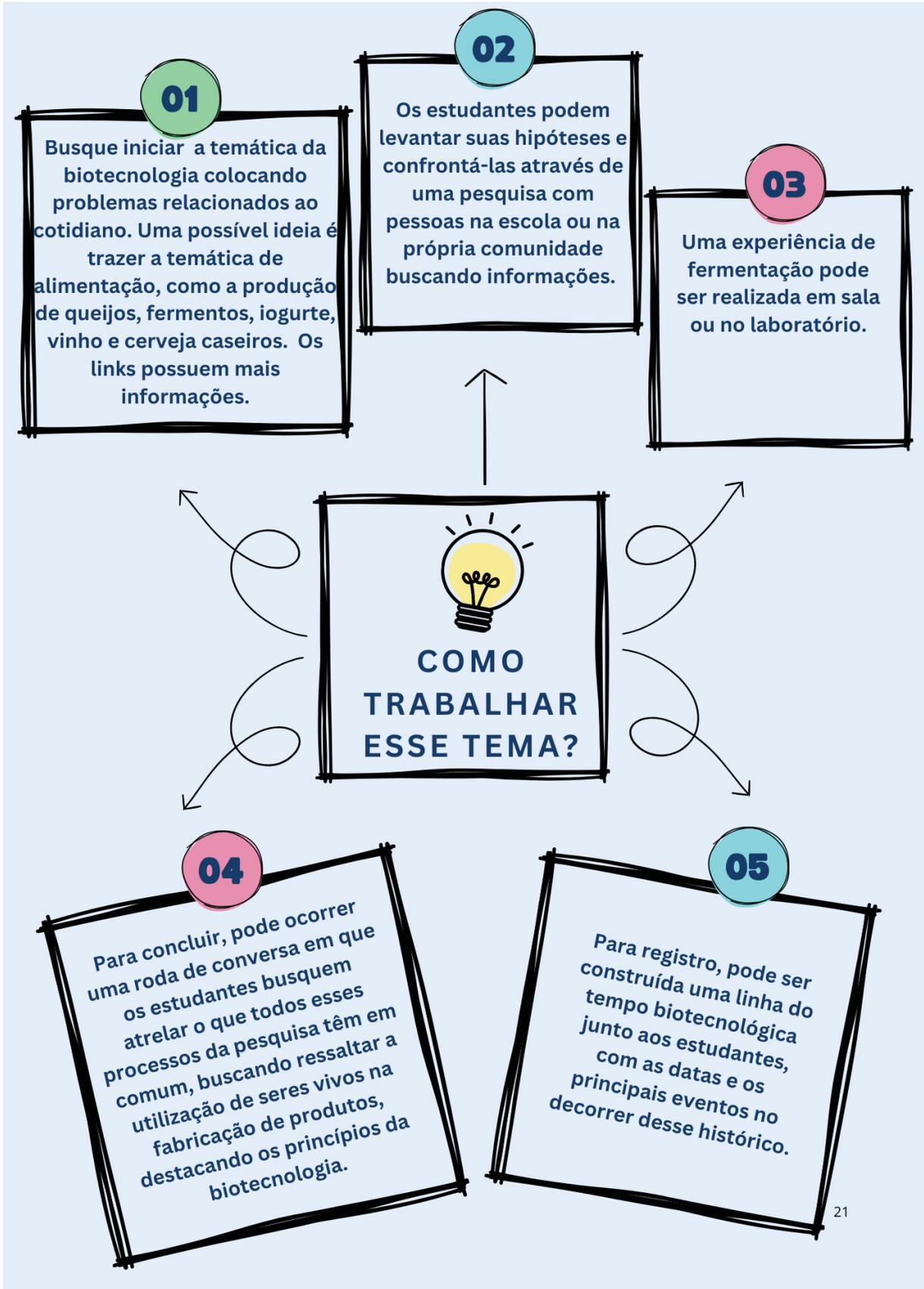


Desenvolvimento de produtos recombinantes, como fatores de coagulação.



Dentre outras ações que utilizam a manipulação de seres vivos para obtenção de serviços e produtos relacionados ao cotidiano, como pães, bebidas fermentadas, adubos, pesticidas, combustíveis, enzimas, medicamentos, cosméticos, dentre outros.





SUGESTÕES E LINKS

ATIVIDADE 1:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZW5cdbQ5KJk>

VÍDEOS EDUCATIVOS. Microrganismos e produção de alimentos. YouTube, 4min23s, 2021. Acesso em 2024.

01

O vídeo traz de uma maneira lúdica a utilização da biotecnologia na alimentação relacionada aos processos de fermentação.

<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-noticias/-/noticia/69703356/debate-discute-a-contribuicao-da-biotecnologia-na-industria-de-alimentos>

01

VICENTE, M. Debate discute a contribuição da biotecnologia na indústria de alimentos. Embrapa Solos, 13 abr. 2022. Acesso em 2024.

Esta notícia da EMBRAPA de 2022 traz uma reflexão acerca de debates que discutem a contribuição da biotecnologia na indústria de alimentos, e pode ser útil durante o desenvolvimento da atividade 1.

ATIVIDADE 3:

<https://corujabiologa.wordpress.com/2017/11/21/vamos-fazer-uma-experiencia-fermentacao-bexigas/>

MORAES, N. Vamos fazer uma experiência? Fermentação + bexigas. Site Coruja Bióloga, 21 nov. 2017. Acesso em 2024.

03

O link traz o passo a passo de como realizar uma experiência de fermentação de maneira simples.

Referências do capítulo

ABRALE – Associação Brasileira de linfoma e leucemia. Entenda como funciona a terapia CAR-T, que promete revolucionar o tratamento contra o câncer. **Portal da Abrale**. 27 fev. 2024. Disponível em: [terapiacar-t-que-promete-revolucionar-o-tratamento-contr-o-cancer/](https://www.abrale.org.br/terapiacar-t-que-promete-revolucionar-o-tratamento-contr-o-cancer/). Acesso em: 22 set. 2024.

CROPLIFE BRASIL. Biotecnologia: mais antiga do que parece. **Portal da CropLife Brasil**. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/a-biotecnologia-e-o-desenvolvimentoda-humanidade/>. Acesso em: 18 fev. 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. A Biotecnologia e você – os benefícios da biotecnologia para a sua qualidade de vida. **Portal da EMBRAPA**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/recursos-geneticos-e-biotecnologia/sala-de-imprensa/se-liga-na-ciencia/a-biotecnologia-e-voce>. Acesso em: 1 jan. 2024.

FIOCRUZ – Fundação Instituto Oswaldo Cruz. Alexander Fleming. **Portal da Fiocruz**. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/Biograf/ilustres/alexander.html>. Acesso em: 17 set. 2024.

KOSSAVOVSKI, F. O excêntrico cientista por trás do teste de covid-19 utilizado como “padrão de referência”. **Site da National Geographic Brasil**. 26 fev. 2021. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2021/02/kary-mullis-cientistapor-tras-do-teste-de-covid-19-pcr-padrao-de-referencia>. Acesso em: 22 set. 2024.

LOPES, D.S.A; PESSOA, M.H.N.; SANTOS, R.S.; BARBOSA, M.S. A produção de insulina artificial através da tecnologia do DNA recombinante para o tratamento de diabetes mellitus. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 10(1), p. 234-245, 26 jul. 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5033102.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

MS – Ministério da Saúde. Vacinas de RNA são seguras! 23 out. 2023. **Portal do Ministério da Saúde do Brasil**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-com-ciencia/noticias/2023/outubro/vacinas-de-rna-sao-seguras>. Acesso em: 22 set. 2024. ²³

Referências do capítulo

NEVES, K. Rosalind Franklin e o segundo lugar. **Ciência Hoje**, 2018. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/os-creditos-da-descobertura-da-estrutura-do-dna-sao-tao-confusos-quanto-as-relacoes-interpessoais-dos-envolvidos/>. Acesso em: 19 set. 2024.

PAINA, K. PCR – Polymerase Chain Reaction - Reação em Cadeia da Polimerase. 2024. **Portal da Êxodo Científica**. Disponível em: <https://exodocientifica.com.br/pcr-polymerase-chain-reaction-reacao-em-cadeiada-polimerase-ima/>. Acesso em: 22 set. 2024.

PIMENTA, C.A.M.; LIMA, J.M. **Genética aplicada à biotecnologia**. São Paulo: Ed. Érica/Saraiva, 175 p., 2015.

SBIm – Sociedade Brasileira de Imunologia. Vacinas de RNA mensageiro (mRNA). **Portal da SBIm**. 26 ago. 2021. Disponível em: <https://sbim.org.br/covid-19>. Acesso em: 22 set. 2024.

SILVA, L.H.; MAGALHÃES, P.; PINHEIRO, B.C.S. O Vinho no Egito Antigo: Uma Dose de História da Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 7 (2), p. 19-37, 26 dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.53003/redequim.v7i2.4095>. Acesso em: 17 set. 2024.

SOARES, J.A. Genoma humano: 20 anos do sequenciamento que revolucionou a ciência. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 5 (3), p. 1168-1189, jul. 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372535988_GENOMA_HUMANO_20_anos_do_sequenciamento_que_revolucionou_a_ciencia. Acesso em: 22 set. 2024.

TAMMARO, R. Clonagem da ovelha Dolly completa 25 anos com novas possibilidades para a Ciência. **Jornal USP**. 30 jul. 2021. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/clonagem-da-ovelha-dolly-completa-25-anos-e-trouxe-novas-possibilidades-para-a-ciencia/>. Acesso em: 22 set. 2024.

USP – Universidade de São Paulo. Biotecnologia – histórico. **Portal do Curso de Bacharelado em Biotecnologia da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP**. Disponível em: <https://sites.usp.br/biotec-each/historico-2/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).

CAPÍTULO 3

Áreas de atuação da Biotecnologia



Cores da biotecnologia



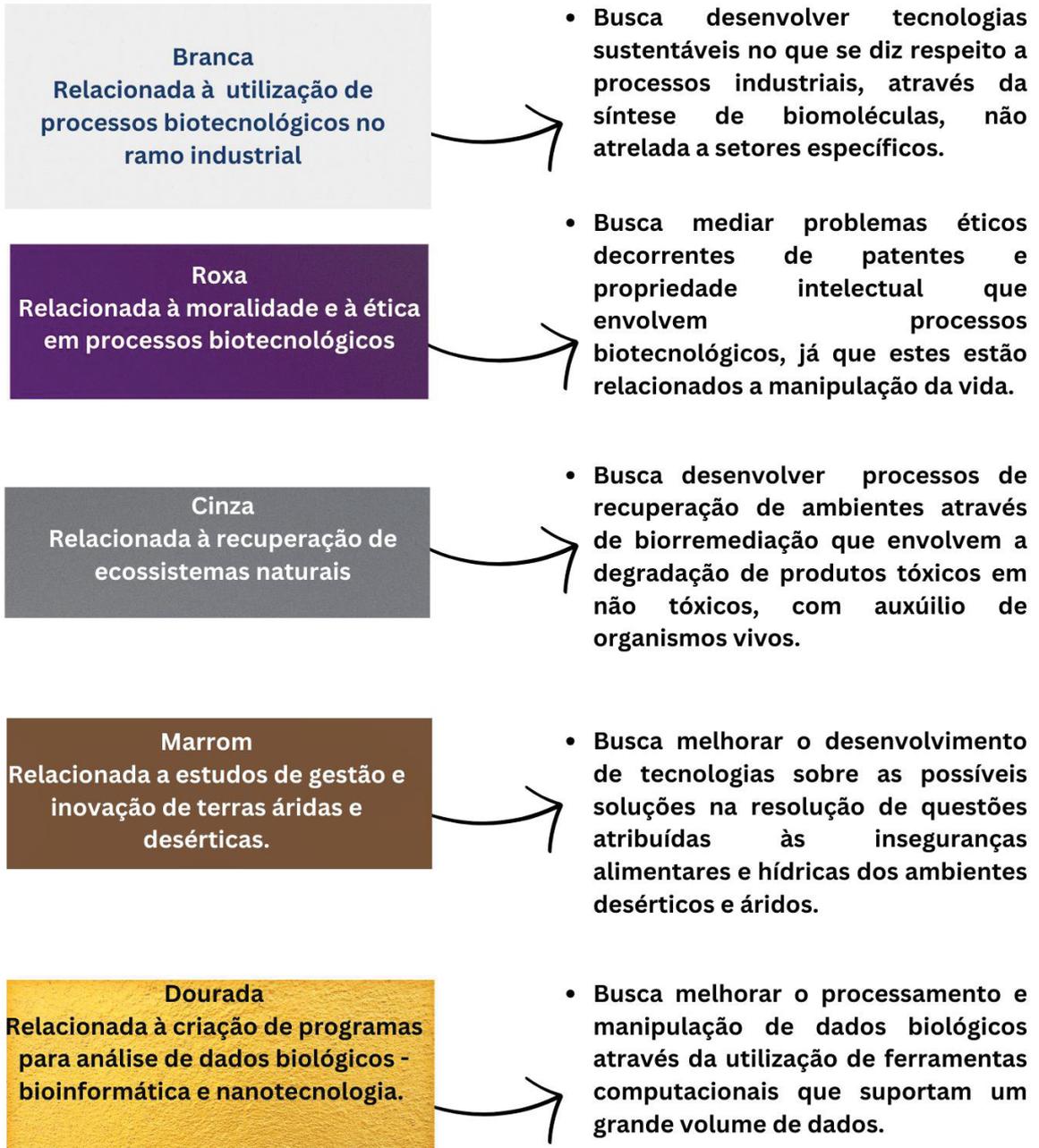
A biotecnologia didaticamente está atrelada a diferentes cores de acordo com sua área de pesquisa e estudo. Atualmente a Secretaria de Estado de Educação do Paraná (SEED-PR) traz em seu material de apoio ao professor essa divisão, principalmente na trilha de aprendizagem de Biotecnologia, no Itinerário de Ciências da Natureza, em que o conteúdo está destinado a diversas aulas, permitindo que o professor trabalhe com afinco essas especificidades. Comumente há 10 cores nessa organização: verde relacionada a processos da agricultura, vermelha relacionada à saúde, amarela envolvida com processos de melhoramento genético, preta ligada ao bioterrorismo, azul que busca pesquisas sobre questões marinhas, branca que busca soluções biotecnológicas industriais, roxa que envolve questões éticas, cinza que tem relação com recuperação de ecossistemas naturais, marrom ligada a recuperação de solos áridos e dourada, que tem intimidade com a bioinformática.

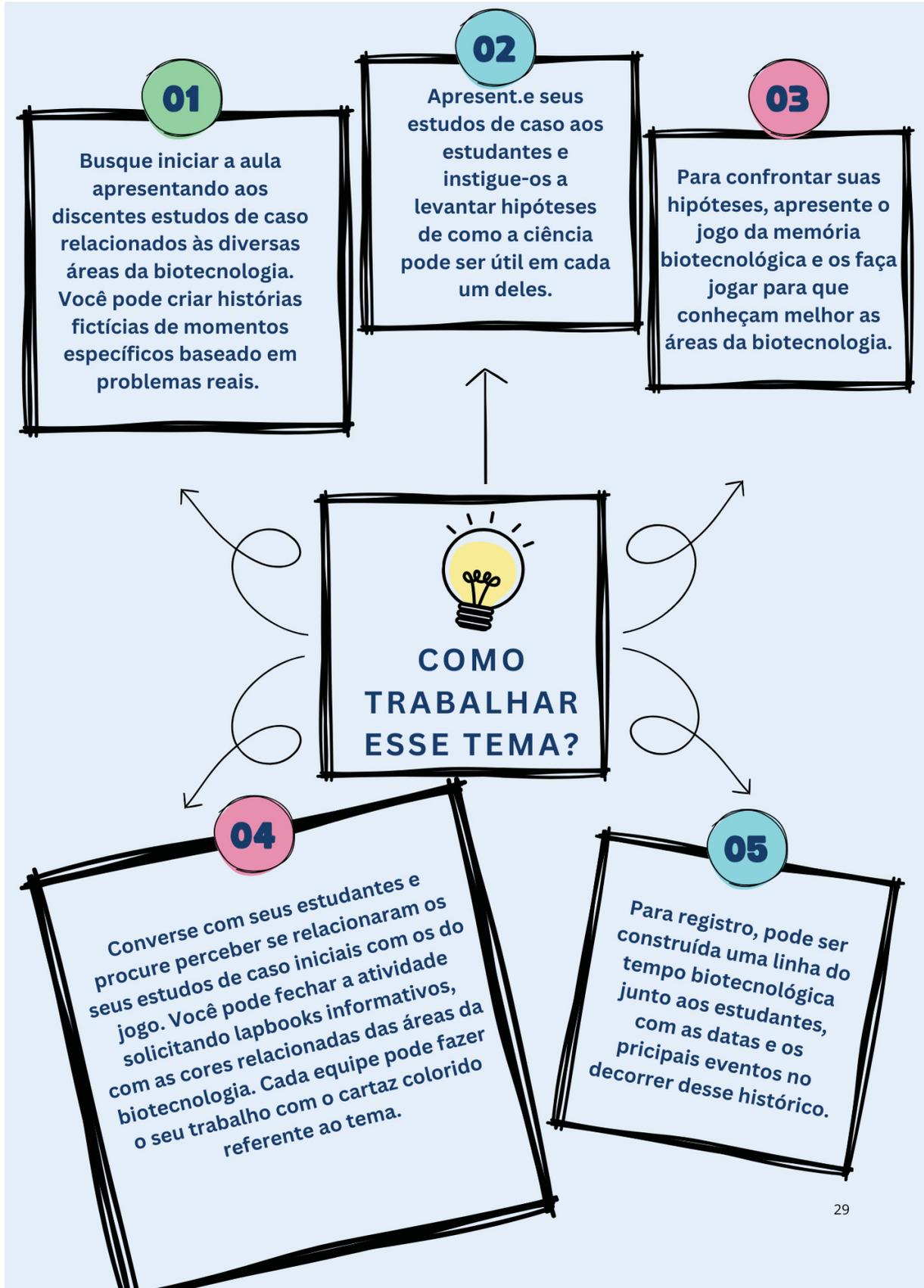


Cores da Biotecnologia



Cores da Biotecnologia





Materiais para o professor



Ideias de situações para os estudos de caso e, abaixo, possíveis estudos de caso

- **Biotecnologia verde:** Baixa produtividade e resistência a pragas em produções agrícolas.
- **Biotecnologia vermelha:** Problemas genéticos graves que levam a dificuldades com relação à tratamentos hospitalares.
- **Biotecnologia amarela:** Busca de melhorias em processos fermentativos na produção industrial de bebidas.
- **Biotecnologia preta:** Ameaça de guerra biológica entre países com algum microrganismo específico modificado geneticamente.
- **Biotecnologia azul e cinza:** Vazamento de óleo em ambientes marinhos e contaminação de ecossistemas com espécies nativas. *(aqui, o objetivo é demonstrar que as áreas se correspondem, já que o caso se relaciona simultaneamente com duas áreas).*
- **Biotecnologia branca:** Uma epidemia local ou uma pandemia que necessite da produção de uma vacina.
- **Biotecnologia roxa:** Um dilema ético em um hospital.
- **Biotecnologia cinza:** Uma comunidade que depende de pesca e está sendo assolada por contaminação de metais pesados.
- **Biotecnologia marrom:** Uma comunidade que depende do solo para sobreviver, mas que devido à escassez de chuvas têm perdido sua produtividade com o solo árido.
- **Biotecnologia dourada:** Um problema tecnológico relacionado a leitura de bandas de DNA em procedimentos de eletroforese, prejudicando testes de paternidade.



Estudo de caso Biotecnologia Verde

Uma vila do interior da cidade de Serenópolis vivia de pequenas plantações de diversas culturas, que eram vendidas para a cidade e faziam o comércio do vilarejo girar. Porém, em certa época do ano e dali em diante, os trabalhadores começaram a ficar desolados por uma praga desconhecida que assolava suas culturas. Outro problema surgiu: a baixa produtividade das plantações remanescentes. O solo, exausto pelos anos de cultivo intensivo e pelo impacto das pragas, mal conseguia sustentar o crescimento saudável das plantas. E passaram alguns anos assim, sem que houvesse uma solução condizente com o caso, fazendo com que as famílias sofressem com a falta de dinheiro para seu sustento. Um dos trabalhadores da vila distante resolveu buscar ajuda e ultrapassar a agricultura tradicional, buscando auxílio nas novas tecnologias existentes. E agora a preocupação é com que tipo de ajuda eles poderiam contar.

Estudo de caso Biotecnologia Branca

Uma nova variante de vírus surge em uma área de uma pequena cidade. As autoridades locais e de saúde pública logo percebem as condições específicas dos casos que chegam às unidades de pronto atendimento e logo alertam a população quanto ao grande risco de contaminação, por propagação através de gotículas de saliva. Mesmo com precauções sendo tomadas, o microrganismo logo começa a se espalhar. Inicialmente ocorre uma epidemia local, e não demora muito para o caso se tornar uma pandemia. Isso leva a população mundial a uma preocupação constante e que leva a medo e pânico. A preocupação agora é de como deter as contaminações e o avanço da doença.

Estudo de caso Biotecnologia Vermelha

J. era uma boa mãe, porém um tanto ríspida no que se tratava a condições de saúde. Acreditava que na maioria dos casos as doenças se curam pelo próprio corpo e com a ajuda de chás caseiros relacionados à crenças centenárias. Seu filho P. se queixava de dor de garganta naquela tarde gelada e nas próximas também. A mulher oferecia chás e dizia que o garoto não poderia se resfriar que logo estaria curado. Aparentemente depois de duas semanas o menino parecia bem, levando sua rotina da mesma maneira que antes. Depois de algum tempo, ele começou a apresentar paralisia de membros inferiores junto a febre. A mãe assustada, correu com o menino ao pronto socorro, o qual foi atendido imediatamente. O médico internou-o e realizou diversos exames. O diagnóstico foi de febre reumática, e a mãe sem entender, pediu que falasse de maneira mais acessível. Então o profissional lhe explicou que uma bactéria estava relacionada à crise, e que isso estaria ligado a uma dor de garganta mal curada. Além disso, a doença teria que ser tratada e acompanhada por muitos anos. A preocupação da mãe agora era com que tipo de tratamento o filho poderia contar.

Estudo de caso Biotecnologia Preta

Um cientista especialista em engenharia genética faz diversos tipos de recombinações gênicas para testes com microrganismos. Recentemente em seu laboratório, ele tem testado recombinar um gene em uma bactéria mortal, para que a mesma possa ser utilizada na terapia contra o câncer, levando em consideração seu poder de penetração no corpo humano. Certo dia ocorreu uma falha técnica no laboratório, o que permitiu a invasão do local por um grupo terrorista, que estava de olho nas cepas de bactérias mortais, para utilizá-las como arma biológica. A população está assustada com a notícia.

Estudo de caso Biotecnologia Amarela

Em uma cidadezinha do interior, havia uma fábrica de bebidas artesanais que era apreciada por seus produtos. Porém, com a competição de mercado e inovação tecnológica, apesar de sua qualidade, a empresa vinha enfrentando problemas. No comando da fábrica estava o senhor C., um senhor que sabia muito sobre processos artesanais de fermentação, porém nunca havia feito especializações no assunto e, o que sabia, era devido ao fato de ter herdado conhecimento de seu falecido pai. C. fazia os mesmos processos fermentativos, de medição de pH, processos de privação de oxigênio que seu pai. Essa tradição era familiar e secular.

As vendas começaram a despencar aos poucos, e a preocupação aumentava. A dúvida era de como diversificar a qualidade dos produtos e manter a empresa.

Estudo de caso Biotecnologia Azul e Cinza

Um desastre ambiental marinho ocorreu nos arredores de uma ilha onde vive uma população que depende quase que exclusivamente da pesca sustentável para sobrevivência. Um navio que por ali passava teve problemas mecânicos, o que ocasionou um vazamento de óleo na região. O incidente causou instantaneamente a morte de diversos animais do entorno. Porém, a população sabe que há risco de a contaminação permanecer causando estragos por muitos anos ao penetrar de forma persistente nos ecossistemas. A preocupação, é de como combater a contaminação e salvar o máximo de espécies possíveis para que o equilíbrio marinho não seja ainda mais afetado.

Estudo de caso Biotecnologia Roxa

Uma farmacêutica de tamanho pequeno, depois de vários anos de pesquisa e investimento em novas tecnologias, consegue chegar à fabricação de um produto inovador que utiliza a biotecnologia como base. Um fungo modificado é utilizado para a produção de princípio ativo no tratamento contra doenças infecciosas. A empresa está na fase final de testes, e um dos laboratoristas que tem vínculo com a farmacêutica é convidado a uma reunião com uma empresa de maior porte. Esta, oferece oportunidades diferenciadas de trabalho e condições financeiras mais vantajadas. O empregado aceita a proposta e, por querer fazer um trabalho que traga lucros a nova empresa, viola a ética e traz à tona o medicamento que ajudava a produzir na empresa antiga. Agora, as duas empresas brigam na justiça pela patente do medicamento.

Estudo de caso Biotecnologia Marrom

Um povo sofre com uma guerra que assola a população local e decide fugir dali para tentar reconstruir a vida. São dias de luta para conseguir sair do local, e muitos outros dias difíceis para conseguir chegar a outro país. No novo país há ainda a luta como refugiados, sem casa pra morar ou emprego para auxiliar na vida financeira. O governo local decide disponibilizar terras para que essa população possa viver de plantações e fazer girar seu próprio comércio. Porém, as autoridades enfrentam a dificuldade de a região ter um solo árido e desértico, e fica difícil ajudar, sendo esse o único local possível para realocar as famílias. "Como as famílias poderiam ser ajudadas na produção de alimentos nessa região?".

Estudo de caso Biotecnologia Dourada

Uma empresa voltada a pesquisas de engenharia genética com aplicação na medicina busca entender e intervir em uma condição genética, que acomete determinadas populações caucasianas que possuem um gene específico para suscetibilidade a problemas cutâneos. Para tanto, será necessária a coleta de DNA do máximo de amostras possíveis para comparar e poder gerar um padrão da expressão do gene associado às condições ambientais onde essas pessoas vivem. Para tanto, a empresa necessitará da criação de um banco de dados. Porém, como seus trabalhos são recentes, a preocupação é de como organizar esses dados, de modo que haja tabulação de expressões gênicas semelhantes no sistema computadorizado.





Jogo da memória biotecnológica





COMPOSIÇÃO E REGRAS

- O jogo é composto por cartas com os nomes de cada área da biotecnologia moderna (biotecnologia vermelha, azul, verde, amarela, branca, dourada, roxa, preta, marrom e cinza).
- Também há cartas com descrições de situações cotidianas/informações relacionadas a cada uma das áreas da biotecnologia.
- Sua tarefa é fazer os pares das áreas da biotecnologia com as situações correspondentes.
- PARA INICIAR, DEIXE TODAS AS CARTAS VIRADAS PARA BAIXO.
- O PRIMEIRO JOGADOR DEVE ESCOLHER DUAS CARTAS, FAZER A LEITURA E VER SE AS MESMAS SÃO CORRESPONDENTES. PARA SABER SE A CORRESPONDÊNCIA DA INFORMAÇÃO OCORREU, VOCÊ PODE CONSULTAR A IMAGEM QUE SEGUE JUNTO DO JOGO.
- SE NÃO FOREM, VOCÊ DEVE DESVIRAR E PASSAR PARA O OUTRO JOGADOR. SE SUAS CARTAS SE CORRESPONDEM VOCÊ DEVE CONTINUAR.
- **Vence quem terminar com mais pares de cartas!!!**

VOCÊ PODE UTILIZAR ESTA IMAGEM PARA FAZER AS CORRELAÇÕES.



Fonte: A autora, 2024.

**Biotecnologia
vermelha**



**Biotecnologia
branca**



**Biotecnologia
azul**



**Biotecnologia
verde**



**Biotecnologia
branca**



**Biotecnologia
cinza**



**Biotecnologia
dourada**



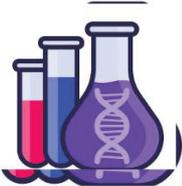
**Biotecnologia
vermelha**



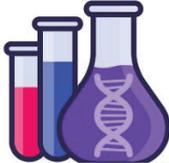
**Biotecnologia
amarela**



**Biotecnologia
vermelha**



**Biotecnologia
amarela**



**Biotecnologia
verde**



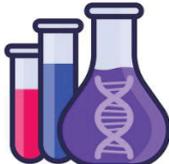
**Biotecnologia
marrom**



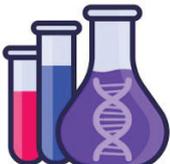
**Biotecnologia
azul**



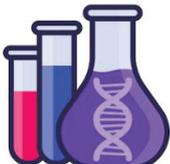
**Biotecnologia
preta**



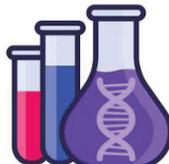
**Biotecnologia
roxa**



**Biotecnologia
cinza**



**Biotecnologia
dourada**



Produção da vacina BCG que serve pra prevenção das formas mais agravantes de tuberculose em humanos.



Melhoramento genético de plantas com o intuito de afastar pragas agrícolas com a adição de genes específicos, que acabam tornando-as resistentes a pragas.



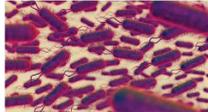
Melhoramento na produção de algas marinhas com foco em produtos palatáveis e industriais, utilizando DNA recombinante.



Melhoramento da qualidade do solo em regiões como a Caatinga visando o auxílio de produtores locais, através do uso de microrganismos que maximizam a absorção de nutrientes, por exemplo.



O mal de Antraz é causado por uma bactéria que pode ser utilizada pelo bioterrorismo, para busca microrganismos ou agentes químicos prejudiciais para liberar no ambiente . A bactéria pode causar desde feridas cutâneas , náuseas, dores relevantes e até a morte.



O processo de fermentação de queijos, vinhos e cervejas já é um processo milenar que vem sendo melhorado com o avanço das ferramentas tecnológicas, seleção e modificação de microrganismos.



É responsável pela regulamentação de patentes, questões éticas morais relacionadas a todos os tipos de biotecnologia.



A biorremediação é uma técnica que se utiliza de seres vivos para reduzir ou eliminar contaminações no meio ambiente, como exemplo limpar um rio visando transformar componentes tóxicos em atóxicos.



É possível sequenciar o genoma de uma pessoa através de técnicas de bioinformática. Sendo possível conhecer a propensão a determinadas enfermidades , como fibrose cística, uma doença genética.



A primeira insulina humana recombinante foi comercializada em 1982. A mesma é destinada à área médica e farmacêutica e auxilia no tratamento de pessoas com diabetes.



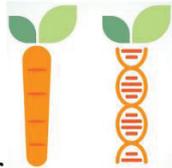
Técnicas que usam células vivas e microrganismos como leveduras, fungos, bactérias, e as microalgas para sintetizar produtos para gerar biomoléculas sustentáveis na indústria.



Com técnicas de bioengenharia, utiliza-se de um produto à base de colágeno para construção de membranas para queimaduras e úlceras da pele. Esse colágeno é extraído de esponjas marinhas.



Muitas culturas agrícolas possuem versões transgênicas no mundo para melhorar a aparência e produtividade. Abobrinha, ameixa, algodão, berinjela, beterraba, cana-de-açúcar, canola, feijão, mamão, milho e soja são exemplos.



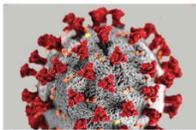
Um grupo de pesquisadores criou um novo canudo de papel. O canudo desenvolvido pela equipe não encharca, e é mais resistente aos canudos de papéis que costumamos a ver, composto por nanocelulose biodegradável.



Uma caixa que libera mosquitos machos *Aedes aegypti* geneticamente modificados para acasalar com as fêmeas e gerar somente novos descendentes machos, que não picam nem transmitem doenças é vendida para o público em geral.



Jaqueline Goes de Jesus, biomédica, foi uma das mulheres que coordenou a equipe do Laboratório Nacional de Computação Científica, que identificou variante P.2 do SARS-CoV-2. Esse trabalho de cruzamento de dados faz parte da biotecnologia.



O primeiro antibiótico que se sabe foi descoberto pelo médico inglês Alexander Fleming, ao perceber que amostras bacterianas tiveram seu crescimento inibido ao entrar em contato com fungos do gênero *Penicillium*. O mesmo ajudou pessoas a se curar de certas infecções bacterianas.



Kombucha é um chá fermentado, levemente efervescente e adoçado, comumente consumido por seus supostos benefícios à saúde intestinal. A fermentação é realizada por uma junção benéfica de fungos e bactérias não patogênicos.



Referências do capítulo

CARVALHO, M. “Aedes do bem” em casa? Mosquito com modificação genética para combater dengue ganha versão domiciliar. **G1.Globo.com**. 4 fev. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2024/02/04/aedes-do-bem-em-casa-mosquito-com-modificacao-genetica-para-combater-dengue-ganha-versao-domiciliar.ghtml>. Acesso em: 28 set. 2024.

CARDOSO, D.R.; CARDOSO, T.A.O. Bioterrorismo: dados de uma história recente de riscos e incertezas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16(1), p. 821-830, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-81232011000700013>. Acesso em: 28 set. 2024.

CARNEIRO, L. Faz bem até pra hemorroida: conheça os benefícios e saiba fazer o kombucha. **Portal UOL** 19 jun. 2024. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2024/06/19/kombucha-veja-como-fazer-e-quais-sao-os-beneficios-da-bebida-fermentada.htm>. Acesso em: 28 set. 2024.

CASSANEGO, S.R. O que é a Bioinformática? **Programa de Educação tutorial, Portal da UFSM**. 2 dez. 2020. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/sistemas-de-informacao/2020/12/03/o-que-e-a-bioinformatica>. Acesso em: 29 set. 2024.

CICLOVIVO. Cientistas usam colágeno de esponjas marinhas para enxertos ósseos. **Portal Ciclo vivo**. 15 set. 2020. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/colageno-de-esponjas-marinhasenxertos-osseos/>. Acesso em: 28 set. 2024.

GUIDOTTI, I.L.; VIDEIRA, N. As cores da biotecnologia. **Profissão Biotec**. 24 jun, 2021. Disponível em: <https://profissaobiotec.com.br/cores-da-biotecnologia/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

IBERDROLA. O que é a biotecnologia. **Portal Iberdrola**. 22 abr. 2021. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/inovacao/o-que-e-biotecnologia>. Acesso em: 17 jan. 2024.

Referências do capítulo

LOPES, D.S.A; PESSOA, M.H.N.; SANTOS, R.S.; BARBOSA, M.S. A produção de insulina artificial através da tecnologia do DNA recombinante para o tratamento de diabetes mellitus. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 10(1), p. 234-245, 26 jul. 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5033102.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

PELIZZARI, A.; SILVA, I.S.; FELIPE, M.S.S. Ensino da Biotecnologia no Itinerário Formativo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Novo Ensino Médio. **Concilium**, v. 22 (4), p. 230- 247, 25 jun. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/361539082_Ensino_da_Biotecnologia_no_Itinerario_Formativo_de_Ciencias_da_Natureza_e_suas_Tecnologias_no_Novo_Ensino_Medio. Acesso em: 04 fev. 2025.

REDAÇÃO DO GUIA DO ESTUDANTE. Orientação profissional: “Será que biotecnologia é uma área promissora?” **Portal Guia do Estudante**. 28 abr. 2023. Disponível em: <https://guiadoestudante.abril.com.br/orientacao-profissional/orientacao-profissionalsera-que-biotecnologia-e-uma-area-promissora>. Acesso em: 17 jan. 2024.

SCHENBERG, A.C.G. Biotecnologia e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, v. 24(70), p. 07-17, 23 nov. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3RNnxCZQTvWPQZ5kYYnKp6C/?lang=pt> Acesso em: 28 set. 2024.

VELOSO, J. A doutora formada na UFBA que liderou o primeiro sequenciamento genético do coronavírus no Brasil. 3 abr. 2020. **Edgardigital/Portal da UFBA**. Disponível em: <https://coronavirus.ufba.br/doutora-formada-na-ufbaque-liderou-o-primeiro-sequenciamento-genetico-do-coronavirus-no-brasil>. Acesso em: 28 set. 2024.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com). AS IMAGENS DO JOGO TAMBÉM SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DO GOOGLE IMAGENS.

CAPÍTULO 4

Vacinas



De onde vem a palavra vacina?

No século X na China, a vacinação se iniciava de uma maneira rudimentar: esfregavam-se cascas de feridas de doentes com varíola em pessoas saudáveis, para que assim, criassem imunidade. Faziam um pó das feridas de pessoas doentes, que acabava por deixar o vírus enfraquecido, e isso estimulava o sistema imune a criar memória. O processo ficou conhecido como variolação.



Este se baseava na observação de que pessoas que já haviam ficavam doentes não se contaminavam novamente.



No séc XVIII o médico britânico Edward Jenner inseriu pus de uma ferida de varíola bovina em um garoto, doença que na época matava 30% das pessoas. O garoto desenvolveu sintomas leves, mas se recuperou. O médico depois inoculou a forma mais mortal do vírus no garoto, o qual permaneceu com a saúde intacta. Percebendo então a criação de uma imunidade, ele publicou seus resultados ligados à palavra VACINA, que vem de *vacca* do latim.

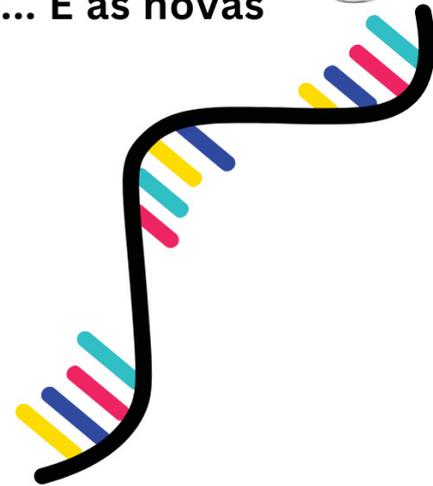
Como é feita uma vacina?



Sabe-se que as vacinas geralmente são feitas dos microrganismos atenuados, ou mesmo de pedaços do microrganismo (proteína) sendo inoculada na pessoa para estimular a geração de anticorpos... E as novas vacinas de RNA?

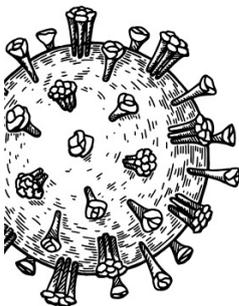


As vacinas são feitas de um RNA sintético que corresponde a uma determinada proteína do agente infeccioso. As células produzem essa proteína e, como o corpo não a reconhece, passa a produzir anticorpos contra ela.



Vacinas de RNA podem ser rapidamente modificadas em laboratório.

Permitem atacar pontos altamente específicos dos vírus. Os cientistas utilizam o mRNA (RNA mensageiro) sintético, que tem por finalidade ensinar ao organismo a fabricar a proteína S do SARS-CoV-2, responsável pela ligação do vírus com as nossas células. Assim, nossas células iniciam a defesa imunológica, permitindo proteção quando necessitarmos.



DOENÇAS QUE PODEM SER CONTROLADAS POR VACINAS

Sarampo, rubéola, meningite, tuberculose e febre amarela

SARAMPO

O sarampo é uma doença de contágio rápido e fácil, causada por um vírus que pode ser transmitido por gotículas pelo ar e contato direto com o doente. Na década de 1970 causou muitas mortes em crianças menores de 5 anos.

Neste público geralmente as complicações são maiores. Somente quando houve aumento significativo na cobertura vacinal, percebeu-se a queda drástica nos casos.

Em 1960 houve a notificação de 2,6 milhões de mortes causadas por sarampo ao ano. Depois da ascensão da vacinação, os casos baixaram para 79 mil em 2014. Porém a desaceleração da vacinação nessa época, culminava com o aumento da doença.



RUBÉOLA

Os sintomas da doença se assemelham aos do sarampo, como febre, mal estar, manchas avermelhadas pelo corpo, porém com a gravidade de poder ser congênita em bebês de mães acometidas durante a gestação, que pode acarretar, entre outros problemas, cegueira, surdez e atrasos no desenvolvimento. O Brasil recebeu certificado da OMS de eliminação da rubéola e da síndrome da rubéola congênita em 2024, depois de diversas campanhas e planos vacinais colocados em execução.



DOENÇAS QUE PODEM SER CONTROLADAS POR VACINAS

Sarampo, rubéola, tuberculose e febre amarela

TUBERCULOSE

Desde o século XVIII a doença é um problema de saúde pública, com milhares de mortos pelo mundo, e com auge no Brasil em meados de 1900. A doença bacteriana pode ser transmitida pelo ar por gotículas e/ou contato com o doente.

Seu principal sintoma é a tosse persistente com ou sem secreção, que acaba por acometer os pulmões. Porém a bactéria pode migrar para outras partes do corpo e se tornar a tuberculose miliar.

A doença ainda é comum e leva a muitos óbitos, porém com a inclusão da vacina BCG no Plano Nacional de Imunização, os números caíram.

FEBRE AMARELA

Essa doença se caracteriza por elevada letalidade em seus casos mais graves. Sendo infecciosa, febril e aguda, o vírus da doença é transmitido por um mosquito vetor. No Brasil, houve um surto com início em 2016. Em 2018 se iniciou uma grande campanha de vacinação e entre julho de 2020 e janeiro de 2021, nenhum caso foi registrado.

TRECHO DE NOTÍCIA DE 2023 RETIRADO DE SITE DA FIOCRUZ

O Relatório Global da Tuberculose (TB) 2023, divulgado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) no dia 7 de novembro, destaca que um total de 7,5 milhões de pessoas foram diagnosticadas com a doença em 2022. É o maior número registrado desde que a OMS iniciou o monitoramento global, em 1995. Ainda de acordo com o relatório, estima-se que 10,6 milhões de pessoas adoeceram de TB em todo o mundo em 2022. Do total, 5,8 milhões de casos foram em homens, 3,5 milhões, em mulheres e 1,3 milhão, em crianças. Além disso, 1,3 milhão de pessoas morreram de TB no mesmo ano, incluindo 167 mil com HIV. A tuberculose continua sendo a segunda principal causa de morte por doença infecciosa em todo o mundo, superando o HIV e a AIDS.

Para saber um pouco mais, leia o artigo disponível no link: O desenvolvimento de vacinas contra doenças tropicais negligenciadas.

<https://www.scielo.br/j/csp/a/QvswzdJsgBJSkrdDfdcTZhK/abstract/?lang=pt>

LUNA, E.J.A.; CAMPOS, S.R.S.L.C. O desenvolvimento de vacinas contra as doenças tropicais negligenciadas. Cad. Saúde Pública, 36(2), p. e00215720, 2020. Acesso em: 04 fev. 2025.

Em sala de aula...

Em diferentes séries e momentos da biologia nos deparamos com situações em que esse assunto pode ser trabalhado e que alguns tópicos não devem ser esquecidos, e portanto são listados abaixo alguns links com materiais interessantes para entender melhor ou utilizar com seus estudantes:



- **IMPORTÂNCIA DA VACINAÇÃO** - Vídeo sobre doenças que foram eliminadas, erradicadas ou controladas pela vacinação pelo mundo, do canal FALA CIENTISTA.

<https://www.youtube.com/watch?v=JFZ15A2bXaM>

FALA CIENTISTA. Doenças que foram erradicadas, eliminadas ou controladas com a vacinação pelo mundo. YouTube, 10min22s, 2022. Acesso em 2024.

- **DIFERENÇA ENTRE VACINA E SORO** - Vídeo sobre as principais diferenças entre VACINA E SORO do canal TV UNESP - Guia do Estudante.

<https://www.youtube.com/watch?v=yA-id-XD-Cs>

TV UNESP. Guia de Profissões | Dicas do Guia - Biologia - Soro x Vacina. YouTube, 0min51s, 2017. Acesso em 2024.

- **POSSÍVEIS REAÇÕES COMUNS** - Vídeo sobre os efeitos colaterais das vacinas - Quão alto é o risco? - do canal EM POUCAS PALAVRAS.

https://www.youtube.com/watch?v=4_PSnbX35zk

EM POUCAS PALAVRAS - KURZGESAGT. Os efeitos colaterais das vacinas - Quão alto é o risco? YouTube, 11min28s, 2023. Acesso em 2024.

<https://www.gov.br/saude/pt-br/vacinacao/calendario>

MS - Ministério da Saúde.
Calendário de vacinação.
Portal Gov.br. Acesso em 2024.

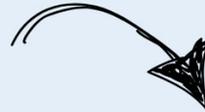
Segue ainda o calendário de vacinação da criança, com informações sobre doses e proteção contra doenças. Este pode ser utilizado para análise junto aos estudantes para perceber a eficácia da cobertura vacinal do SUS ou quando for trabalhar com biotecnologia vermelha, por exemplo.





SUGESTÕES E LINKS

<https://labmovel.butantan.gov.br/src/downloads/Jogo-da-imunidade-coletiva.pdf>

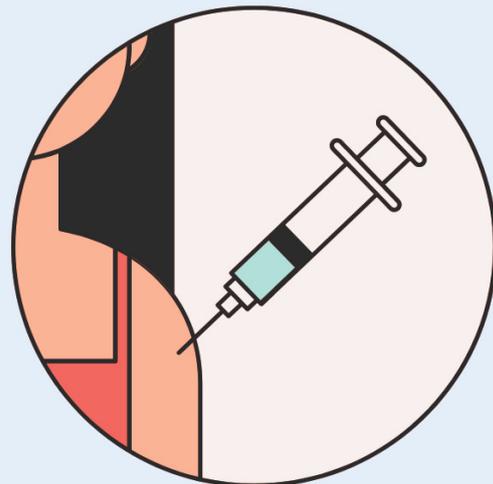


Escola Superior do Instituto Butantan
Jogo da imunidade coletiva / Escola Superior do Instituto
Butantan – São
Paulo : Instituto Butantan, 2021.

04

O jogo IMUNIDADE COLETIVA permite que os estudantes percebam a eficácia da vacinação e a imunidade de rebanho, além de ser uma estratégia lúdica para a temática.

NA SEQUÊNCIA VOCÊ ENCONTRA A NARRATIVA CITADA NA SEÇÃO “COMO TRABALHAR O TEMA” E O MODELO DE TABELA PARA TRABALHAR O ASSUNTO.



01



NARRATIVA: A HISTÓRIA DO MENINO QUE CORREU PELA ÚLTIMA VEZ

M. era um menino brasileiro que viveu na década de 1950, durante um período em que a poliomielite, também conhecida como pólio, era uma das doenças mais temidas no mundo.

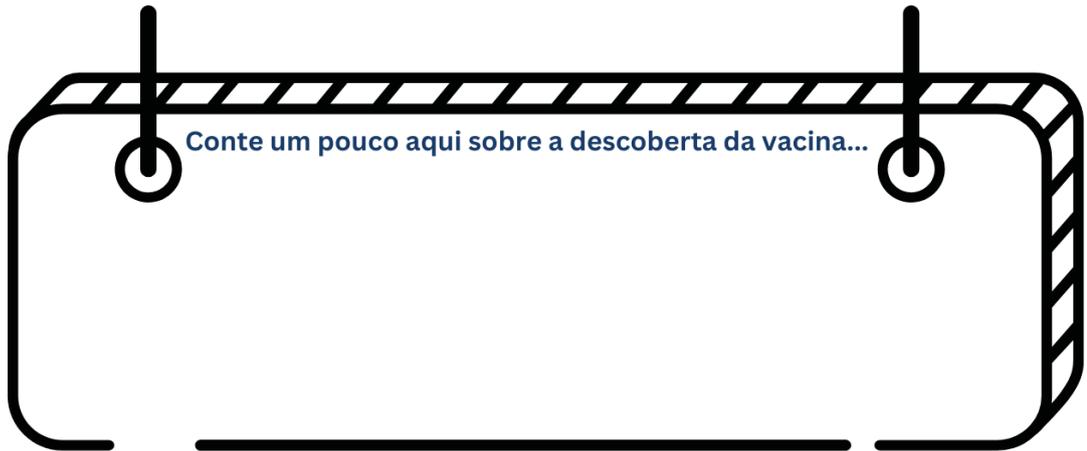
Ele tinha apenas 4 anos de idade e gostava, como qualquer outro garoto, de jogar bola com seus amigos na rua, na frente de casa, visto que, na época, havia pouco tráfego de veículos.

Era mais um dia comum, quando M. terminou sua brincadeira, entrou em casa e comentou com sua mãe que não se sentia bem. Estava com febre, fadiga, dor de cabeça e dores musculares. E alguns dias se seguiram assim, com aquela moleza, até que ele começou a apresentar sinais de paralisia nas pernas. Seus pais ficaram desesperados, levando-o a diversos médicos em busca de ajuda. Infelizmente, a paralisia progrediu rapidamente, deixando M. dependente de muletas e cadeira de rodas.

Seu diagnóstico era poliomielite. Naquela época, a doença era altamente contagiosa e podia causar paralisia permanente, afetando principalmente crianças. A transmissão ocorria principalmente através de contato com fezes contaminadas ou gotículas respiratórias de uma pessoa infectada.

Na comunidade onde M. vivia, casos de pólio eram frequentemente reportados, especialmente durante os meses mais quentes, quando as condições sanitárias eram precárias. A doença causava pânico entre os pais, pois não havia tratamento eficaz disponível, e a recuperação dependia do repouso e da reabilitação intensiva.

A família enfrentou enormes desafios financeiros e emocionais. Além das despesas médicas, havia a necessidade de cuidados contínuos e reabilitação para ajudar o menino a recuperar a mobilidade tanto quanto possível. A comunidade, unida pelo sofrimento compartilhado, começou a se mobilizar para oferecer suporte às famílias afetadas pela doença.



Liste 5 doenças controladas e/ou erradicadas por vacinas

Liste os sintomas principais da doença em questão

Em que época e que local do mundo ela esteve em seu ápice?

**POSSÍVEIS
RESPOSTAS**

Conte um pouco aqui sobre a descoberta da vacina.

A história da vacinação teve início no século XVIII quando a varíola era a maior ameaça da humanidade. Naquela época, Edward Jenner foi responsável pelo experimento que mostrou que ao inocular uma secreção de uma pessoa com a doença em outra pessoa saudável esta desenvolvia sintomas muito mais leves e se tornava imune.

Liste 5 doenças controladas e/ou erradicadas por vacinas	Liste os sintomas principais da doença em questão	Em que época e que local do mundo ela esteve em seu ápice?
Poliomielite (controlada)	Febre, dor de cabeça, de garganta e no corpo, vômitos, diarreia, constipação), espasmos, rigidez na nuca e até mesmo meningite.	Brasil, 1950
Varíola (erradicada)	Febre, dor de cabeça, mal-estar e dores musculares. Depois, o vírus se espalha pelo corpo e surgem manchas avermelhadas por toda parte.	No mundo todo, séc XVIII
Coqueluche (controlada)	Começa como um resfriado comum e em alguns casos, ocorrem vários picos de febre no decorrer do dia. A tosse pode persistir por 3 meses.	Estados Unidos, 1906
Sarampo (controlada)	Febre acompanhada de tosse, irritação nos olhos, nariz escorrendo ou entupido, falta de apetite e mal-estar intenso.	No mundo todo, 1960
Tuberculose (controlada)	O principal sintoma da tuberculose pulmonar é a tosse na forma seca ou produtiva.	Londres, séc XIX

Referências do capítulo

CCMS – Centro Cultural do Ministério da Saúde. As marcas da varíola. **Portal Gov.br**. Disponível em: <http://www.ccms.saude.gov.br/revolta/pdf/M5.pdf>. Acesso em: 22 set. 2024.

DANDARA, L. Com primeiro surto no Brasil registrado em 1911, poliomielite ainda preocupa. **Portal da Fiocruz**. 4 maio 2022. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/com-primeiro-surto-no-brasil-registrado-em-1911-poliomielite-ainda-preocupa>. Acesso em: 22 set. 2024.

FIOCRUZ – Fundação Instituto Oswaldo Cruz. Relatório global da OMS destaca aumento histórico no diagnóstico da tuberculose. **Portal da Fiocruz**. 20 nov. 2023. Disponível em: <https://informe.ensp.fiocruz.br/noticias/54719>. Acesso em: 22 set. 2024.

GARATTONI, B.; CORDEIRO, T. Muito além das vacinas: as promessas do mRNA. **Super Interessante**. 18 mar. 2022. Disponível em: https://super.abril.com.br/saude/muito-alem-das-vacinas-as-promessas-domrna#google_vignette. Acesso em: 18 fev. 2024.

HUGHES, R. Uma breve história das vacinas: o que são, como são feitas e por que há quem duvide delas. **BBC News Brasil**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-48631415>. Acesso em: 1 fev. 2024.

MS – Ministério da Saúde. Coqueluche. **Portal Gov.br**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/coqueluche>. Acesso em: 22 set. 2024.

MS – Ministério da Saúde. Febre amarela. **Portal Gov.br**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/f/febre-amarela>. Acesso em: 22 set. 2024.

MS – Ministério da Saúde. Tuberculose. **Portal Gov.br**. Disponível em: <https://www.saude.pr.gov.br/Pagina/Tuberculose>. Acesso em: 25 ago. 2024.

PIMENTA, C.A.M.; LIMA, J.M. **Genética aplicada à biotecnologia**. São Paulo: Ed. Érica/Saraiva, 175 p., 2015.

Referências do capítulo

RAITH, A. Conheça 6 doenças perigosas que foram controladas com vacinas. 26 jul. 2021. **Portal UOL**. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2021/07/26/conheca-6-doencas-perigosas-que-foram-controladas-com-vacinas.htm>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SMEDLEY, T. Como as vacinas de RNA que nos salvaram da covid-19 podem derrotar outras doenças. **BBC News Brasil**. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-59776857>. Acesso em: 8 jan. 2024.

TODAS AS IMAGENS UTILIZADAS NESTE CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (<https://www.canva.com/>).

CAPÍTULO 5

Testes de DNA



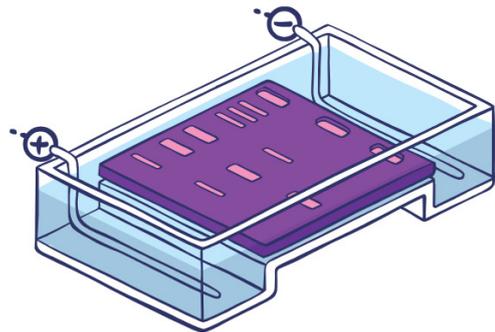
Testes de DNA

O que são?

Testes de DNA podem ser úteis para se identificar graus de parentesco entre familiares e ancestralidade, principalmente testes de paternidade, assim como possível identificação de suscetibilidade a doenças genéticas e alterações que podem ser transmitidas às futuras gerações.



Eletroforese



Para fazer testes com esse material molecular, geralmente se utiliza uma técnica denominada eletroforese, que se baseia no corte de DNA através de enzimas de restrição, separação de fragmentos de diferentes massas moleculares, conduzidos por uma corrente elétrica de polo positivo e negativo, com os fragmentos de DNA imersos em um gel de agarose. Quando é desligada a corrente, os fragmentos se separam em bandas.

Testes de D N A

O resultado do processo de eletroforese é uma foto (como a que aparece abaixo) que demonstra as bandas de DNA em diferentes posições de acordo com seus pesos moleculares, podendo comparar o DNA de diferentes pessoas, podendo ser pais, ou até suspeitos em crimes.



Em sala de aula

São listados abaixo alguns links com materiais interessantes para entender melhor os teste de DNA ou utilizar com seus estudantes:

Vídeo TESTE DE DNA: COMO É FEITA A INVESTIGAÇÃO DE PATERNIDADE?

MEDICAL TV. YouTube, 8min20s, 2022. Acesso em 2024.

<https://www.youtube.com/watch?v=GtSWstFJ8rQ&t=4s>

Este material traz informações relevantes sobre como são feitos os testes de DNA para paternidade, enfatizando o seu histórico e avanços. É interessante para que o professor possa se aprofundar no assunto.

<https://www.youtube.com/watch?v=vL3Efrx78P0>

KASVI - PRODUTOS PARA LABORATÓRIO. YouTube, 3min45s, 2018. Acesso em 2024.

Vídeo ELETROFORESE HORIZONTAL DE DNA EM GEL DE AGAROSE

Este material mostra como é realizada a prática de eletroforese na cuba com agarose, sendo útil para demonstrar aos estudantes, que o processo é químico, elétrico e biológico, podendo compreender os conceitos analisando a prática.

Artigo BIOGENÉTICA E GÊNERO NA CONSTRUÇÃO DA INTENCIONALIDADE DA PATERNIDADE: O TESTE DE DNA NAS INVESTIGAÇÕES JUDICIAIS DE PATERNIDADE

“Este artigo aborda as modalidades de intencionalidade da paternidade construídas por mulheres e homens que realizaram testes de DNA ordenados por tribunais, em Portugal, para apuramento da paternidade biológica de crianças sem 'pai oficial'” (Machado, 2011).

<https://www.scielo.br/j/ref/a/3Wz7rnWKzzwNSWpnrrfFznC/abstract/?lang=pt>

MACHADO, H.; SILVA, S.; COSTA, S.; MIRANDA, D. Rev. Estud. Fem., v. 19 (3), p. 823-848, 2011. Acesso em 05 fev. 2025.

Vídeo TESTE DE DNA E PREVENÇÃO DE CÂNCER

https://www.youtube.com/watch?v=Ndps_0TskrY

Este vídeo traz um bate papo entre um médico e uma especialista em genética sobre o mapeamento de genes ligados ao câncer. É útil para o professor poder se atualizar.

CANAL DO DR. KALIL. YouTube, 4min59s, 2021. Acesso em 2024.

01

Você pode preparar uma pequena cena fictícia de crime para envolver seus estudantes na temática. Em um canto do laboratório, prepare uma boneca coberta com tinta vermelha e digitais de terra ou outra cor de tinta. Espalhe alguns fios de cabelo pela cena. Largue algum objeto e deixe uma pegada por perto. Escolha uma arma do crime (que pode ser um desenho impresso de papel), e largue em algum canto. Além disso, você pode isolar o local com faixas amarelas, ou até fita adesiva, para dar um “ar de cena de crime”

02

Antes de levar os estudantes ao local, conte uma história, envolva-os, e faça-os se colocarem em personagens de peritos criminais. Distribua swabs e sacos plásticos, dizendo que eles terão que coletar evidências. Deixe-os trabalharem e pensem juntos, enquanto você apenas acompanha.



COMO TRABALHAR ESSE TEMA?

03

Depois de voltar para a sala, continue a contar a história de que as evidências coletadas foram encaminhadas para o laboratório e os resultados estão em mãos, e que sua missão é interpretar os dados e definir qual dos suspeitos é o criminoso. A ficha para ser entregue às equipes para interpretação está abaixo. Deixe que os estudantes tentem interpretar os dados e só depois conversem com a turma para ver se eles conseguiram.

04

Para concluir esta atividade, depois de corrigir junto ao professor quem é o criminoso com base na análise das bandas de DNA, criem juntos um mapa mental, explorando as possibilidades dos testes de DNA na genética e biotecnologia.

Ficha para análise com as bandas de DNA

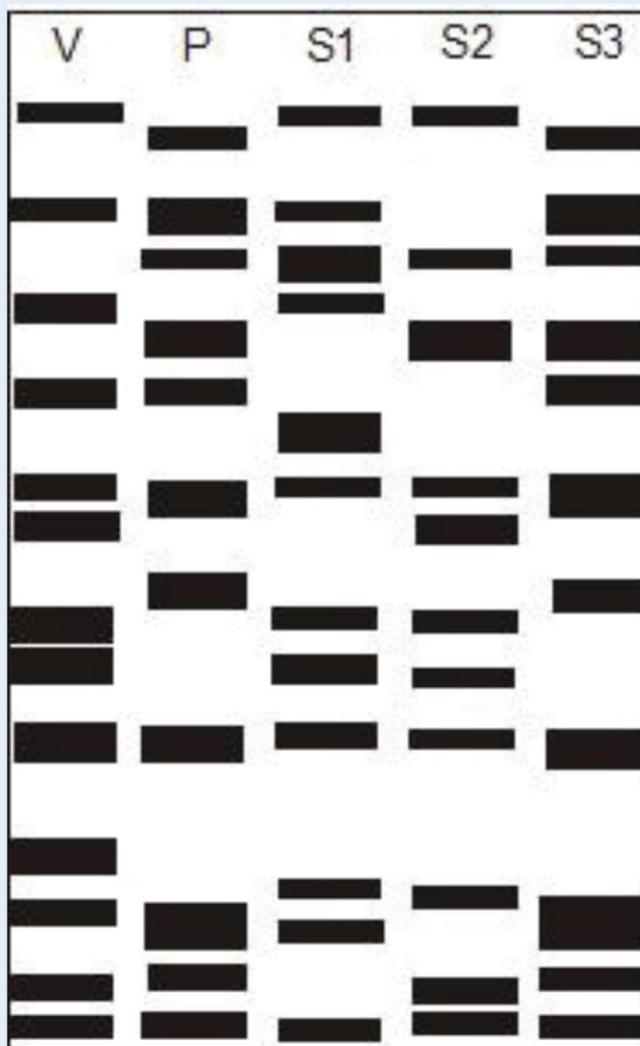
Teste de DNA realizado através da técnica de eletroforese, que separa fragmentos cortados de DNA de acordo com suas massas moleculares, e que param de correr quando o estímulo elétrico é desligado do gel de agarose. As bandas param nas mesmas alturas da cuba se têm sequências genéticas com as mesmas massas moléculares. Então é feita uma imagem para fazer o comparativo.

Considere:

V = Vítima

P = Prova

S1, S2, S3 = Suspeitos 1, 2 e 3

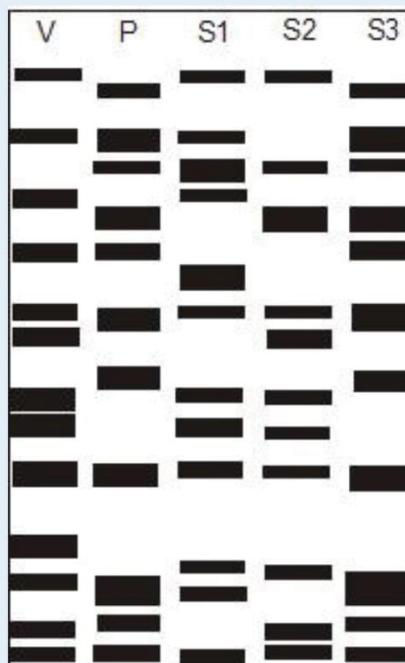


FONTE: Ramos, M.; Santos, J. Testes de DNA – Veja como são realizados. É Biologia no Enem. Disponível em: <https://blogdoenem.com.br/biologia-enem-testes-dna/>. Acesso em 2024.

Questão do ENEM NA ÍNTEGRA

(UFU MG/2010) Dentre as aplicações atuais da genética molecular, temos os testes de identificação de pessoas por meio do DNA. Essa técnica, que pode ser usada para identificar suspeitos em investigações policiais, consiste em detectar e comparar sequências repetitivas ao longo de trechos da molécula de DNA, regiões conhecidas como VNTR (número variável de repetições em sequência).

A figura abaixo ilustra os padrões de VNTRs de quatro pessoas envolvidas (uma vítima (V) e 3 suspeitos (S1, S2 e S3) em uma investigação policial e de uma prova (P) coletada no local do crime:



Considerando as afirmações e a figura acima apresentada, responda:

- A qual dos suspeitos (S1, S2 ou S3) pertence a prova (P)? Justifique a sua resposta.
- Que tipo de material pode ser coletado e servir de prova em um caso como esse?
- Por que os resultados desse tipo de análise têm alto grau de confiabilidade?

GABARITO

a) Suspeito = S3

Justificativa: Porque os Padrões de VNTR presentes no Suspeito e na Prova devem corresponder (coincidir, serem idênticos).

b) Qualquer tecido do indivíduo que contenha células nucleadas, como sangue (leucócitos), fios de cabelo contendo bulbo capilar, fragmentos de unha contendo tecido epitelial, fragmentos de pele, saliva, sêmen (esperma) ou até objetos contendo resquícios de sangue.

c) Devido à exclusividade do DNA, cada indivíduo apresenta sequências repetitivas específicas ao longo de trechos da molécula de DNA, ou seja, indivíduos diferentes apresentam VNTRs diferentes. Não existem duas pessoas com o mesmo padrão de VNTR.

Referências do capítulo

CDA MEDICINA DIAGNÓSTICA. TESTE de DNA: como funciona? **Portal CDAMED**. 9 fev. 2024. Disponível em: <https://www.cdamed.com.br/teste-de-dna-como-funciona>. Acesso em: 3 ago. 2024.

KASVI. O QUE é eletroforese e qual a sua importância? Portal Kasvi. Disponível em: <https://kasvi.com.br/o-que-e-eletroforese-e-qual-a-sua-importancia/>. Acesso em: 3 ago. 2024..

MACHADO, H.; SILVA, S.; COSTA, S.; MIRANDA, D. Biogenética e gênero na construção da intencionalidade da paternidade: o teste de DNA nas investigações judiciais de paternidade. *Revista Estudos Feministas*, v. 19 (3), p. 823- 848, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0104-026x2011000300009>. Acesso em: 28 set. 2024.

PCSC – Polícia Científica de Santa Catarina. Programa Conecta - Genética Forense. **Portal da PCSC**. Disponível em: <https://www.policiacientifica.sc.gov.br/programa-conecta/servicos/genetica-forense/>. Acesso em: 3 ago. 2024.

PINHATI, F.R. Eletroforese de DNA: dos laboratórios de biologia molecular para as salas de aula. **Química Nova na Escola**, v. 37 (4), 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/0104-8899.20150055>. Acesso em: 28 set. 2024.

RAMOS, M.; SANTOS, J. Testes de DNA - Veja como identificar o código da vida. **Blog do ENEM**. Disponível em: <https://blogdoenem.com.br/biologia-enem-testes-dna/>. Acesso em: 24 ago. 2024.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).

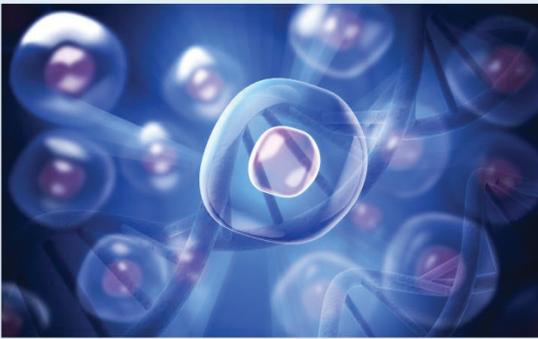
CAPÍTULO 6

Células-tronco e Clonagem



O QUE SÃO CÉLULAS-TRONCO?

São células que são indiferenciadas, ou seja, não têm ainda uma função destinada e específica. E tem grande habilidade de diferenciação em diferentes tipos celulares, ou seja, podem dar origem a uma gama variada de tecidos, a depender da situação.



Células TOTIPOTENTES: São efêmeras e duram poucos dias após a fertilização, sendo totalmente indiferenciadas, podendo se tornar tanto células embrionárias, quanto células dos anexos embrionários.

Células PLURIPOTENTES: Podem formar qualquer tecido do blastocisto sem poder gerar a placenta e outros tecidos de apoio ao feto. São encontradas após 5 dias da fertilização.

Células MULTIPOTENTES: Possuem maior grau de diferenciação, como as encontradas nos tecidos adultos, e estão geralmente relacionadas à reparação tecidual.



Em tese, esse tipo de célula é capaz de gerar avanços na medicina, pois pode ser capaz de se diferenciar e reparar tecidos lesionados por doenças e acidentes. Porém, as pesquisas que as envolvem esbarram em grandes dilemas éticos.



Afinal, há quem defenda que a partir da concepção já há uma vida e que não temos o direito de manipulá-la, e há quem defenda que isso não é verdade já que esse grupo celular ainda não tem a capacidade de sentir ou passar pelo que se conhece como dor. A realidade é que as opiniões são analisadas por diferentes pontos de vista.

Ultimamente

A pesquisadora Mayana Zatz, da USP, especialista no assunto de medicina genética, debateu o avanço dos tratamentos genéticos no Exame Fórum Saúde, um evento que discute os avanços da tecnologia na área da saúde, no dia 12 de junho de 2019.

Ela trouxe a reflexão na seguinte fala: "Eu defendo que façamos pesquisas em embriões, mas que não serão implantados para desenvolvimento, já que é melhor aprender a corrigir um defeito do que descartá-lo. Mas, enquanto não tivermos total certeza de que essas alterações não acarretarão outros problemas de saúde no futuro, não devemos modificar os genes".

O professor Edroaldo Lummertz da Rocha, do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia da UFSC, em parceria com a Universidade de Harvard (EUA) publicou, em 2023, três estudos com resultados inéditos em revistas de alto impacto do grupo *Nature* e da prestigiada *Cell Stem Cell*.

"Em conjunto, estes estudos destacam a importância da biologia computacional para compreender o funcionamento das nossas células e como utilizar esse conhecimento para criar células-tronco hematopoiéticas em laboratório a partir de células-tronco pluripotentes, as quais possuem a capacidade de produzir praticamente qualquer célula do nosso organismo", afirma o professor.



Essa modificação de genes é um dos assuntos mais polêmicos da bioética, mas, vêm avançando nas pesquisas científicas, buscando, impreterivelmente, a cura e tratamento de doenças.

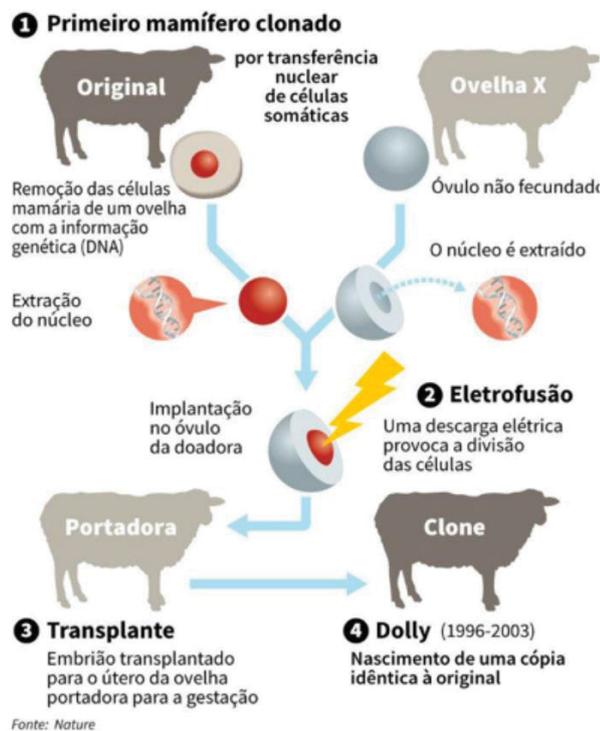
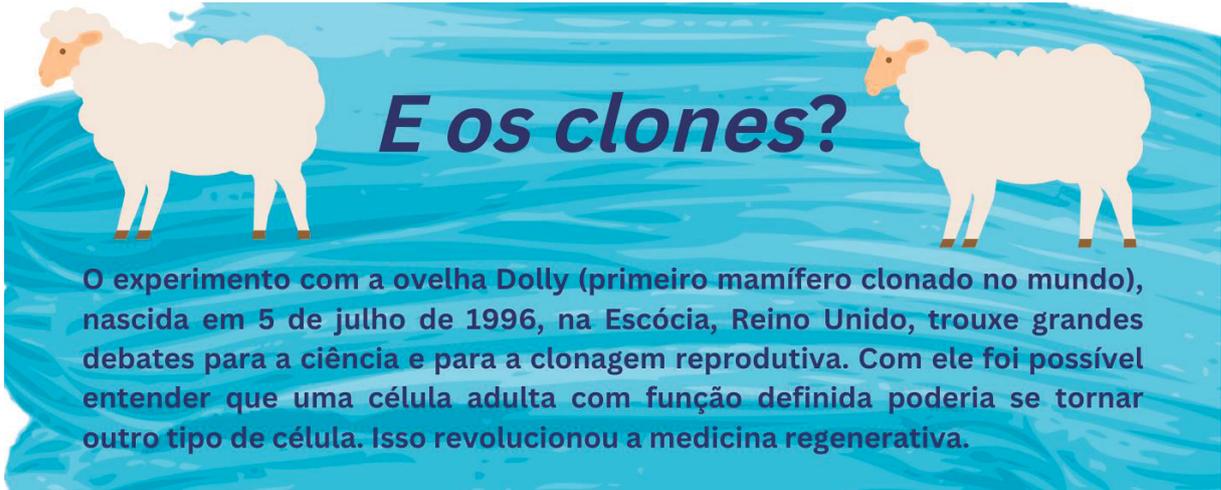
Com estudos e pessoas qualificadas, as tesouras moleculares, que fazem o que se chama de terapia genética, estão sendo testadas.

O Departamento Americano de Estatísticas do Trabalho coloca os conselheiros genéticos entre as 20 profissões que estão crescendo mais rapidamente no país. Ele espera que o número de empregos disponíveis na área aumente 29% até 2026.

No mundo já existem 16 terapias gênicas aprovadas, e, no Brasil, são 6, porém, por um preço altíssimo, e este é mais um impasse que terá de ser discutido.

Atualmente, o medicamento mais caro do Sistema Único de Saúde (SUS) é uma terapia gênica para atrofia muscular espinhal (AME).

São passos que a Ciência vai avançando e que necessita da intervenção de várias áreas e, por isso, o processo é deveras lento.



FONTE: Santos, J.E. Clonagem e suas promessas terapêuticas. Curso Enem Gratuito. Disponível em: <https://cursoenemgratuito.com.br/clonagem-e-suas-promessas-terapeuticas/>. Acesso em 2024.

Os cientistas retiraram o núcleo de um óvulo e colocaram no seu lugar o núcleo de uma célula de tecido mamário da ovelha a ser clonada para realizar o procedimento. Tudo isso em ambiente laboratorial. Foi surpreendente o resultado, já que foi a primeira vez que isso ocorreu a partir de uma célula já adulta.

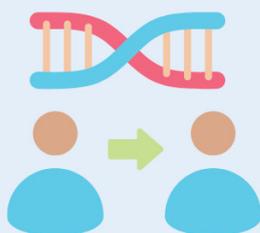
E os clones?

Os experimentos com clonagem permitiram esclarecer melhor o papel do núcleo na hereditariedade e a possibilidade de pluripotência em laboratório. Isso trouxe um olhar para outros ramos tecnológicos, como a produção de alimentos.

Existem cruzamentos genéticos selecionados para aumentar a qualidade do leite, da carne e de outros produtos de origem animal. E a clonagem poderia auxiliar nesse processo.

Na década de 90 houve tentativas de modificação genética em animais e clonagens dos mesmos, visando replicar características.

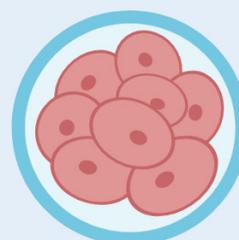
Depois de várias experimentações, aos poucos, o que se entendia, era que o processo era ineficaz, devido a fatores epigenéticos, que influenciam na ativação ou não de genes.



Quanto ao tema polêmico de clonagem humana, os cientistas mais renomados não demonstraram interesses, porém, algumas figuras apareceram no meio científico dizendo que já o fizeram. Mas nada foi confirmado até o momento. E este é um tema que está extremamente abarcado por questões bioéticas.

Contudo, os avanços não pararam. Em 2006 o pesquisador Shinya Yamanaka e sua equipe conseguiram demonstrar experimentalmente que se houver a inserção extra de 4 genes que correspondem a fatores de transcrição (moléculas que regulam como o DNA é ativado) no DNA de células adultas, faz com que elas retornem ao estágio embrionário.

As células criadas receberam o nome de iPS (células-tronco pluripotentes induzidas). Elas têm o mesmo potencial das células-tronco embrionárias (tanto as oriundas de uma fecundação normal quanto as geradas por SCNT - transferência nuclear de células) para se transformar em qualquer tecido do corpo e isso vem sendo mostrado experimentalmente.



Essa técnica divide os holofotes atualmente com a utilização de órgãos de animais geneticamente modificados para transplantes em pessoas.

Tudo é muito recente, mas são possibilidades inegavelmente esplêndidas que podem abrir muitas portas.

Em sala de aula

São listados abaixo alguns links com materiais interessantes para entender melhor as células-tronco ou utilizar com seus estudantes:

Vídeo: A REVOLUÇÃO DAS CÉLULAS-TRONCO

O link traz um vídeo explicativo sobre o que são as células-tronco, com a utilização de computação gráfica para mostrar esse mundo microscópico. Há uma reflexão sobre pontos positivos e negativos em relação ao avanço das pesquisas com elas. Esse material pode ser utilizado para atualização do professor e para discussão com os estudantes.

<https://www.youtube.com/watch?v=2Uql2Aw-OtE>

CIÊNCIA TODO DIA. YouTube, 9min33s, 2022. Acesso em 2024.

Vídeo: TUDO SOBRE CÉLULAS-TRONCO

<https://www.youtube.com/watch?v=WmirRHa-QuY>

OLÁ, CIÊNCIA. YouTube, 12min21s, 2023. Acesso em 2024.

Esse vídeo traz uma abordagem completa sobre células-tronco e pesquisas relacionadas, incluindo as pesquisas citadas nos textos desse capítulo, de Shinya Yamanaka, médico e pesquisador que faz pesquisas atuais com células-tronco. Esse material também pode ser utilizado para atualização do professor e para discussão com os estudantes.

Vídeo: OPINIÃO - CLONAGEM NOS DIAS DE HOJE

Este vídeo traz uma visão que é voltada ao docente, para abrir seus horizontes e porventura, aumentar seus conhecimentos acerca da temática. Trata-se de uma diferenciação entre clonagem reprodutiva e terapêutica, e um diálogo com duas professoras geneticistas e especialistas.

<https://www.youtube.com/watch?v=y4AcDEX7kd8>

JORNALISMO TV CULTURA. YouTube, 26min09s, 2023. Acesso em 2024.

Em sala de aula

Artigo: A ÉTICA E A BIOÉTICA NO USO DE CÉLULAS TRONCO EMBRIONÁRIAS (CTES)

O artigo traz reflexões acerca do levantamento bibliográfico sobre a ética e o uso de células-tronco embrionárias, levantando a complexidade dos diferentes pontos de vista e o impasse bioético que envolve o tema. Auxilia o docente a melhorar sua visibilidade sobre as discussões nesse cenário.

<https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/976>

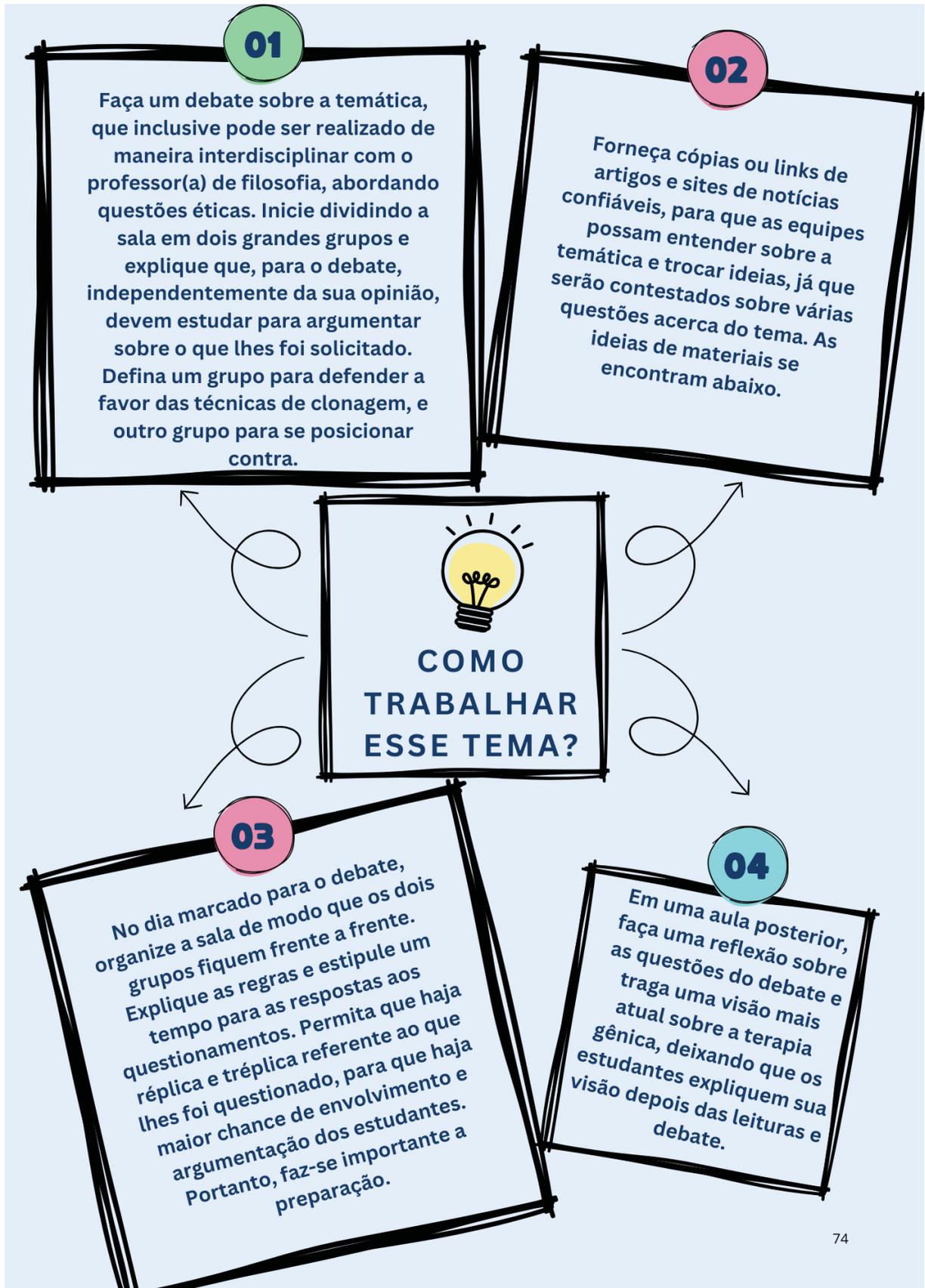
BARBOSA, E.M.M.; NUNES, M.M.U.C. Revista Científica UNILAGO, 12 p., 2023. Acesso em 2024.

<https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/CIPEEX/article/view/2382>

MIRANDA, B.C.; PETITO, G. ANAIS do 2º CIPEEX – Congresso Internacional de Pesquisa, Ensino e Extensão do Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA, v.1, 2015. Acesso em 2024.

Artigo: ASPECTOS BIOÉTICOS, JURÍDICOS E RELIGIOSOS DO USO DA CLONAGEM TERAPÊUTICA PARA OBTENÇÃO DE CÉLULAS-TRONCO

Este material promoveu uma revisão de literatura, abordando a influência de aspectos éticos, legais e religiosos ao método de clonagem terapêutica para a obtenção de células-tronco, trazendo a diversidade de opiniões e reflexões acerca da temática. Assim como a sugestão anterior, este material auxilia o docente a melhorar sua visibilidade sobre as discussões nesse cenário.



SUGESTÕES E LINKS

ATIVIDADE 2:



Os artigos e notícias nos links podem situar os estudantes em relação ao assunto:



CLONAGEM HUMANA: CONHECER PARA OPINAR

- <https://revistapesquisa.fapesp.br/clonagem-humana-conhecer-para-opinar-2/>

ZATZ, M. Pesquisa FAPESP, n. 73, p. 8-14, 2002. Acesso em 2024.

PRIMEIRO MAMÍFERO CLONADO, DOLLY COMPLETARIA HOJE 25 ANOS

- <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-07/primeiro-mamifero-clonado-dolly-completaria-hoje-25-anos>

PEDUZZI, P. Portal da Agência Brasil, 2021. Acesso em 2024.

CLONAGEM HUMANA: ASPECTOS ÉTICOS

- <https://revistas.usp.br/sej/article/view/43316>

MUÑOZ, D.R. Saúde, Ética & Justiça, v. 9 (1-2), p. 5-8, 2004. Acesso em 2024.

CIENTISTAS CRIAM CÉLULAS-TRONCO HUMANAS POR MEIO DE CLONAGEM

- <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2013/05/cientistas-criam-celulas-tronco-humanas-por-meio-de-clonagem.html>

G1. Portal G1.Globo.com, 2013. Acesso em 2024.

A MORALIDADE DA CLONAGEM

- https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/30594?locale-attribute=pt_BR

SCHRAMM, F.R. Cad. Saúde Pública, v. 15 (1), p. 51-64, 1999. Acesso em 2024.

Referências do capítulo

CERIONI, C. O dilema da medicina genética: intervenções esbarram em limites éticos. **Exame**. 12 jun. 2019. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/o-dilema-da-medicina-genetica-intervencoes-esbarram-em-limites-eticos/>. Acesso em: 28 set. 2024.

GRAY, R. Como os avanços e os dilemas da edição genética estão mudando a medicina - **BBC News Brasil**. 27 nov. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-cap-46128960>. Acesso em: 28 set. 2024.

MIRANDA, A. Em parceria com Harvard, professor da UFSC chega a resultados inéditos em estudos sobre células-tronco. **Notícias UFSC**. 23 fev. 2023. Disponível em: <https://noticias.ufsc.br/2023/02/em-parceria-com-harvard-professor-da-ufsc-chega-a-resultados-ineditos-em-estudos-sobre-celulas-tronco/>. Acesso em: 28 set. 2024.

SILVA, H. P. .; RIBAS, V. T. A terapia genética veio para ficar no Brasil? **Ciência Hoje**. Mar. 2023. Disponível em: <https://www.cienciahoje.org.br/artigo/a-terapia-genica-veio-para-ficar-no-brasil/>. Acesso em: 28 set. 2024.

SOUZA, V. F. de. et al. Células tronco: Uma breve revisão. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 2, n. 2, p. 251-256, 01 jan. 2003. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/cmbio/article/view/4292>. Acesso em: 10 ago. 2024.

TAMMARO, R. Clonagem da ovelha Dolly completa 25 anos com novas possibilidades para a ciência. **Jornal USP**. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/clonagem-da-ovelha-dolly-completa-25-anos-e-trouxe-novas-possibilidades-para-a-ciencia/>. Acesso em: 18 ago. 2024.

UNIFOR – Universidade de Fortaleza. O que são células-tronco e qual sua importância para a ciência? Portal da UNIFOR. 19 fev. 2024. Disponível em: <https://unifor.br/web/pesquisa-inovacao/-/o-que-sao-celulas-tronco-e-qual-sua-importancia-para-a-ciencia>. Acesso em: 18 ago. 2024.

Referências do capítulo

ZATZ, M. Clonagem e células-tronco. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 18, n. 51, p. 247-256, ago. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/sDtmSJfCv3cYLjcDg94NW4n/?lang=pt>. Acesso em: 10 ago. 2024.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).

CAPÍTULO 7

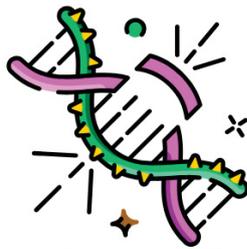
A tecnologia do DNA recombinante



Tecnologia do DNA Recombinante

Essa técnica permite manipular e combinar moléculas de DNA de organismos diferentes com finalidades específicas.

Em 1980, Paul Berg, professor da USA (Stanford University) foi agraciado com o Prêmio Nobel de Química, pelo reconhecimento a seu trabalho pioneiro., Em 1972 produziu uma molécula híbrida de DNA de bactéria e de DNA do vírus símio SV40.



Isso abriu novos horizontes. A insulina, hormônio de controle de glicose no sangue, é essencial para manter-se saudável, e que é acometido por diabetes, necessita do hormônio artificial. Para isso, há processos com a técnica DNA recombinante, que permitem a produção da proteína em um tempo menor do que usar mamíferos para executar sua produção, como bovinos ou suínos, que já foram utilizados nesse tipo de execução. E nesse cenário, a produção foi aprovada em 1982.

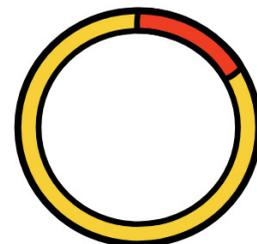
Geralmente, essa aplicação é utilizada para produção de proteínas de interesse industrial e farmacêutico.

E para realizar o processo o primeiro passo é isolar um fragmento de DNA, que contém o gene de interesse, que é colocado em um meio com um fragmento de DNA bacteriano circular, o plasmídeo e as enzimas de restrição para fazer com que o fragmento seja realocado e ligado através da enzima ligase.



Intrinsicamente, as enzimas de restrição são a base da tecnologia do DNA recombinante e foram descobertas em bactérias que seccionavam vírus em pequenas partes, tornando-as resistentes às suas ações, já que, com o material genético fragmento, os vírus não conseguiriam se replicar.

Essa é a visão do DNA circular da bactéria com o trecho recombinante inserido - em vermelho.



Tecnologia do DNA Recombinante

Atualmente a tecnologia vem sendo cada vez mais refinada. Um exemplo é a produção de anticorpos monoclonais, que são proteínas específicas para diversos tipos de antígenos, utilizados em uma gama variada de tratamentos, inclusive para doenças autoimunes e processos oncológicos.



Outro exemplo de utilização da tecnologia do DNA recombinante é na fabricação de vacinas terapêuticas experimentais, como a que induz a regressão de lesões precursoras e remissão do câncer do colo do útero, causado em detrimento de complicações pelo contato com o vírus HPV.



Frente ao exposto, é explícita a quantidade de aplicações referentes à técnica. E esse é um conteúdo curricular do ensino médio, que pode ser trabalhado de diversas maneiras.

Para aplicar esse tema no ensino médio, visando uma abordagem investigativa, será destinado o próximo capítulo, que traz uma sequência didática pronta para uso.



Referências do capítulo

ARAGÃO, F. J. L. A trajetória dos organismos transgênicos. **Embrapa**. Disponível em: https://www.embrapa.br/olhares-para-2030/artigo/-/asset_publisher/SNN1QE9zUPS2/content/francisco-jose-limaaragao?inheritRedirect=true. Acesso em: 11 jul. 2023.

BORSATTO, A.Z.; VIDAL, M.L.B.; ROCHA, R.C.N.P. Vacina contra o HPV e a Prevenção do Câncer do Colo do Útero: Subsídios para a Prática. **Revista Brasileira de Cancerologia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 67-74, 24 jan 2011. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/690/462>. Acesso em: 12 jul. 2023.

LOPES, D.S.A; PESSOA, M.H.N.; SANTOS, R.S.; BARBOSA, M.S. A produção de insulina artificial através da tecnologia do DNA recombinante para o tratamento de diabetes mellitus. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 10(1), p. 234-245, 26 jul. 2012. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5033102.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

MOREIRA, C. Enzima de restrição. Revista de ciência elementar, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 12, 05 jan. 2012. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2014/033/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PIMENTA, C.A.M.; LIMA, J.M. **Genética aplicada à biotecnologia**. São Paulo: Ed. Érica/Saraiva, 175 p., 2015.

REIS, Carla; et al. Biotecnologia para saúde humana: tecnologias, aplicações e inserção na indústria farmacêutica. **BNDES setorial**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 29, p. 359-392, mar. 2009. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2641/1BS%2029%20para%20sa%c3%bade%20humana_P.pdf

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).

CAPÍTULO 8

Sequência didática: A tecnologia do DNA recombinante



SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo é apresentada uma sequência didática investigativa (SDI) com 5 aulas para ser trabalhada com alunos do 1º ano na disciplina de biologia, ou no itinerário formativo de ciências da natureza e suas tecnologias, do novo ensino médio, no 2º ano, na disciplina de biologia I, trilha de biotecnologia. Ou quando for trabalhado algum conteúdo relacionado à tecnologia do DNA recombinante.



O intuito é que ela permita que o estudante possa relembrar conceitos de biologia molecular (replicação, transcrição e tradução) já aprendidos anteriormente e somar novos conhecimentos da área de biotecnologia.

A 1ª aula deve iniciar com a apresentação de uma notícia da área de biotecnologia que permita contextualizar o uso da tecnologia do DNA recombinante no dia-a-dia dos alunos, que poderia ser referente a casos de diabetes, utilização de anticorpos monoclonais e vacinas recombinantes, por exemplo - abaixo segue possibilidade de notícia.

Após a apresentação da notícia (contextualização), deve ser realizada uma problematização por meio de questões norteadoras relacionadas à notícia escolhida e à biologia molecular, de modo que os alunos possam formular hipóteses e buscar responder às questões apresentadas.

Entre essas questões pode-se exemplificar:

1) Que funções têm o DNA, o RNA e as proteínas para o funcionamento das células?, esperando que os alunos possam refletir sobre o DNA como carreador da informação genética que codifica proteínas com diferentes funções, desde enzimas até estruturais e sobre o RNA como sendo um portador intermediário dessa informação;

2) Como são produzidas essas moléculas dentro das células?, esperando que os alunos possam pensar no fluxo da informação genética, passando do DNA portador da informação genética no núcleo para o RNAm portador intermediário dessa informação no citoplasma e pela tradução deste último para proteínas;

3) Como poderíamos alterar a estrutura do DNA para produzir proteínas modificadas?, esperando que os alunos possam refletir sobre formas de editar o DNA.



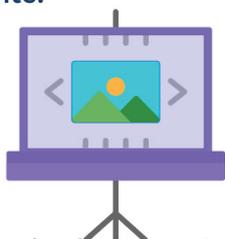
Os critérios para a formulação dessas questões devem se basear na experiência de docência como professor(a) de biologia em sala de aula, e as dificuldades observadas nos conteúdos propostos no currículo, atreladas à área da biotecnologia, como clonagem, transgênicos, tecnologia do DNA recombinante, eletroforese e células-tronco.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Em uma 2ª aula deve ser feita uma breve revisão sobre a molécula de DNA e os processos de replicação, transcrição e tradução - temas trabalhados geralmente antes da biotecnologia - abordando a estrutura e os processos de biologia molecular com auxílio de um vídeo (“Do DNA à proteína”, animação 3D (vídeo do canal Yourgenome da plataforma YouTube, com duração de 2min41s, publicado em 2015) mostrando os processos de transcrição e tradução, disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA&t=161s>)

Esta aula pode utilizar slides do conteúdo como ferramenta. Alguns exemplos de slides são apresentados mais adiante.



Depois deve ser trabalhada uma atividade desenvolvida por Paes (2019), com o objetivo de demonstrar uma pequena sequência de nucleotídeos e sua paridade entre as bases nitrogenadas (adenina – timina/ citosina – guanina), a síntese de RNAm e a produção de proteínas usando o código genético, buscando conduzir os estudantes a relembrem o assunto. Esta se resume a fabricação da fita de DNA e sua abertura, a partir de um zíper com velcro e papel feltro colorido -

<https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/02/Kelly-Paes-TCM.pdf>.

Após essa etapa, os alunos devem confrontar as hipóteses/respostas inicialmente dadas para as questões norteadoras e seriam questionados a modificá-las ou não. O intuito é que durante o manuseio do material produzido, eles possam perceber tais processos de uma maneira menos abstrata e conseguir compreender as possibilidades de modificação de genes, bem como os processos essenciais de transcrição e tradução.

Com este material os estudantes poderão levantar hipóteses relacionadas à flexibilidade do DNA e sua possível alteração quando exposto a radiação ou materiais químicos diversos, por exemplo. Poderão perceber que para que ocorra a produção de proteínas é necessária uma sequência de bases nitrogenadas se pareando. Isso pode levá-los a contestarem sobre mutações nessa sequência e possíveis consequências.



Em uma 3ª aula, devem ser apresentados estudos de caso (na forma de fichas distribuídas aos discentes) relacionados às aplicabilidades práticas referentes à tecnologia do DNA recombinante.

SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Essas fichas contam com notícias relacionadas ao tema, semelhantes às apresentadas na 1ª aula, para que os estudantes em equipes discutam e percebam que o tema está inserido em questões cotidianas.

Essa fase tem o intuito de continuar contextualizando o tema e despertar a curiosidade do estudante para resolução de problemas, por meio de questões norteadoras como: 1) Por que os cientistas clonaram o gene que codifica para a insulina humana em bactérias?, esperando que os alunos possam refletir sobre a necessidade de produzir proteínas humanas em células não humanas, de modo a ter ação mais específica sobre as células humanas e com menor rejeição imunológica.

Na 4ª aula, os alunos devem as hipóteses levantadas por meio da análise de dados contidos em um jogo de tabuleiro investigativo, que aborda aplicabilidades da tecnologia em questão.



São estruturadas no jogo, situações que colocarão o jogador frente a decisões a serem tomadas, o que levará a avançar na solução do problema a ser solucionado ou não.

Isso possibilitará ao estudante compreender as técnicas utilizadas na fabricação de determinados produtos recombinantes, além de elucidar técnicas de edição de DNA com enzimas de restrição.

O jogo baseia-se no RPG (*Role Playing Game*), ou jogo de interpretação de papéis, que baseia-se em uma história fictícia, geralmente narrada por um dos jogadores, que é o mestre do jogo.



Durante as narrativas, as escolhas dos jogadores vão desenrolando a história e moldando uma experiência coletiva.

A modalidade possui a versão mais antiga que é *Dungeons and Dragons*, também conhecido como D&D, criado por Gary Gygax e Dave Arneson e publicado pela primeira vez em 1974.

No Brasil, era mais difícil conseguir jogar na década de 80, já que as versões eram em inglês, ou traduzidas para o português de Portugal.

Por ser dinâmico e colaborativo, foi escolhida essa abordagem para trabalhar com o tema de DNA recombinante.

Aula 1 - Apresentação de notícia

BIOTECNOLOGIA

Cabras, coelhas e vacas transgênicas produzem fármacos de uso humano

Medicamentos podem ser extraídos do leite de animais geneticamente modificados

Link da notícia na íntegra: <https://revistapesquisa.fapesp.br/cabras-coelhas-e-vacas-transgenicas-produzem-farmacos-de-uso-humano/>

FIORAVANTI, C. Revista FAPESP, n. 339, p. 76-79, 2024. Acesso em 2025.

A notícia apresentada em maio de 2024 pela Revista FAPESP traz dados revolucionários sobre a técnica do DNA recombinante e a possibilidade de produção de insulina, proteína antitrombina, dentre outros, no leite de animais comerciais.

Logo abaixo, você encontra questões reflexivas que podem ser utilizadas para estimular os estudantes a criarem hipóteses que envolvem o DNA e suas propriedades.

Aula 1 - Questões reflexivas

1) Que funções têm o DNA, o RNA e as proteínas para o funcionamento das células?

.....

.....

.....

.....

2) Como são produzidas essas moléculas dentro das células?

.....

.....

.....

.....

3) Como poderíamos alterar a estrutura do DNA para produzir proteínas modificadas?

.....

.....

.....

.....

Aula 2 - Conteúdo e atividade prática

Passo 1: Dê uma aula expositiva com o auxílio dos slides disponíveis no link: <https://docs.google.com/presentation/d/1Crr0zC7EWW0aVbddFAIY62gV0rBM3Q5g/edit?usp=sharing&oid=100457349050147313937&rtpof=true&sd=true>

2- Em seguida apresente o vídeo interativo - “Do DNA à proteína”, animação 3D (vídeo do canal Yourgenome da plataforma YouTube, com duração de 2min41s, publicado em 2015) mostrando os processos de transcrição e tradução - disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA&t=161s>)

3- Por fim, com os materiais previamente preparados, monte com os estudantes a atividade desenvolvida por Paes (2019), disponível em: <https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/02/Kelly-Paes-TCM.pdf>



FONTE: Paes, K.C. (2019).

Aula 3 - Estudos de caso

Uma Segunda Chance: A História de G. M.

G. M., um jovem de 17 anos, vivia na pequena cidade de Campo Sereno. Desde criança, ele sabia que sua vida era diferente. Diagnosticado com hemofilia A, G.M. não podia brincar como as outras crianças. Uma simples queda poderia causar um sangramento interno grave, e visitas ao hospital eram uma rotina para ele e sua mãe, D.

As coisas se complicaram quando o rapaz teve um pequeno acidente tratando suas galinhas no sítio. Ele tropeçou e bateu o joelho em uma pedreira. O que parecia um machucado simples rapidamente evoluiu para um hematoma extenso e doloroso. No hospital local, D. foi informada de que os estoques do fator VIII, a proteína necessária para a coagulação do sangue de G.M., estavam baixos.

O médico dele, explicou à família sobre uma solução moderna: proteínas coagulantes produzidas a partir de DNA recombinante. "Essas proteínas não dependem de doações de sangue humano, e são muito mais seguras e eficazes." Ele contou que o hospital estava participando de um programa piloto que disponibilizava essas proteínas para pacientes como G.M.

A mãe logo se encheu de esperança e permitiu a participação de seu filho nos estudos científicos.

Aula 3 - Estudos de caso

A vida menos doce

C. era uma jovem de 16 anos que vivia em uma pequena cidade no interior. Sempre foi cheia de energia, adorava jogar vôlei e participar das aulas de dança na escola. No entanto, nas últimas semanas, algo parecia errado. Ela sentia sede o tempo todo, ia ao banheiro com frequência e estava sempre cansada. Sua mãe, preocupada, marcou uma consulta médica.

Após alguns exames, veio o diagnóstico: Ela tinha diabetes tipo 1. "Seu corpo não produz mais insulina", explicou o médico. Falou sobre a importância da insulina para que suas células consigam usar o açúcar que está no sangue e explicou que ela precisaria de injeções diárias para manter sua saúde.

Nos dias que se seguiram, Clara e sua família aprenderam sobre o tratamento. Foi aí que o médico mencionou algo fascinante: a insulina que ela usaria era "insulina recombinante", produzida por tecnologia avançada.

"Antigamente, a insulina vinha do pâncreas de porcos e bovinos", mas hoje, usamos engenharia genética. Inserimos o gene humano que codifica a insulina em bactérias ou leveduras, e elas passam a produzi-la. É muito mais eficiente, segura e parecida com a insulina natural do nosso corpo."

A menina estava intrigada e começou a pesquisar mais sobre o assunto e descobriu que a insulina recombinante foi uma das grandes conquistas da biotecnologia, revolucionando o tratamento do diabetes.

No começo, ajustar-se ao novo estilo de vida não foi fácil. C. precisava medir seu nível de glicose várias vezes ao dia, calcular as doses de insulina e prestar atenção à alimentação. Algumas vezes, sentiu-se desanimada, especialmente quando não podia comer doces à vontade como antes. Mas com o tempo conseguiu encontrar equilíbrio.

Aula 3 - Estudos de caso

O crescimento feliz

A. era uma menina de 10 anos que vivia em uma vila tranquila e que, apesar de sua alegria contagiante, ela era menor que seus colegas de classe, o que frequentemente gerava comentários e olhares curiosos.

Após uma consulta com um endocrinologista, a família recebeu o diagnóstico: deficiência do hormônio do crescimento (GH).

A mãe ficou apreensiva. "Há algo que possamos fazer?", perguntou ao médico e ele explicou sobre o hormônio do crescimento recombinante. Ele contou que, décadas atrás, o GH só podia ser extraído de glândulas pituitárias de cadáveres, um processo caro, limitado e com riscos de contaminação. Mas, graças à biotecnologia moderna, cientistas aprenderam a usar DNA recombinante para produzir o hormônio de forma segura e eficiente.

Depois de muita reflexão e conversas, a família decidiu iniciar o tratamento. A menina começou a receber injeções diárias do hormônio recombinante. No início, ela achou estranho, mas logo encarou isso como parte de sua rotina.

Os resultados vieram aos poucos. Em poucos meses, os pais notaram mudanças: suas roupas ficaram pequenas e seus pés cresceram, algo que nunca tinha acontecido antes. Mas o impacto mais significativo foi na confiança de A. Ela começou a participar de esportes, fez novos amigos e até se inscreveu em um concurso de dança da escola.

Aula 3 - Questões reflexivas

1) Por que os cientistas clonaram o gene que codifica para a insulina humana em bactérias?

.....

.....

.....

.....

2) Como é realizada a produção de proteínas humanas essenciais para processos metabólicos, em laboratório, com o auxílio da biotecnologia?

.....

.....

.....

.....

3) Qual a importância de produtos recombinantes em nossa sociedade?

.....

.....

.....

.....

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”

Livro de regras

Você, Mestre do jogo, tem o poder de dar vida ao mundo de The Mystery. Como fazer isso?

Simples! Este é um jogo de interpretação em que você é responsável por criar os

cenários e

descrições. Por exemplo:

“Vocês chegam à biblioteca, ela parece um pouco velha, mas ainda assim é um lugar

aconchegante.”

Assim, cabe a você decidir como cada cenário será apresentado, já que The Mystery

baseia totalmente na interpretação. Não há uma biblioteca específica, você

descreve como ela é.

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”

livro de regras

O tabuleiro serve para indicação dos cenários.

Portanto, o mestre que vai narrar o jogo, prioritariamente deve ser alguém que goste de fazer isso.

Esse é um material colaborativo, que tem o intuito de fazer com que a somativa de conhecimento faça chegar a algum lugar. Nesse caso, há um problema com uma pessoa que apresenta sintomas específicos, e que irá viver ou morrer com base nas escolhas e conclusões de quem está jogando.

As narrativas são baseadas em um mundo encantado, onde muita coisa pode acontecer, e o mestre, que conduz o jogo, pode desfrutar de sua criatividade para criar cenários incalculáveis.

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Mecânica de Investigação

Cada jogador ou grupo tem um dado de 20 lados para a investigação. Ao examinar um cenário, eles rolam o dado para determinar quantas informações obtêm:

- 1-5: 1 informação
- 6-10: 2 informações
- 11-15: 3 informações
- 16-20: 4 informações

Exemplo:

- Bertoldo rola 15 (resultado suficiente para obter 3 informações).

Quando os jogadores já tiverem chegado a uma conclusão, que pode ser em qualquer momento do jogo, eles podem confrontar o problema e apresentar ao mestre o que eles acham que houve com o paciente, declarando a afirmação da possível doença e sua cura, se estiver correta, os jogadores vencem, mas se estiver errado o paciente morre, e eles perdem, Cabe ao mestre ditar o que aconteceu de errado, e por que eles erraram.

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Relatório Médico: Drhilww, o Ferreiro

Nome: Drhilww

Idade: 231 invernos

Raça: **Elfo Dourado**

Classe: Guerreiro aposentado, agora ferreiro na Vila de Brodell

Data de Admissão: 12º dia do Mês da Colheita Sombria

Motivo: Apresenta sintomas de desorientação e uma fraqueza profunda chamada “Sopro da Névoa Sombria”. Suspeita-se de uma maldição ancestral ou influência mágica.

Histórico Recente:

Nas últimas semanas, Drhilww experimentou sede insaciável, vagando por riachos e bebendo elixires místicos. À noite, ele é atraído por um sussurro na floresta sombria e sofre lapsos de memória e raciocínio. Seu hábito exala um aroma doce, como o néctar das Orquídeas do Abismo.

Exame Físico Inicial:

- Aparência Geral: Exaurido e letárgico, sua pele opaca e seca sugere desgaste.
- Olhos: Enevoados, sugerindo uma visão entre mundos.
- Respiração e Pulso: Rápidos e irregulares.
- Aura: Fraco brilho violeta no torso, indicando possível magia antiga.

Sintomas e Diagnóstico:

Curandeiros suspeitam de uma maldição chamada “Corrente do Doce Mal,” que pode levar ao “Sono do Véu Sombrio.” Drhilww está em tratamento com chá de raízes negras, incensos purificadores e elixires das Trevas. Ele segue em observação, podendo precisar de um clérigo se a condição se agravar.

(Drhilww é o paciente que os jogadores tem que tratar).

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



A partir daqui o mestre tem as informações de cada local, a ser escolhido pelo jogador que rolou o dado.

98

HOSPITAL:

Relatório Médico 1

Paciente: Thalindor Zorlanar

Raça: Elfo (Alta Elfa)

Idade: 218 anos (aproximadamente 60 anos humanos)

Sexo: Masculino

Data de falecimento: 17 de Altura do Outono, Ano 1234

Histórico Clínico:

Thalindor era um erudito altamente respeitado entre os elfos, com grande conhecimento sobre os antigos feitiços de manipulação da energia vital. Nos últimos anos, apresentou sinais de extrema fadiga, boca seca constante e uma inquietante perda de vitalidade, que não conseguiam ser explicados, mesmo com os mais avançados feitiços curativos. Sua appetite estava desregulado e ele sofria de intenso desejo por líquidos. O exame de magia realizado em sua essência revelou uma crescente disfunção no fluxo de sua energia vital, afetando diretamente o funcionamento de seus órgãos internos.

Desfecho:

Durante um estudo sobre os antigos artefatos elfos, Thalindor entrou em um estado de desmaio profundo, com a pulsação diminuída. Após uma breve internação em uma câmara de cura, ele apresentou uma falência nos órgãos vitais, incluindo os rins e o coração, resultando em falecimento após parada cardiorrespiratória. Não houve resposta a nenhum feitiço de reequilíbrio energético, e sua morte foi considerada um colapso das energias vitais devido a um desequilíbrio em sua constituição mágica interna.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Relatório Médico 2

Paciente: Gruntor Ironscar

Raça: Anão (Anão das Montanhas)

Idade: 153 anos (aproximadamente 50 anos humanos)

Sexo: Masculino

Data de falecimento: 1º de Outubro do Ano 1241

Histórico Clínico:

Gruntor era um ferreiro renomado, cuja força e resistência eram lendárias. No entanto, nos últimos meses, ele vinha se queixando de extrema sede, cansaço e suor excessivo. Ao realizar uma inspeção detalhada de seu estado físico, foi constatada uma dificuldade crescente em manter sua vitalidade, com seus órgãos sendo progressivamente afetados. Seus membros apresentavam fraqueza, e ele começava a sentir dores nas articulações que não respondiam aos tradicionais unguentos e poções curativas. Gruntor foi monitorado com feitiços de diagnóstico que indicaram um desequilíbrio profundo em seus fluxos internos de energia, especialmente no que dizia respeito ao equilíbrio dos elementos que compõem sua constituição.

Desfecho:

O paciente foi encontrado inconsciente em seu forminha de trabalho, com os sinais vitais em queda. A magia curativa aplicada não teve sucesso, e ele faleceu após uma série de complicações em seus sistemas internos, incluindo falência renal e cardíaca. Não foi possível estabilizar o equilíbrio dos elementos essenciais ao seu corpo, levando à falência de múltiplos órgãos. Sua morte foi atribuída ao colapso de sua força vital.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Relatório Médico 3

Paciente: Ilyana Starwind

Raça: Meio-Elfa (Elfa e Humana)

Idade: 34 anos

Sexo: Feminino

Data de falecimento: 22 de Fogo do Sol, Ano 1243

Histórico Clínico:

Ilyana era uma aventureira que, ao longo de sua vida, enfrentou muitos perigos e desafios. Nos últimos tempos, ela se queixava de tremores nas mãos, visão turva e grande apatia, além de um aumento incomum de sede e necessidade de urinar com frequência. Exames realizados com magia diagnosticaram uma alteração no equilíbrio da sua energia interna. Ilyana, sendo uma meio-elfa, possuía uma conexão energética única entre a magia arcana e os fluxos vitais de sua linhagem. Contudo, essa conexão estava comprometida, provocando distúrbios no metabolismo de sua energia. Ela também perdeu considerável massa muscular e apresentava sinais de desidratação severa, apesar da ingestão constante de líquidos.

Desfecho:

Após um confronto com uma criatura mística em uma missão, Ilyana entrou em colapso físico e foi rapidamente levada para o templo mais próximo. Durante a tentativa de cura, sua condição se deteriorou rapidamente, com seus órgãos começando a falhar um a um. Não foi possível restaurar sua essência vital, e a morte foi causada por uma falência múltipla dos sistemas do corpo, devido ao desequilíbrio profundo da magia que alimentava sua alma e energia.

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Relatório Médico 4

Paciente: Fergar Kaldorn

Raça: Orc

Idade: 42 anos (aproximadamente 25 anos humanos)

Sexo: Masculino

Data de falecimento: 10 de Lua Crescente, Ano 1245

Histórico Clínico:

Fergar, um guerreiro de grande estatura e força, começou a relatar episódios de cansaço extremo, dor abdominal e náuseas persistentes após refeições pesadas, algo incomum para um orc de sua constituição. Durante um período de descanso, ele se queixou de uma sede insaciável e foi observado com mãos trêmulas e hálito doce. Embora fosse tratado com poções de recuperação rápida, ele não melhorava, e suas feridas demoravam mais do que o normal para cicatrizar. A magia de diagnóstico revelou que havia uma série de distúrbios nas suas funções metabólicas, com alterações profundas nas flutuações de sua força vital.

Desfecho:

Após uma batalha que exigiu grande esforço físico, Fergar desmaiou e foi levado para os cuidados de um xamã tribal. Durante o processo de cura, o paciente não respondeu aos feitiços de regeneração e teve um rápido colapso de suas funções orgânicas. A morte foi declarada após falência cardíaca e insuficiência renal, resultante de um distúrbio de sua energia vital que o impediu de sustentar sua constituição física robusta.

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



BIBLIOTECA: estudos de caso

O Mistério do Fluido Estranho

102

“Nos confins do Reino, onde os ventos do Norte acariciam as terras esquecidas, surgem rumores de um fenômeno desconhecido. Os alvos de tal maldição são os que se aventuram por terras distantes, onde o corpo parece ser tocado por uma força invisível. Em seus sangues, algo estranho se manifesta: uma substância viscosa, doce ao paladar, quase como néctar. Alquimistas e magos antigos, ao investigarem tais casos, falam em enigmas ainda não resolvidos. Alguns acreditam que um feitiço perdido dos tempos mais antigos, talvez um artefato mágico de um deus há muito esquecido, tenha sido desencadeado, fazendo com que a vitalidade das vítimas se transforme em algo mais... peculiar. Porém, até hoje, ninguém consegue identificar sua verdadeira origem.”

A Fome Sem Fim

“Canta-se nos salões de muitas tavernas e nos mercados das grandes cidades sobre uma fome que nunca se sacia. Aqueles tocados por esse mal, após devorar banquetes inteiros, ainda encontram seus estômagos vazios, como se um vazio profundo os consumisse por dentro. Não se sabe se é uma maldição, ou talvez algum feitiço das antigas, mas seus efeitos são claros. Há quem diga que é o fogo interno do corpo, perdido ou corrompido por algum encantamento antigo, ou quem saiba, por um artefato de poder incontrolável. Mas, até o momento, nenhuma mente sagaz conseguiu discernir o verdadeiro significado desta insaciável fome, que se espalha como o vento.”

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



A Carga Nos Membros

"Em relatos de muitos aventureiros, especialmente aqueles que enfrentaram longas jornadas ou batalhas titânicas, surge um relato comum: uma sensação de peso insuportável nos membros. Apesar de se recuperarem do cansaço físico, as articulações e os músculos parecem carregar uma carga invisível. Até mesmo os curandeiros mais habilidosos e os magos mais experientes não conseguem curar tal mal, que parece ir além de um simples desgaste físico. Alguns afirmam que a alma do corpo é drenada, mas de onde vem tal força? De que lugar distante ou maldição ela se origina? O que se sabe é que esse mal se espalha, e sua causa permanece envolta em um manto de sombras."

O Fluxo de Águas Esquisitas

"Nos cantos mais profundos das cidades e vilarejos esquecidos, onde as estrelas se escondem atrás das nuvens, alguns falam de uma mudança estranha nos fluídos corporais dos habitantes. Não apenas a frequência das idas ao banheiro se altera, mas algo nos próprios líquidos do corpo parece estar... corrompido. A urina de certos indivíduos brilha com uma luz estranha, ou possui uma aparência incomum, como se estivessem possuídos por uma essência que não pertence ao mundo mortal. Alguns curandeiros acreditam que essa alteração é o reflexo de uma maldição que afeta o equilíbrio interno dos corpos, talvez pela influência de um deus perdido ou de uma magia ancestral. Outros especulam que algum veneno esquecido nas profundezas da terra tenha encontrado seu caminho até os homens. Seja como for, este fenômeno continua a perplexidade de todos que o testemunham."

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Relatório de Observações de Pacientes produzido no LABORATÓRIO

1. Encontrado em um arquivo de madeira empoleirada, este relatório de observações descreve uma série de sintomas que confundiram os médicos do laboratório:

"Pacientes estão demonstrando um desejo insaciável de líquidos, mesmo após grandes quantidades de água terem sido consumidas. A sede persiste, e os indivíduos frequentemente se queixam de uma sensação de secura na boca, apesar da ingestão contínua de líquidos. Não há sinais de infecção ou febre, e os fluidos corporais parecem estar em equilíbrio com o restante do corpo, mas os sintomas continuam a persistir. Em um grupo mais amplo de estudo, também foi observada uma perda de peso gradual, apesar da ingestão alimentar aumentada."

Esta observação é intrigante, mas não oferece uma explicação clara, deixando o mistério para ser resolvido.

2. Anotações do Alquimista: A Fome Insaciável

Em uma mesa cheia de frascos e ervas secas, os jogadores encontram um pedaço de papel rabiscado, aparentemente uma anotação inacabada de um alquimista:

"Os sujeitos experimentais começaram a se comportar de forma estranha. Mesmo após o consumo de grandes quantidades de alimentos, todos continuavam a expressar sinais de uma fome insaciável. Isso não é normal. O corpo está consumindo calorias, mas algo impede que essa energia seja utilizada corretamente. Não importa o quanto eles comam, sempre retornam pedindo mais. Algo dentro deles está... errado. Como se o corpo não conseguisse entender o que está recebendo. A energia não está sendo absorvida, ou transformada."

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



3. Caderno de Observações de Fluidos Corporais

Em uma prateleira empoeirada, os jogadores encontram um caderno de anotações sobre fluidos corporais. As anotações são técnicas e contém detalhes sobre análises feitas em amostras biológicas. Uma página diz:

"Após a coleta de amostras de urina de diversos indivíduos, alguns mostraram uma alteração peculiar na cor e na composição. A urina de alguns pacientes apresenta uma diluição incomum, com uma tonalidade quase cristalina e um leve aroma doce. Esse fenômeno é digno de nota, pois não é comum em nenhum dos padrões normais observados até agora. A substância também é mais abundante, apesar da ingestão moderada de líquidos. A causa para isso ainda permanece desconhecida."

4. Relatório de Experimento: Mudanças no Metabolismo

Em uma gaveta trancada, os jogadores encontram um relatório de experimentos que detalha mudanças no comportamento metabólico de criaturas em estudo:

"Sujeitos alimentados com uma dose aumentada de nutrientes estão apresentando efeitos inesperados. Há uma falha em processar os nutrientes adequadamente. Os corpos não conseguem armazenar a energia de maneira eficaz, como se estivessem em um ciclo constante de excesso de combustível sem poder utilizá-lo. Os indivíduos começam a acumular uma substância doce e espessa no sangue, que parece interferir em suas funções vitais. Não há explicação para o acúmulo, mas a condição piora com o tempo."

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Como os Jogadores Podem Descobrir a Verdade?

Cada uma dessas pistas é encontrada separadamente no laboratório. O que elas têm em comum é que todas descrevem sintomas que, de forma isolada, não oferecem uma imagem clara. Somente após o estudo cuidadoso de todas essas pistas os jogadores começam a perceber que algo está errado com a forma como o corpo está processando alimentos e energia.

- Pista 1 (Sede e perda de peso com ingestão aumentada de alimentos) sugere uma falha no metabolismo, mas sem ligar a causa ao sangue ou energia.
- Pista 2 (Fome insaciável) indica que, apesar do consumo, o corpo não consegue utilizar a energia adequadamente.
- Pista 3 (Alterações na urina) sugere um acúmulo de algo no corpo, talvez uma substância relacionada a essa falha metabólica.
- Pista 4 (Relatório de experimentos com metabolismo) menciona o acúmulo de uma substância doce e espessa no sangue, o que começa a levantar a possibilidade de uma condição ligada ao processamento incorreto dos nutrientes.

Essas informações isoladas começam a formar um quadro de uma condição crônica que afeta a capacidade do corpo de processar alimentos corretamente, o que é, em última análise, a diabetes. No entanto, os jogadores precisariam investigar ainda mais para entender completamente o mal que aflige aqueles que o sofrem.

Aula 4 -Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Depois do término do jogo, em caso de os jogadores descobrirem o que é a doença, ou em caso de os jogadores não chegarem a conclusão correta, e o mestre tenha que explicar que a doença é o diabetes, deve-se fazer a pergunta final: **COMO O PACIENTE PODE OU PODERIA SER SALVO? DE QUE MANEIRA A BIOTECNOLOGIA AUXILIA NOS DIAS ATUAIS, COMO ESSE CASO ESPECÍFICO?**

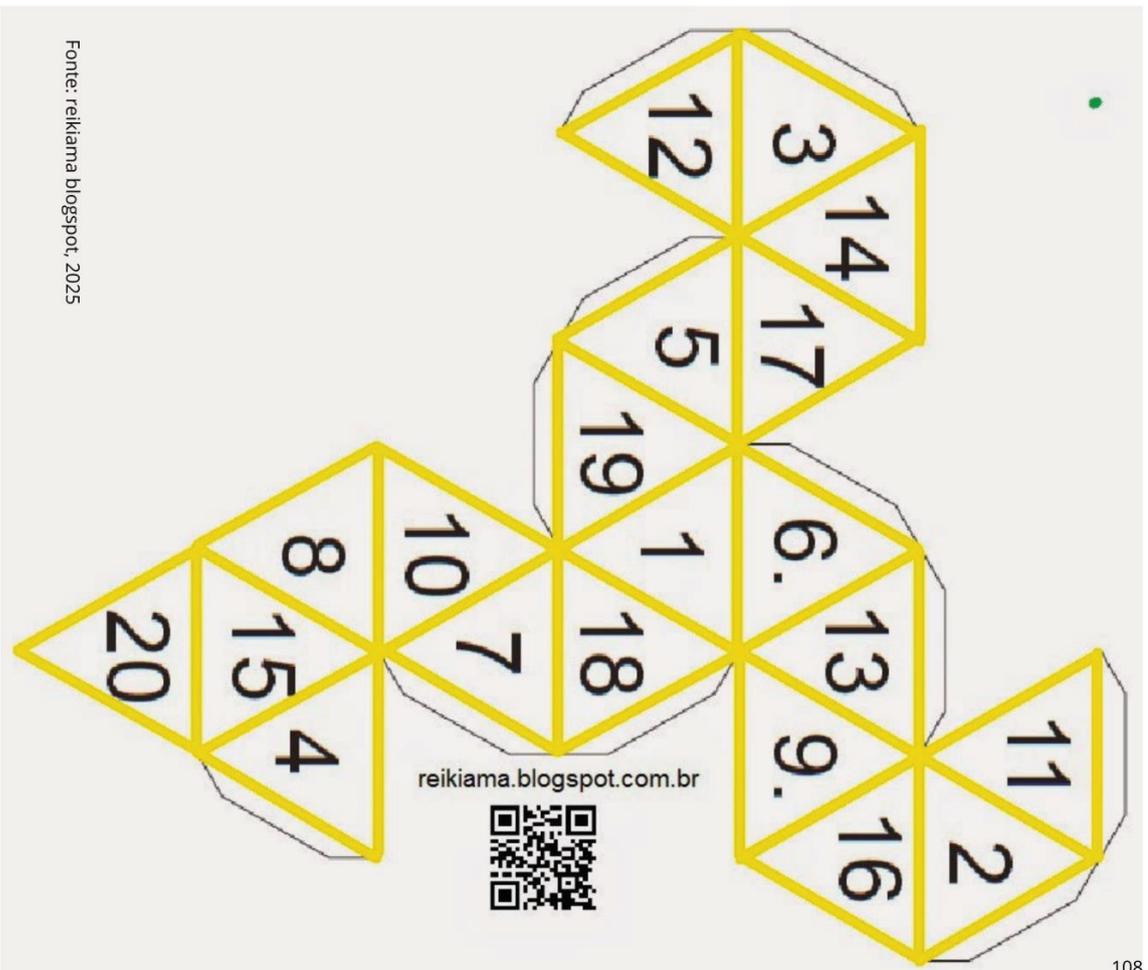
Espera-se que, após as abordagens realizadas durante a sequência, os estudantes consigam falar sobre a insulina, e sobre a utilização da técnica do DNA **RECOMBINANTE**, bem como sua importância biotecnológica.

Aula 4 - Jogo “The mystery: Salvando vidas”



Modelo do dado de 20
lados para RPG.

Se quiser, pode
utilizar dados online
disponível em :
[https://www.dados-
online.pt/dados-para-
rpg.html](https://www.dados-online.pt/dados-para-rpg.html)



Fonte: reikiama.blogspot, 2025

Referências do capítulo

GOMES, A. R. Contando histórias por décadas, jogando RPG. **UnB Notícias**. 23 maio 2022. Disponível em: <https://noticias.unb.br/artigos-main/5737-contando-historias-por-decadas-jogando-rpg>. Acesso em: 13 out. 2024.

MARQUES, C. H. **Aspectos fundamentais à implantação da tecnologia de produção de anticorpos monoclonais humanizados com potencial aplicação terapêutica**. 2005. 109 p. Dissertação de mestrado – Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/5781/carlos-humbertomarques.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em: 12 jul. 2023.-

PIMENTA, C.A.M.; LIMA, J.M. **Genética aplicada à biotecnologia**. São Paulo: Ed. Érica/Saraiva, 175 p., 2015.

MOREIRA, C. Enzima de restrição. **Revista de ciência elementar**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 12, 05 jan. 2012. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/pdf/2014/033/>. Acesso em: 10 jul. 2023.

NASCIMENTO, Raket Gomes do; et al. Prática lúdica “DNA recombinante” e sua influência na percepção e no conhecimento de estudantes sobre biotecnologia e enzimas de restrição. **Experiências em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 262-282, 05 nov. 2020. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/723/691>. Acesso em: 12 jul. 2023.

OLIVEIRA, A. C. C.; SILVA, F. V. As ementas e os recursos didáticos empregados no ensino sobre tecnologia do DNA recombinante em um curso de licenciatura em ciências biológicas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 23, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230123>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PAES, K. C. **Da molécula de DNA às proteínas: dinamizando o ensino por meio de materiais didáticos e ludicidade**. 2019. 95 p. Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2019. Disponível em: <https://www.profbio.ufmg.br/wpcontent/uploads/2021/02/Kelly-Paes-TCM.pdf>. Acesso em: 9 ago. 2023.

AS IMAGENS UTILIZADAS NO CAPÍTULO SÃO DE LIVRE ACESSO E FORAM RETIRADAS DA PLATAFORMA CANVA (www.canva.com).