

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA – PROFBIO

**EXPLORANDO VACINAS DE mRNA NO ENSINO MÉDIO: ESTUDO  
DE BIOLOGIA MOLECULAR POR MEIO DA APRENDIZAGEM  
BASEADA EM PROJETOS**

SAMUEL SOUZA BRASILEIRO

Brasília – DF  
2024



SAMUEL SOUZA BRASILEIRO

## EXPLORANDO VACINAS DE mRNA NO ENSINO MÉDIO: ESTUDO DE BIOLOGIA MOLECULAR POR MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), na Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de Concentração: Ensino de Biologia.

Macro Projeto: Biotecnologia em Foco.

Linha de Pesquisa: Organização e funcionamento dos organismos

Profa. Dra. Ildinete Silva Pereira (Orientadora)

Prof. Dr. José Eduardo Baroneza (Coorientador)

Brasília - DF

2024

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Se Souza Brasileiro, Samuel  
EXPLORANDO VACINAS DE mRNA NO ENSINO MÉDIO: ESTUDO DE  
BIOLOGIA MOLECULAR POR MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM  
PROJETOS / Samuel Souza Brasileiro; orientador Ildinete  
Silva Pereira; co-orientador José Eduardo Baroneza . --  
Brasília, 2024.  
82 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia)  
-- Universidade de Brasília, 2024.

1. Aprendizagem Baseada em Projetos.. 2. Biologia  
molecular e vacinas de mRNA.. 3. Metodologias ativas no  
ensino médio. . 4. Guia didático para professores. . I.  
Silva Pereira, Ildinete, orient. II. Baroneza , José Eduardo  
, co-orient. III. Título.

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM**  
**REDE NACIONAL (PROFISSIONAL)**

Ata Nº: 058/2024

Aos trinta dias do mês de abril do ano de dois mil e vinte e quatro, instalou-se a banca examinadora de Dissertação de Mestrado do aluno Samuel Souza Brasileiro, matrícula 210039507. A banca examinadora foi composta pelos professores Dra. Maria De Nazare Klautau Guimaraes/Examinadora Interna/UnB, Dr. Vinicius Augusto Simão/Examinador Externo/UNESP, Dra. Silviene Fabiana de Oliveira/Suplente/UnB e Dra. Ildinete Silva Pereira/UnB, orientador(a)/presidente. O discente apresentou o trabalho intitulado "EXPLORANDO VACINAS DE mRNA NO ENSINO MÉDIO: ESTUDO DE BIOLOGIA MOLECULAR POR MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS".

Concluída a exposição, procedeu-se a arguição do(a) candidato(a), e após as considerações dos examinadores o resultado da avaliação do trabalho foi:

- ( ) Pela aprovação do trabalho;
- ( X ) Pela aprovação do trabalho, com revisão de forma, indicando o prazo de até 30 dias para apresentação definitiva do trabalho revisado;
- ( ) Pela reformulação do trabalho, indicando o prazo de **(Nº DE MESES)** para nova versão;
- ( ) Pela reprovação do trabalho, conforme as normas vigentes na Universidade de Brasília.

Conforme os Artigos 34, 39 e 40 da Resolução 0080/2021 - CEPE, o(a) candidato(a) não terá o título se não cumprir as exigências acima.

Dr.(a) Maria De Nazare Klautau Guimaraes, UnB  
Examinador(a) Interno(a)

Dr.(a) Vinicius Augusto Simão, UNESP  
Examinador(a) Externo(a) à Instituição

Dr.(a) Silviene Fabiana de Oliveira, UnB  
Suplente

Dr.(a) Ildinete Silva Pereira, UnB  
Presidente

Samuel Souza Brasileiro  
Mestrando



Documento assinado eletronicamente por **Ildinete Silva Pereira, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Ciências Biológicas**, em 11/07/2024, às 06:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Vinícius Augusto Simão, Usuário Externo**, em 11/07/2024, às 22:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **SAMUEL SOUZA BRASILEIRO, Usuário Externo**, em 12/07/2024, às 11:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Maria de Nazare Klautau Guimaraes Grisol, Professor(a) de Magistério Superior do Instituto de Ciências Biológicas**, em 12/07/2024, às 14:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Antonio dos Santos Silva Ferraz, Coordenador(a) de Curso de Pós-Graduação do Instituto de Ciências Biológicas**, em 17/07/2024, às 12:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento na Instrução da Reitoria 0003/2016 da Universidade de Brasília.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.unb.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.unb.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **11421379** e o código CRC **0984B968**.

## Relato do Mestrando

Instituição: Universidade de Brasília
Mestrando: Samuel Souza Brasileiro
Título: EXPLORANDO VACINAS DE mRNA NO ENSINO MÉDIO: ESTUDO DE BIOLOGIA MOLECULAR POR MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS
Data da defesa: 30/04/2024
<p>Após completar doze anos de graduação em Ciências Biológicas pela UnB, retornei a este lugar que tanto admiro e que teve um impacto significativo em minha jornada. Desde que iniciei minha carreira como professor, ao ingressar no corpo docente da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, sempre tive o desejo de avançar nos estudos para aprimorar minhas habilidades e contribuir ainda mais para uma educação pública de qualidade.</p> <p>Durante quatro anos, dediquei-me à educação fora da sala de aula, atuando na gestão escolar. No entanto, meu anseio era voltar ao ambiente da sala de aula e compartilhar meu amor pelas Ciências Biológicas, tentando transmitir aos meus alunos um pouco dessa paixão, que se tornou mais do que uma missão, mas sim uma busca incessante e uma fonte de satisfação diária.</p> <p>O programa ProfBio surgiu como uma oportunidade perfeita no momento certo da minha vida. Retornar ao Instituto de Biologia e, ao mesmo tempo, aprofundar meus conhecimentos como educador fez todo o sentido para mim. Não posso deixar de mencionar a experiência que foi a pandemia para todos nós, revelando a urgência de restaurar o respeito e a admiração pela ciência no Brasil. Percebi que poderia contribuir de maneira significativa para uma comunidade mais segura, compartilhando conhecimentos e combatendo informações falsas, perigosas e prejudiciais.</p> <p>Além disso, pude observar a lacuna entre a produção científica e a sociedade, compreendendo que o mais importante não é que todos saibam tudo sobre tudo, mas sim manter viva a curiosidade e o interesse pela ciência, bem como</p>

promover o pensamento crítico em relação às questões humanas que deixam marcas em nossa sociedade.

O mestrado ProfBio foi desafiador, como deveria ser, com aulas que abordaram tanto a ciência pura quanto as práticas para sua melhor divulgação. O mestrado também foi uma fonte de renovação, permitindo-me conhecer pessoas e reencontrar mestres pesquisadores que compartilham a mesma visão, valorizando o método científico, fomentando discussões e continuando a produção de conhecimento para superar os desafios da vida e da sociedade.

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



Dedico este trabalho ao meu filho,  
Davi, a quem tanto amo.

## **Agradecimentos**

A conclusão deste trabalho foi possível graças à contribuição e à ajuda de muitas pessoas. Quero começar agradecendo às pessoas que estão comigo, quase todos os dias, a começar pela Flavia, minha namorada, pelo seu carinho, incentivo, força e compreensão, e ao meu filho, pelo seu amor e parceria.

Minha gratidão a toda minha família, pela torcida em prol do meu sucesso, em especial ao meu irmão, Filipe, pela sua contribuição artística no produto deste trabalho.

Aos colegas de curso de mestrado que caminharam nessa jornada comigo, compartilhando dos desafios e sendo uma fonte de motivação e alegria, especialmente o grupo “*Megazord*”.

Aos professores do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, que desde a graduação e agora pelo programa de mestrado ProfBio, contribuíram enormemente para minha formação como profissional e como pessoa, em especial à orientadora Dra. Ildinete e ao coorientador Dr. José Baronesa.

Aos professores membros da banca, pelo tempo dedicado a este trabalho e à apresentação, bem como pelas valiosas contribuições atribuídas em prol de minha formação acadêmica.

Agradeço à instituição Universidade de Brasília e a todos os funcionários que possibilitam seu funcionamento e a continuação de nossos estudos. Aos coordenadores, Dr. Marcos e Dra. Cristiane, pelo apoio, ajuda e dedicação em possibilitar a continuidade este mestrado e possibilitar o aperfeiçoamento de professores(as) de Biologia das escolas públicas do Brasil.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro ao curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional.

Por fim, agradeço a Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal por permitir o período de afastamento remunerado parcial para estudo, e com isso, tornar o curso de mestrado um pouco menos desgastante e mais proveitoso.

# **EXPLORANDO VACINAS DE mRNA NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS NO ESTUDO DE BIOLOGIA MOLECULAR.**

## **RESUMO**

No ensino médio brasileiro, as bases da Biologia Molecular têm sido exploradas predominantemente por meio de aulas expositivas, com poucas possibilidades de atividades práticas e de dinâmicas que privilegiem o aprendizado ativo. Entretanto, em função da complexidade e do crescente impacto dos assuntos abordados, especialmente devido sua relação com o cotidiano dos alunos, o uso dos métodos ativos no ensino pode ser mais eficaz para gerar motivação e aprendizado significativo dos discentes. Neste trabalho, propomos um Guia Didático que valorize o ensino investigativo pelo uso do método de ensino de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), que coloca os estudantes no centro do processo de aprendizagem, promovendo o protagonismo e a participação ativa. Essa metodologia envolve o desenvolvimento de projeto em grupo, no qual os estudantes se engajam na resolução de uma situação-problema relevante para a comunidade escolar. O Guia Didático foi constituído por atividades que poderão ajudar professores de Biologia do Ensino Médio, no incentivo de discentes a adquirirem as habilidades e competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Utilizamos como âncora para despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes, um problema que destacou a importância da vacina de RNA mensageiro contra COVID-19, a partir do qual serão discutidos conceitos de Biologia Molecular, com ênfase na síntese proteica. Desta maneira, esperamos que os estudantes se motivem e compreendam conceitos básicos de Biologia Molecular e Biotecnologia, com ensejo de contribuir para uma sociedade mais esclarecida cientificamente.

**Palavras-chave:** Biologia Molecular, Aprendizagem Baseada em Projetos, Biotecnologia, Vacinas de mRNA.

# **EXPLORING MRNA VACCINES IN HIGH SCHOOL: A PROJECT-BASED LEARNING APPROACH TO MOLECULAR BIOLOGY STUDIES.**

## **ABSTRACT**

In Brazilian high school education, the foundations of molecular biology have been predominantly explored through traditional lectures, with few opportunities for practical activities and dynamics that prioritize active learning. However, given the complexity and rapid advancement of the topics covered and their relevance to students' daily lives, the use of active methods in teaching may be more effective in generating motivation and meaningful learning in students. In this paper, we propose a Didactic Guide that values investigative teaching through the use of the Project-Based Learning (PBL) method, an active teaching method that places students at the center of the learning process, promoting protagonism and active participation. This methodology involves the development of a group project in which students engage in solving a problem relevant to the school community. The Didactic Guide was created with activities that can assist high school Biology teachers in encouraging students to acquire the skills and competencies outlined in the National Common Curricular Base (BNCC). We used, as an anchor to arouse students' interest and curiosity, a problem that highlighted the importance of mRNA vaccines against COVID-19, through which concepts of molecular biology will be discussed with an emphasis on protein synthesis. In this way, we hope that students will be motivated and understand basic concepts of Molecular Biology and Biotechnology, aiming to contribute to a scientifically enlightened society.

**Keywords: Molecular Biology, Project-Based Learning, Biotechnology, mRNA Vaccines.**

## Lista de Figuras

Figura 1: Aspectos essenciais da ABPj.....	25
Figura 2: Dogma Central da Biologia Molecular.....	31

## Lista de Quadros

Quadro 1: Descrição dos aspectos essenciais do método Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj).....	27
Quadro 2: Estratégias em etapas das ações propostas no guia didático .....	36
Quadro 3: <i>Webquest</i> como atividade investigativa.....	43
Quadro 4: Exemplo de rubrica que poderá ser utilizado para avaliar e guiar o produto final.....	46

## **Lista de abreviaturas**

ABPj - Aprendizagem Baseada em Projetos

BIE - Buck Institute for Education

BNCC - Base Nacional Comum Curricular

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

COVID-19 - Coronavirus Disease 2019 (Doença do Coronavírus 2019)

DNA - Deoxyribonucleic acid (Ácido desoxirribonucleico)

FGB - Formação Geral Básica

IF - Itinerário Formativo

INCT-CPCT - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Comunicação Pública da Ciência e Tecnologia

MEC - Ministério da Educação

NEA - National Education Association (Associação Nacional de Educação)

ONU - Organizações das Nações Unidas

PNI - Plano Nacional de Imunização

RNA - Ribonucleic acid (Ácido ribonucleico)

mRNA - RNA mensageiro

ncRNA - RNA não codificantes

rRNA - RNA ribossômico

tRNA - RNA transportador

SUS - Serviço Único de Saúde

## Sumário

1. <i>Introdução</i> .....	17
2. <i>Referencial Teórico</i> .....	19
<b>2.1. Biologia Molecular no Ensino Médio</b> .....	<b>19</b>
<b>2.2. Aprendizagem Baseada em Projetos</b> .....	<b>23</b>
<b>2.3. Biologia Molecular e vacinas de mRNA</b> .....	<b>30</b>
3. <i>Objetivos</i> .....	34
<b>3.1. Objetivo Geral</b> .....	<b>35</b>
<b>3.2. Objetivos Específicos</b> .....	<b>35</b>
4. <i>Metodologia</i> .....	35
<b>4.1. Tema Âncora</b> .....	<b>37</b>
<b>4.2. Questão Motriz e orientações para o Produto Final</b> .....	<b>38</b>
<b>4.3. Tempestade de ideias</b> .....	<b>41</b>
<b>4.4. Atividade Investigativa</b> .....	<b>42</b>
<b>4.5. Apresentação do Produto Final</b> .....	<b>44</b>
<b>4.6. Avaliação</b> .....	<b>44</b>
5. <i>Discussões</i> .....	47
<b>5.1. O Guia Didático</b> .....	<b>47</b>
<b>5.2. Aplicabilidade e recursos</b> .....	<b>52</b>
<b>5.3. Perspectivas futuras</b> .....	<b>53</b>
6. <i>Referências</i> .....	55
7. <i>Anexo 1</i> .....	61



## 1. Introdução

A Biologia Molecular destaca-se como uma disciplina que proporciona uma compreensão mais aprofundada do funcionamento da unidade básica da vida: a célula. Os conhecimentos gerados resultam em crescimento exponencial de suas novas descobertas e aplicabilidades como clonagem, transgênicos, teste de paternidade, assuntos constantemente abordados como pautas nas discussões em todos os níveis sociais (ANJOS, 2018). Por esses motivos, e por se tratar de um paradigma da Biologia, a assimilação de seus conceitos básicos por estudantes do Ensino Médio é de suma importância para continuação dos estudos de diversos temas relacionados às Ciências Biológicas (FREITAS, 2020).

O estudo da Biologia Molecular no ensino médio concentra-se no entendimento de conceitos básicos do chamado Dogma Central, que se entende pelos processos moleculares a partir dos quais a informação armazenada no DNA (ácido desoxirribonucleico) é utilizada como um código na produção de RNAs (ácidos ribonucleicos) e proteínas (BRIGIDO, 2021). A compreensão das moléculas basais da vida e os conceitos de Biologia Molecular são frequentemente assimilados com dificuldade pela maior parte dos estudantes de Ensino Médio, devido à sua complexidade e abstração (FREITAS, 2020; MELO; CARMO, 2009).

Para enfrentar as dificuldades inerentes ao conteúdo de Biologia Molecular, a utilização de estratégias alternativas educacionais tem se mostrado um aliado essencial em sala de aula. Os métodos contendo estratégias que promovam o protagonismo estudantil, não apenas facilitam o processo de ensino-aprendizagem, mas também oferecem alternativas aos métodos expositivos predominantes, adotados pela maioria dos professores do Ensino Médio e caracterizados por serem informativos, de comunicação unidirecional, focados no professor e muitas vezes, descontextualizados. Neste sentido, o ensino que somente utiliza-se de método de aula expositiva, trabalha pouco ou deixa de promover o desenvolvimento de habilidades e competências como autonomia, análise crítica, habilidades investigativas, criatividade e comunicação, previstas no documento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2017; MELO; CARMO, 2009; COSTA; VENTURI, 2021).

Portanto, as aulas e ações durante o ensino de Biologia não devem ser limitadas à exposição de nomenclaturas e processos complexos a ser memorizados, mas busca-se a adoção de abordagens educacionais alternativas, como as metodologias ativas, que objetivam destacar o estudante como o protagonista do seu próprio desenvolvimento e participante ativo no seu processo de aprendizagem. As metodologias ativas envolvem os estudantes diretamente com práticas que trabalham com projetos de forma integrada, investigação, resolução de problemas e utilização de tecnologias, proporcionando aos estudantes reflexões durante essas práticas e promovendo um nível de aprendizagem mais profundo (MORAN, 2018). Assim, na busca de metodologias ativas no ensino de Biologia, onde os conceitos façam sentido para os alunos, é essencial vincular a teoria com a prática e contextualizar o conteúdo com a realidade do aluno, trabalhando assim com habilidades de autonomia e pensamento crítico, com a intenção de formar cidadãos atuantes e esclarecidos sobre o mundo em que vivem (COSTA; VENTURI, 2021).

Nesse ensejo, ressalta-se o potencial da disciplina de Biologia em proporcionar as iniciativas de alfabetização científica, a ponto de permitir que os estudantes façam relações entre o conhecimento científico e a sociedade, além de aplicar os novos conhecimentos adquiridos no cotidiano, visando a obtenção de uma postura crítica no exercício de sua cidadania e ser um veículo na difusão do conhecimento científico de qualidade (COSTA; VENTURI, 2021).

A abordagem da alfabetização científica é uma forma de trazer aos estudantes a percepção dos fenômenos naturais na ótica da ciência, proporciona os meios para entender o processo científico em quase todas as etapas e, assim, permite uma visão de como se produz o conhecimento baseado em evidências. Nessa ótica, o estudante é inserido na cultura científica e poderá entender o mundo segundo a ciência (MONTOKANE, 2015).

Dentre a variedade de metodologias ativas existentes, a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) vem sendo largamente utilizada em escolas e instituições de ensino. Tal abordagem tem ajudado os docentes e profissionais de educação em oportunizar aos estudantes o desenvolvimento de habilidades e competências, seja durante o engajamento dos mesmos em resolver um problema real, ou a abordar uma

questão complexa por meio de um projeto que tenha um produto final que será apresentado para o público (BIE, 2022).

O método ABPj promove o protagonismo dos estudantes em seu próprio processo de aprendizagem, incentivando-os a desenvolver o pensamento crítico, criatividade, habilidades cooperativas e de comunicação. Além disso, propicia aprendizagens significativas do conteúdo, contribuindo para uma formação integral e capacitando os alunos para enfrentar desafios do mundo contemporâneo (BENDER, 2014). Portanto, este trabalho estabelece argumentos sobre a relevância da adoção deste método ativo, ao mesmo tempo em que disponibiliza um guia didático como recurso para os educadores utilizarem em sala de aula. A perspectiva é auxiliar na formação dos estudantes, motivando-os à investigação e desenvolvendo habilidades essenciais para a alfabetização científica (SCARPA; SILVA, 2014).

Assim, o referido guia didático é estruturado em sequências de ações planejadas para estimular a curiosidade e incentivar a investigação de tópicos relacionados à vacina de RNA mensageiro (mRNA) contra a Covid-19, para abordar conceito curricular de Biologia Molecular com ênfase na síntese proteica.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1 Biologia Molecular no Ensino Médio**

O documento normativo da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reconhece os jovens estudantes do Ensino Médio como sendo pessoas ativas na sociedade, que participam e influenciam o mundo em sua volta. A formação básica desses estudantes deve atender às suas necessidades para enfrentar os desafios apresentados. Para tanto, o documento normativo define as aprendizagens essenciais e lista dez competências gerais, que são definidas como: “a mobilização de conhecimento (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho” (BRASIL, 2017, p. 08).

A BNCC enfatiza a utilização de abordagem investigativa durante as práticas de ensino na área do conhecimento de Ciências da Natureza e cita como uma das competências:

Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (Brasil, 2017, p. 09).

A BNCC considera como compromisso da escola, trabalhar habilidades como, aprendizagem colaborativa, trabalho em equipe, protagonismo estudantil, atribuição de sentido às aprendizagens e sua vinculação aos desafios da realidade (BRASIL, 2017).

A utilização do método Aprendizagem Baseada em Projeto (ABPj) em sala de aula, que será melhor discutido mais adiante, apresenta alguns aspectos tais como: pensamento crítico, resolução de problemas reais, trabalho cooperativo e criatividade para desenvolver um trabalho (BIE, 2022), dentre outros e que garantem o desenvolvimento de muitas competências elencadas no documento da BNCC.

O documento da BNCC (2017) organiza as aprendizagens essenciais por áreas do conhecimento, apresenta as suas respectivas competências específicas e relaciona cada competência às habilidades a serem alcançadas. Dentre as competências e habilidades específicas da área do conhecimento Ciências da Natureza e suas Tecnologias, podemos encontrar conteúdos que estão diretamente ligados à Biologia Molecular, podendo ser visualizados nos seguintes trechos:

...explorar como os avanços científicos e tecnológicos estão relacionados às aplicações do conhecimento sobre o DNA e células (Brasil, 2017, p. 558). “para o desenvolvimento dessa competência específica podem ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados a aplicação da tecnologia do DNA recombinante; identificação por DNA; emprego de células-tronco; neurotecnologias; produção de tecnologias de defesa; estrutura e propriedades de compostos orgânicos (Brasil, 2017, p. 559).

A habilidade (código EM13CNT304) que poderá ser alcançada pelo estudante o deixará munido de informações que o capacitem a “Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza, proporcionando uma base para melhor entendimento” (BRASIL, 2017, p. 559). Dentre os temas relativos à biotecnologia bastante discutidos hoje na sociedade nos diversos meios de comunicação, podemos citar as vacinas de RNA mensageiro (mRNA), alimentos geneticamente modificados (transgênicos), clonagem de animais, DNA recombinante, entre outros.

Para compreender plenamente áreas como Biotecnologia, tópicos em Genética, processos fisiológicos e funções das proteínas, é fundamental ter um entendimento do Dogma Central da Biologia Molecular. Este conceito serve como base crucial para a compreensão desses outros temas, todos os quais demandam um nível significativo de abstração. O Dogma Central, paradigma da Biologia Molecular, é apresentado como uma sequência de eventos que começa no núcleo da célula em eucariotos com a replicação do DNA, seguida pelo processo de transcrição, que resulta na síntese de moléculas de mRNA e, finalmente, pela tradução do mRNA pelos ribossomos, originando proteínas, processo este também conhecido como síntese proteica (FREITAS, 2020). Vale ressaltar que o Dogma Central da Biologia Molecular tal como mencionado, é alvo de importantes reflexões na comunidade científica, com grande debate sobre o conceito do gene, (BRÍGIDO, 2021) o que iremos discutir mais adiante.

O avanço tecnológico e científico alcançado nas últimas décadas na área da Biologia, com destaque na área de Biologia Molecular, proporcionou um aprofundamento na compreensão molecular da vida e resultou na necessidade de atualizações constantes nas abordagens pedagógicas sobre esses assuntos. A divulgação de pesquisas voltadas para o ensino na área de Biologia revelou desafios no processo de aprendizado, tanto por parte dos professores quanto dos alunos. Parte desses desafios está relacionada à falta de conexão entre os conceitos ensinados e a vida cotidiana dos estudantes. No entanto, não é preciso esforços para notar o crescente contato da sociedade com temas relacionados com os avanços científicos na área de Genética e Biologia Molecular, principalmente pelos meios de comunicação, destacando os dilemas éticos e morais inerentes a tais temas na sociedade. O Ensino Médio é uma fase crucial da educação básica, na qual os estudantes amadurecem e preparam-se para desempenhar papéis ativos na sociedade (MELO; CARMO, 2009).

Por precisar de uma certa abstração para a compreensão, o processo de ensino e aprendizagem de Biologia Molecular torna-se um desafio (FREITAS, 2020). No entanto, esse desafio deve ser enfrentado com entusiasmo, pois a compreensão dos conceitos de Biologia Molecular servirá como base para o entendimento e estudo de outros assuntos da Biologia, como a Genética, Biotecnologia, Evolução e Imunologia.

Na educação básica, a abordagem da disciplina de Ciências Naturais e Biologia frequentemente restringe-se a métodos expositivos sem contextualização, concentrada na descrição do conceito e em sua memorização. Tal prática muitas vezes falha em auxiliar o estudante a estabelecer conexões significativas com sua própria realidade, ao apresentar conceitos sem uma clara ligação com o contexto em que vivem (SCARPA; SILVA, 2014). Uma das críticas aos métodos tradicionais de ensino baseados em aula expositiva, é o fato de as aulas serem centradas nos professores e não no aluno, com aulas cheias de termos complexos e voltados para a memorização, o que dificilmente oportuniza aos estudantes o desenvolvimento de habilidades e competências previstas na BNCC, como a autonomia na aprendizagem, capacidade investigativa, análise crítica, criatividade e comunicação (COSTA; VENTURI, 2021).

O uso da linguagem científica para tentar explicar fenômenos cotidianos aos estudantes pode criar uma falsa sensação de contextualização do conteúdo. No entanto, é importante notar que simplesmente descrever eventos com terminologia científica e enfatizar a memorização não constitui um ensino verdadeiramente contextualizado em ciências. A abordagem que enfatiza a quantidade excessiva de conteúdo, cada vez mais isolado e puramente conceitual, sem promover a reflexão crítica, não prepara os estudantes para enfrentar desafios como cidadãos críticos em suas vidas (SCARPA; SILVA, 2014).

As aulas de Biologia foram por muito tempo ministradas de forma a transmitir o conhecimento produzido pela ciência, enquanto os alunos decoram e reproduzem. Um dos motivos de haver modificação no processo de transmissão do conhecimento científico é o grande volume de informações acumuladas durante a história. Portanto, prioriza-se hoje a qualidade e não a quantidade do conhecimento a ser trabalhado em sala de aula (CARVALHO, 2014).

O estudo de Biologia Molecular no ensino médio, como dito, é conhecido por sua complexidade e abstração, o método expositivo e descontextualizado é insuficiente para promover uma aprendizagem significativa. Mudanças para abordagens mais contextualizadas e investigativas são essenciais para engajar os alunos e melhorar a eficácia do ensino desse conteúdo (ANJOS et al., 2019).

## 2.2 Aprendizagem Baseada em Projeto

Aprendizagem Baseada em Projeto (ABPj) é um termo utilizado largamente para se referir a um método de ensino com ênfase na ação pedagógica do estudante, que conecta o que é aprendido com a prática do mundo real. A estrutura teórica do método ABPj tem a contribuição de pedagogos reconhecidos, como Piaget e sua teoria do construtivismo, Vygotsky na teoria do construtivismo social e o pragmatismo de John Dewey, este último considerado o pai da ABPj (KWIETNIEWSKI, 2017).

Dewey defendia a participação ativa dos estudantes durante o processo de aprendizagem, tornando possível ações pedagógicas que permitam a interação social e aprendizagens por meio da experiência em que se aplica o conhecimento adquirido para resolução de um problema que desperte o seu interesse. O aspecto sociológico e as habilidades devem ser estimulados, utilizando a sala de aula para treinar os estudantes na vida social, capacitando-os em todos os aspectos durante a vida escolar e formar adultos capazes e ativos na sociedade.

Segundo Dewey:

O progresso não está na sucessão de estudos, mas no desenvolvimento de novas atitudes em relação à experiência e em novos interesses por ela...a educação deve ser concebida como uma reconstrução contínua da experiência; que o processo e o objetivo da educação são uma única coisa (DEWEY, 1897, p. 13, tradução livre).

Para Piaget (1973), a criança constrói o seu entendimento sobre o mundo de forma ativa durante a interação entre o sujeito, objeto e ambiente. Ele contribuiu para a ideia construtivista sobre a importância de se considerar o conhecimento prévio do estudante ao se abordar um conceito novo, onde o conhecimento parte da conexão entre o já conhecido e o novo. Outra contribuição foi sobre a importância das relações entre o sujeito e o ambiente, bem como as interações sociais para aprender conceitos complexos e resolver problemas, processos importantes para o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Segundo Vygotsky (1998) as ações que incentivam as interações entre os colegas em sala de aula e a contextualização cultural dos estudantes, contribuem no processo de aprendizagens dos estudantes. Dessa forma, atividades em grupo para resoluções de problemas que geram debate, discussões, incentivam o desenvolvimento de habilidades sociais.

A valorização do aspecto social durante o processo de ensino e aprendizagem obtém destaque durante as constantes mudanças na educação principalmente durante o século XX, onde o foco das discussões se desdobra sobre as relações do professor e alunos. Questiona-se a ideia de o professor deixar de ser o único detentor e transmissor do conhecimento e, valoriza-se os estudantes ativos, e não passivos, no seu processo de aprendizagem (SCARPA; CAMPOS, 2018).

O ensino de Ciências também sofreu influências com as modificações na educação, com o objetivo de formar cidadãos com ferramentas cognitivas para se posicionarem e decidirem em um mundo repleto de inovações científicas e tecnológicas. Esses objetivos culminaram em um processo contínuo de ensino hoje chamada de Alfabetização Científica, e se apresenta como orientação para o desenvolvimento de ideias e habilidades a serem trabalhadas nas aulas de Ciências. A partir daí, surgiram três eixos estruturantes da Alfabetização Científica, que deverão ser considerados durante na elaboração das estratégias de ensino de Ciências da Natureza (SASSERON, 2015):

- Compreensão dos termos e conceitos científicos: conhecimento conceitual pelos estudantes, destacando a devida importância no debate científico.
- Compreensão da natureza da Ciência e seus fatores influenciadores: utilizar estratégias didáticas que simulem aspectos do fazer ciência que, portanto, promovam a investigação, abordem relações históricas como exemplos de fatores que influenciam as proposições de novos conhecimentos.
- Entendimento das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: visualizar o impacto que as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, têm sobre a aplicação do conhecimento, produção científica, economia e política, evidenciando a complexidade dessas relações.

Em busca de como desenvolver práticas didáticas que oportunizem os alunos a obter conhecimento conceitual e ao mesmo tempo entender o fazer ciência, métodos que promovem a abordagem de ensino investigativo tomam lugar de destaque e lugar nos currículos, pois levam a ações onde os estudantes resolvem problemas, na busca de respostas, utilizando raciocínio hipotético-dedutivo. Assim, o ensino investigativo é visto como uma abordagem didática, podendo estar dentro de diversos métodos e recursos didáticos, desde que seja uma ação do estudante e orientado pelo professor (SASSERON, 2015). A partir disso, o método ABPj se coloca como uma



proposta de real significância, que utiliza uma abordagem investigativa e vai ao encontro do processo de alfabetização científica.

Os principais autores proponentes da ABPj definem este método de ensino como um combinado de estratégias que proporciona ao estudante aprender de forma ativa ao se engajar nos problemas do mundo real, desenvolver projetos personalizados e significativos, a partir dos estímulos necessários. As estratégias são organizadas a fim de atender os aspectos considerados essenciais durante a abordagem da ABPj, descritos no Quadro 1(BIE, 2022; BENDER, 2014):



*Figura 1: Aspectos essenciais da ABPj. O esquema foi inspirado nos autores BIE (2022) e Bender (2014). Fonte: O AUTOR (2024).*

Esses aspectos (Figura 1) são considerados essenciais durante a abordagem da ABPj e contribuirão para alcançar os objetivos de aprendizagem, que englobam os conteúdos conceituais básicos de interesse, bem como o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas, comunicação, gerenciamento e colaboração. Além dos aspectos citados, é importante salientar algumas características observadas ao se utilizar o método proposto, e que o docente deve se atentar. Dentre estas, o tempo considerável requerido para o desenvolvimento

de todo o projeto, que geralmente é maior do que o desenvolvimento de um trabalho convencional e a ação do professor como um facilitador e condutor durante todo o processo, enquanto os alunos são os principais responsáveis pelo desenvolvimento do projeto (BENDER, 2014).

Em resposta às significativas mudanças na sociedade no final do século 20 e início do século 21 relativas à economia, modernização e globalização, surgiram novas exigências na capacitação dos estudantes visando a formação de futuros cidadãos, preparando-os para os desafios pessoais e profissionais num contexto de avanços tecnológicos e de novas realidades do mercado de trabalho. Para abordar tais demandas, a “Associação Nacional de Educação” (NEA - *National Education Association*) nos Estados Unidos, delineou quatro habilidades essenciais, intituladas como “4 Cs” para o século 21, que são: pensamento Crítico, Colaboração, Comunicação e Criatividade (NEA, 2012). Diante deste documento, é interessante observar que o documento BNCC também destaca essas habilidades no desenvolvimento de competências gerais da Educação Básica, também alinhados com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) (BRASIL, 2017).

As habilidades de trabalho cooperativo, relações sociais, comunicação, pensamento crítico e criatividade são amplamente consideradas como importantes na formação de cidadãos para o século 21 em grande parte do mundo e são estimuladas durante as aulas em que se utiliza o método ABPj (BELL, 2010; KWIETNIEWSKI, 2017). Os métodos ativos oportunizam que os estudantes sejam protagonistas, assim como na execução das etapas que compõe o método ABPj, em que serão trabalhadas essas e outras habilidades.

A educação libertadora passa pela comunicação entre os sujeitos inseridos numa mesma realidade, pois segundo Paulo Freire (1970) “A resposta aos desafios da realidade problematizada é já a ação dos sujeitos dialógicos sobre ela, para transformá-la.” Diante disso, vemos o potencial de trabalhar questões contextualizadas de forma cooperativa, e assim incentivar habilidades de análise crítica, permitindo aos estudantes atuarem no seu processo de aprendizagem de forma ativa (FREIRE, 1970).

Quadro 1: Descrição dos aspectos essenciais do método Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj). Fonte: O AUTOR (2024).

<b>ASPECTOS da ABPj</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>SOLUÇÃO DE UMA QUESTÃO PROBLEMA</b>	O projeto é direcionado para o desafio de solucionar um problema ou responder a uma questão de real significância no seu contexto local ou mundial;
<b>VOZ DO ALUNO E ESCOLHA</b>	Participação decisiva dos estudantes em diversas etapas com relação ao projeto, como ele irá desenvolver e o que eles poderão produzir e expressar suas ideias de formas variadas;
<b>AÇÕES INVESTIGATIVAS</b>	Atividades em sala que contribuam para o aprofundamento do conteúdo e estimulem o engajamento do aluno em questionar, procurar recursos conceituais e aplicação dos novos conhecimentos;
<b>COLABORAÇÃO</b>	Planejar e executar um projeto na busca por soluções de problemas reais podem ser complexos e exige o trabalho em grupo. Isso estimula o desenvolvimento de habilidades importantes para formação do cidadão, aprendendo a ser membros e líderes eficientes.
<b>REFLEXÃO</b>	Manter uma rotina de acompanhamento e <i>feedback</i> durante as pesquisas e atividades, avaliando a eficiência, aprendizados, qualidade do trabalho e identificando obstáculos. Essas análises, feitas e recebidas pelos alunos, visam aperfeiçoar os trabalhos e produtos, com estratégias para superar desafios.
<b>PRODUTO FINAL</b>	Resultados em forma de um produto e a publicação deste para o público inserido no mesmo contexto, pode ser da sala, de uma parte da escola ou para a comunidade.

A habilidade de gerenciamento pessoal é cultivada desde o momento em que os alunos iniciam a sua investigação com uma pergunta inicial. Durante esse processo, eles têm a oportunidade de realizar uma sessão de debate, que podemos chamar de

tempestade de ideias (*brainstorming*), para identificar os procedimentos e os materiais necessários à estruturação do projeto de forma eficaz (BELL, 2010). Além disso, ao estabelecer uma agenda pessoal e revisá-la diariamente, juntamente com um cronograma que define a data de apresentação do artefato ou produto final, os estudantes são estimulados a desenvolver um senso de responsabilidade, independência e disciplina (BELL, 2010).

O trabalho em grupo fomenta a interação social entre os estudantes e promove a aprendizagem colaborativa, à medida que eles se unem para resolver problemas, uma habilidade fundamental no século 21. O ato de ouvir as opiniões dos colegas durante o *brainstorming*, e durante o desenvolvimento dos artefatos, estimula a geração de ideias e criatividade, reforçando o respeito mútuo entre os membros da equipe (BEEL, 2010).

Em revisão realizada pela pesquisadora Margaret Holm (2011) a respeito da eficácia do método ABPj, foram examinados diversos artigos que analisam os resultados da aplicação do método, desde a pré-escola até o ensino médio. Os resultados evidenciam uma notável eficácia na aprendizagem dos alunos, destacando não apenas no desenvolvimento de habilidades, mas também como meio para alcançar o domínio de conteúdos curriculares em comparação com os métodos de ensino tradicionais. Os estudos indicam os benefícios da utilização do método ABPj tais como o maior engajamento dos estudantes, aumento do interesse no conteúdo, melhor desenvolvimento na elaboração de estratégias para solucionar o problema, aprofundamento do conhecimento e aplicação do conhecimento às novas situações (HOLM, 2011).

No estudo conduzido por Duncan (2011), destaca-se a relevância do ensino de Biologia Molecular para alunos do ensino médio, a fim de aprimorar sua compreensão de como o DNA (genótipo) influencia o funcionamento do organismo e as características individuais (fenótipo). Em geral, os estudantes do ensino médio enfrentam desafios na compreensão de como sequências de nucleotídeos contêm informações que podem resultar em sequências de aminoácidos. Com o propósito de auxiliar os alunos na compreensão do fluxo de informação, desde o gene até a produção de proteínas, o pesquisador delineou um modelo cognitivo do aluno para o entendimento da Genética molecular e, em seguida, desenvolvendo e testando, uma

série de atividades baseadas em projetos. Os resultados obtidos foram promissores, visto que os estudantes participantes do estudo demonstraram uma transformação na percepção dos genes, deixando de vê-los como controladores diretos e absolutos das características do organismo, para uma visão mais sofisticada na qual as proteínas também desempenham um papel fundamental nos fenômenos genéticos, mediando a relação entre a informação genética e suas manifestações (DUNCAN, 2011). Importante notar que esse estudo trouxe uma perspectiva dos processos cognitivos de aprendizagens e utilizou fundamentos do método ABPj para alcançar aprendizagem significativa de dois conceitos fundamentais de Biologia Molecular: informações dos genes na composição da proteína; o papel da proteína nos processos genéticos e na influência das características.

Estudos também têm demonstrado que a abordagem da ABPj tem efeitos positivos na motivação dos alunos do ensino médio, uma vez que os alunos planejam e desenvolvem projetos relevantes e significativos por meio da colaboração (BENDER, 2014). Como destacado pela pesquisa de Nicolas e Ramos (2022), que analisou a motivação dos estudantes durante a implementação do ABPj por professores do ensino médio, essa abordagem foi projetada para fomentar a motivação dos alunos. O estudo concluiu que a ABPj não desenvolve a motivação por si só; os professores precisam agir como facilitadores, exigindo estratégias claras, como impor limites na promoção da autonomia, manter todos os alunos envolvidos para promover as habilidades e controlar o trabalho em grupo para concluir o projeto a tempo.

Observando as características do método ABPj, fica evidente que ele é capaz de promover a motivação dos estudantes, abordando essas três necessidades psicológicas básicas, mesmo em um contexto onde o tempo é um fator de pressão. O cumprimento de prazos para a conclusão do produto final que será apresentado ao público é uma característica essencial do ABPj. Portanto, é inevitável que os professores enfrentem dilemas durante a execução das atividades. Contudo, quando se depararem com dilemas, como aprofundar-se em um conceito ou atividade para maximizar os desafios versus cumprir o cronograma do projeto, os professores devem atuar como guias que equilibram e avaliam os riscos de não cumprir o prazo (NICOLAS e RAMOS, 2022).

### 2.3 Biologia Molecular e vacina de mRNA

A Biologia Molecular teve seu advento a partir do fim da segunda guerra mundial, pois as tecnologias bélicas como os Difratômetros de Raio-X, começaram a ser utilizadas no estudo de estruturas atômicas da matéria, incluindo proteínas, carboidratos e ácidos nucleicos (revisado por Brígido, 2021). Os pesquisadores James Watson e Francis Crick (1953), com o auxílio das imagens icônicas de Raio-X de Rosalind Franklin e Maurice Wilkins, propuseram o modelo da estrutura do DNA, com a publicação do artigo científico intitulado "Estrutura Molecular dos Ácidos Nucleicos: Uma Estrutura para o Ácido Desoxirribonucleico" (*"Molecular Structure of Nucleic Acids: A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid"*, 1953) na revista *Nature*. Esse modelo revolucionou nossa compreensão sobre a estrutura do material genético e postulou como ocorreria a perpetuação da informação genética de uma geração para a outra. Além do modelo da estrutura do DNA, Watson e Crick (1953) postularam o mecanismo de replicação do DNA, e seus achados se tornaram um marco na história da Biologia Molecular.

A partir daí, o fluxo de informação genética dentro da célula começou a ser compreendido e a ideia de genes, antes conhecidos como uma unidade hereditária, como proposto por Gregor Mendel (1866), agora passam a ser estudados em nível molecular. Os termos genótipo, com significado de um "conjunto de genes presente nos gametas"; e o termo fenótipo, como sendo as "características morfológicas observáveis", foram cunhados pelo botânico Wilhelm Johannsen (1909) e utilizamos para explicar a relação direta entre os genes e as características morfológicas de um organismo (BRÍGIDO, 2021).

A ideia de que o gene é constituído por DNA, e carrega um código que traz informações para a síntese de um produto como uma proteína, foi dada por Watson e Crick (1958), que cunharam o termo Dogma Central da Biologia Molecular (em artigo intitulado "On Protein Synthesis"), esquematizando assim o fluxo de informação genética na célula (ilustrado na Figura 2). Até então, o Dogma Central de Watson e Crick ainda não atribuía o papel fundamental da molécula de RNA mensageiro (mRNA). No, entanto, sabe-se que o conceito atual de gene, de forma simplificada, é um segmento do genoma que carrega informações para um produto de RNA ou proteína (NUNES, 2011; BRÍGIDO, 2021). Considerando um "gene" que codifica uma

proteína, seu respectivo mRNA será posteriormente usado como informação para a síntese de uma proteína.

A partir desse momento, os estudos sobre o Dogma Central avançaram rapidamente, incorporando o mRNA ao modelo e aprofundando a compreensão dos mecanismos regulatórios, graças ao trabalho dos destacados pesquisadores François Jacob e Jacques Monod, no início dos anos 1960 (QUINTANILHA; BECKER, 2023). Eles contribuíram com a ideia de que existia um mRNA, sintetizado pela RNA polimerase na presença de complexos proteicos que regulam esse processo, resultando em uma cópia de um trecho do DNA na forma de RNA. Esse RNA contendo o código genético atuaria como um mensageiro, que seria utilizado pelo ribossomo como molde para síntese proteica (BRÍGIDO, 2021).

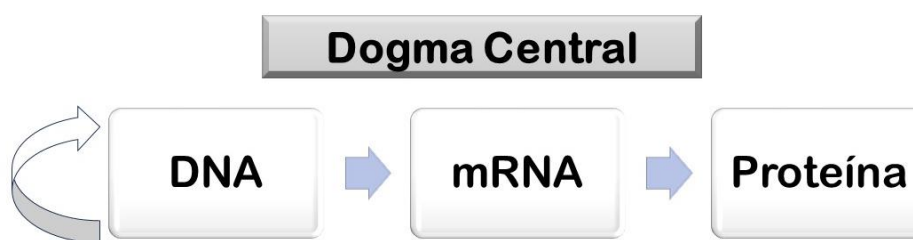
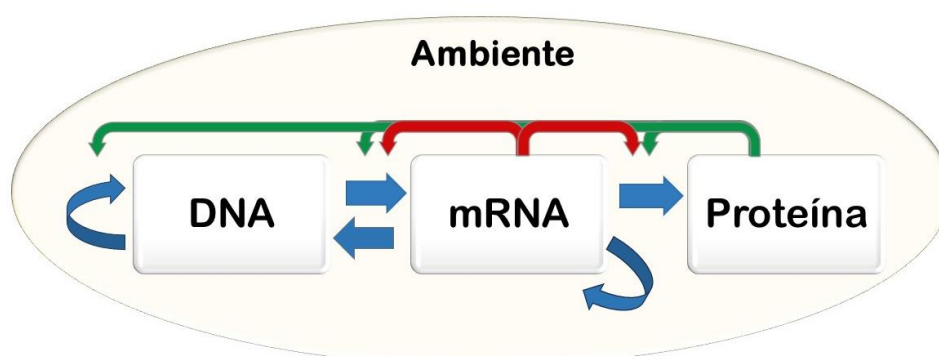


Figura 2: Dogma Central da Biologia Molecular. Fonte: O AUTOR (2024).

A ideia de genes como uma sequência de DNA, um fragmento de código genético, que resulta em uma proteína através da transmissão de informação linear (DNA → RNA → Proteína) foi se mostrando limitada a partir de novas descobertas advindas com o Projeto Genoma Humano em 1990 (BRÍGIDO, 2021). Esse grande projeto revelou que o genoma humano possui cerca de 20.000 genes codificadores de proteínas, valor semelhante a muitos seres vivos considerados menos complexos. Isso desvendou o novo mundo de RNA e revelou que a maior parte do DNA não codifica proteínas, uma vez que estas moléculas contabilizam menos de 2% do genoma humano. Hoje sabemos que os mRNAs não são os únicos RNAs resultantes da transcrição, uma vez que existem ainda o RNA transportador (tRNA), RNA ribossômicos (rRNA) como exemplos de uma grande diversidade de RNAs não codificadores de proteínas (NUNES, 2011).

A diversidade de transcritos mostra-se muito maior, como apresentado pelo projeto ENCODE, um projeto internacional liderado pelo Instituto Nacional de Saúde

em 2003, que revelou que a maior parte do DNA não-codificador de proteínas são alvos de transcrição, originando RNA não codificantes (ncRNA), que desempenham importantes papéis regulatórios pós e pré-transcricionais, funções regulatórias do metabolismo e funções estruturais (BRÍGIDO, 2021; NUNES, 2011). Dessa forma, o Dogma Central que demonstra um fluxo de informação genética unidirecional, como foi proposto por Crick, não expõe o verdadeiro papel dos elementos moleculares envolvidos na expressão gênica e suas regulações, como proposto na figura 3.



*Figura 3: Uma proposta para atualização do Dogma Central da Biologia molecular. O ambiente que exerce influência em todos os processos e tem fatores que podem modificar as moléculas, enquanto eu as setas azuis representam a síntese de moléculas indicadas, as setas vermelhas, representam as funções regulatórias do mRNA nos processos de transcrição e tradução e as setas verdes representam as funções regulatórias das proteínas durante os processos de replicação, transcrição e tradução.*

Não demorou muito para que pesquisadores realizassem experimentos com mRNA exógenos e células humanas, revelando que as células eram capazes de produzir proteínas a partir deles. Foi o que Robert Malone, em 1988, fez em seus experimentos no *Institute for Biological Studies*, na Califórnia, sendo capaz de produzir proteínas a partir de mRNA que foram absorvidos pelas células. Assim, o pesquisador concluiu que o mRNA teria um grande potencial para ser utilizado como um possível “medicamento”, como no caso de vacinas. Nesse contexto, os conhecimentos resultantes de quase de 50 anos de estudos, culminaram em uma das mais importantes e lucrativas vacinas da história: a vacina de mRNA contra a COVID-19, administradas em centenas de milhões de pessoas por todo o mundo, com vendas que ultrapassaram R\$ 256 bilhões somente em 2021 (DOLGIN, 2021).



Desde o experimento de Malone até a produção em larga escala da vacina de mRNA, muitos desafios precisaram ser superados, tais como a estabilidade do mRNA, o desenvolvimento de nanopartículas lipídicas para transportá-lo para dentro da célula, a produção em grande escala e a inicial rejeição de investidores, até a obtenção da regulação e aprovação pelos órgãos de saúde. (DOLGIN, 2021).

O momento de pandemia da COVID-19, evidenciou a importância que a ciência possui em solucionar ou minimizar um problema de saúde pública em nível da sociedade, conforme vivenciamos em magnitude global. No entanto, pesquisa que mede a percepção da população brasileira sobre a ciência mostra que uma parcela considerável não confia na ciência para soluções de problemas sociais (BRASIL, 2019). Como exemplos da desconfiança de uma parcela da população brasileira na ciência podemos constatar, durante a pandemia da COVID-19, a negação de uma parcela da população sendo influenciada principalmente por lideranças políticas, comunicadores e pelo grande volume de informações falsas que circularam na *internet* sobre a segurança e eficácia das vacinas contra a COVID-19. Essas ocorrências evidenciaram a fragilidade da sociedade quanto a falta de esclarecimento científico básico (GALHARDI, 2022, KUMAR, 2021).

A vacinação da população Brasileira é realizada pelo Programa Nacional de Imunização (PNI) desde a década de setenta, sendo reconhecido internacionalmente por sua eficiência na erradicação de doenças como varíola e poliomielite. No entanto, a taxa de vacinação vem caindo substancialmente nos últimos anos e, como consequência, um alerta sobre as ameaças de doenças que já foram consideradas erradicadas voltarem a impactar a saúde das pessoas. Como exemplo, podemos citar a cobertura vacinal contra o sarampo, que atingia mais de 95% em 2014, com queda a partir de 2015, atingindo 74,9% em 2017 e permanecendo abaixo dos 80% em 2021, mesmo com registros de mais de 20.000 casos de sarampo confirmados em 2019 (STEVANIM, 2019; SATO, 2023).

O motivo da queda da cobertura vacinal no Brasil é composto por muitos fatores, podemos apontar alguns deles. A falta de informação da população quanto ao calendário de vacinação pelos órgãos de saúde, devido à grande quantidade de vacinas disponibilizadas atualmente. Há também a crise financeira que culmina na precarização do serviço prestados pelo SUS (Serviço Único de Saúde). A falsa

sensação de segurança da população, ao não notarem mais casos de doenças no cotidiano leva a conclusões errôneas acerca da inexistência do risco de contaminação de seus filhos e demais familiares. Esta última observação é aliada ao motivo da decisão de não vacinar os filhos, por achar a vacina arriscada devido às suas possíveis reações adversas. Essas informações sobre os prováveis efeitos adversos da vacina são veiculadas como notícias falsas pela *internet* pelo movimento anti-vacina em ascensão (STEVANIM, 2019).

Estudos realizados em outros países sugerem que a hesitação e a recusa vacinal estão associadas ao grau de escolaridade, fatores socioeconômicos e desinformações, devido principalmente ao grande volume das notícias falsas (“fake news”). Nesse assunto, podemos destacar a carência de trabalhos de investigação científica abordando as questões sobre a hesitação ou recusa vacinal no contexto da população brasileira (NOBRE; GUERRA; CARNUT, 2022).

A vacinação da população é uma ação que depende de toda sociedade para ser efetiva. A vacinação entre crianças e adolescentes é importante para a proteção individual e para diminuir a transmissão das doenças. A maioria dos adolescentes, com idades entre 12 e 16 anos, foram vacinados no Brasil com a vacina de mRNA contra a COVID-19, produzida pelo laboratório Pfizer/BioNTech, de acordo com dados do Rede Nacional de Dados de Saúde (2022). Essa vacina tem-se mostrado eficiente e segura, segundo estudos com dados de várias nações (THOMAS, 2021).

A pandemia da COVID-19 atingiu todos os países do mundo, principalmente desde o ano de 2020, sendo a vacina, mais uma vez, protagonista das soluções para esse problema mundial. Movimentos anti-vacinas e negacionistas são preocupantes e podem resultar em problemas sociais que vão além da vida privada, ao gerar impactos no domínio público (SILVA, 2021).

Portanto, a proposta de um guia com atividades que estimulem a investigação, promova o conhecimento sobre as importantes questões sociais e fomentem o questionamento sobre a qualidade e veracidade dos conteúdos publicados nas redes sociais, é de grande importância (QUEIROZ, 2021).

### **3. OBJETIVOS**

### 3.1. **Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho constitui na elaboração de um guia didático destinado a auxiliar os docentes e profissionais da educação de Ensino Médio durante a abordagem do conteúdo curricular de Biologia Molecular, por meio do método de ensino ativo denominado Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj).

### 3.2. **Objetivos específicos**

- Elaborar o guia didático de forma detalhada, respeitando a organização do método ABPj e problematizar o tema socialmente relevante das vacinas de mRNA.
- Publicar o guia didático e torna-lo disponível para professores do Ensino Médio em escolas públicas e privadas que desejam utilizá-lo como recurso para trabalhar as habilidades e competências estabelecidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) com seus alunos.

## 4. **Metodologia**

De acordo com Torrens e Arbolaez (2020), um guia didático é um instrumento pedagógico que pode ser usado pelos professores com diversos propósitos. Esse recurso pode ser em formato impresso ou virtual, facilitando o planejamento das aulas pelos professores, indicando e orientando suas atividades, e, além disso, possibilitando uma interação entre os participantes do processo de aprendizagem e os elementos personalizados que são empregados para atingir os objetivos esperados.

Para atingirmos os objetivos deste trabalho, o guia didático foi elaborado incluindo o caráter de ensino investigativo. Utilizamos o aporte metodológico da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) que permita o protagonismo estudantil no processo de ensino-aprendizagem e que o caráter investigativo esteja presente durante as atividades. Com a ABPj os alunos poderão ser estimulados a desenvolver um projeto baseado em um problema real de forma cooperativa com seus colegas de sala (BENDER, 2014).

Esperamos que a utilização da ABPj estimule o estudante a desenvolver habilidades importantes, tais como, autonomia no seu processo de aprendizagem, trabalhar de forma cooperativa, utilização de ferramentas tecnológicas na investigação de saberes científicos e na criação de novos conteúdos (BENDER, 2014).

O guia didático, estruturado como um manual de instruções, foi concebido para orientar os professores, organizando um conjunto de atividades e ações, os quais

Quadro 2: Estratégias em etapas das ações propostas no guia didático. Fonte: O AUTOR (2024).

ETAPAS	TEMPO*	AÇÕES PROPOSTAS	DESENVOLVIMENTO
1	2 aulas	• Tema âncora	Contextualização do problema.
		• Questão motriz	Apresentação da situação problema.
		• Orientações	Qual produto será avaliado pelo Projeto a ser desenvolvido.
2	2 aulas	• <i>Brainstorming</i>	Dinâmica em grupo e geração de hipóteses.
		• Planejamento	Ideias e estratégias.
		• Atividade Investigativa	Atividade com abordagem investigativa para consolidar conceitos básicos.
3	2 aulas + tempo extraclasse.	• Atividade Investigativa	Atividade em grupo com abordagem investigativa com fator desafiador.
		• Elaboração do produto final	Produto final – Modelo do processo de Síntese Proteica.
4	Eventos extraclasse	• Avaliação e Apresentação	Avaliação por rubricas. Apresentação culminante.

permite que os estudantes participem do planejamento de um projeto e de sua execução em grupo. Como desfecho desses projetos, os alunos farão a apresentação de um produto final.

As atividades que compõe o guia didático são apresentadas em um produto disponibilizado posteriormente e poderá ser consultado pelos professores que se interessarem nesse trabalho. Para melhor organização, o guia foi dividido em etapas, como mostra o Quadro 2, a serem aplicadas empregando três aulas duplas, podendo ter a flexibilidade de utilizar mais aulas se necessário.

#### 4.1. Tema âncora

Durante a elaboração do guia didático com base na abordagem da ABPj foi dada a importância para alguns componentes essenciais desse método de ensino. Dentre os componentes essenciais, o início do projeto deve-se motivar os alunos ao engajamento na resolução de um problema visando a obtenção de um produto final. O problema com um contexto que leve em consideração a realidade do aluno, aumentará o seu envolvimento e conseqüentemente, o aluno terá vontade maior em resolver um determinado problema ou desenvolver um projeto (BENDER, 2014).

Utilizaremos o termo âncora, proposto por Bender (2014), para designar essa introdução com objetivo de motivar o engajamento dos alunos em desenvolver o projeto. Para tal, o assunto abordado trará a memória recente sobre a pandemia da COVID-19 que impactou o mundo todo, com conseqüências que podem ser sentidos ainda hoje no âmbito da saúde, social, econômico e educacional.

Sugerimos a exibição dos vídeos e textos escolhidos, de natureza jornalística e científica para contextualizar o momento da pandemia da COVID-19 e também sobre os tipos de vacinas disponibilizadas durante o combate a este problema sanitário que atingiu nível mundial.

O texto escolhido como parte do material será o documento publicado pela Plataforma Intergovernamental de Políticas Científicas sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES) da Organização Mundial das Nações Unidas (ONU) (disponível no link: "<https://brasil.un.org/pt-br/>"). Acesso em 12/12/2023). O texto relata que pandemias serão cada vez mais frequentes devido as atividades humanas que estão causando redução da biodiversidade e redução de habitats naturais.

Enquanto há esforços para no sentido de prevenção, a humanidade precisa estar cada vez mais preparados para lidar com cenários pandêmicos. Não podemos

deixar de mencionar as vacinas pois elas são fundamentais no enfrentamento de pandemias, agindo diretamente na redução da circulação dos agentes infecciosos, assim como na saúde individual e coletiva.

O vídeo sugerido para compor o tema âncora a ser exibido em sala de aula consta na plataforma YouTube, tem como título “Pandemia | Nerdologia.”, terá a duração de 7 minutos e poderá ser acessado no link [https://www.youtube.com/watch?v=r9r\\_VwoZvho](https://www.youtube.com/watch?v=r9r_VwoZvho).

O vídeo escolhido, publicado antes da pandemia da Covid-19 (10/03/2016), fala sobre os agentes etiológicos potencialmente capazes de causar pandemia. O vídeo fala sobre todos os fatores necessários para ocorrer uma pandemia, apesar de não fazer uma previsão do que viria acontecer em 2019, o narrador, pesquisador e divulgador científico Dr. Atila Iamarino, traz um alerta para um possível cenário pandêmico baseadas em evidências e análises científicas que antecipam possíveis eventos futuros.

Este momento desempenha um papel fundamental na manutenção do interesse e comprometimento dos alunos enquanto eles se envolvem nas atividades investigativas e buscam continuamente o conhecimento necessário para concluir o projeto. Critérios de validação científica e a seleção de fontes confiáveis orientaram a escolha dos materiais textuais e visuais incorporados ao guia. No entanto, os professores que utilizarem o guia têm a liberdade de buscar fontes adicionais e atualizados, desde que mantenham os mesmos critérios de informação segura e confiável ao auxiliar os estudantes.

#### **4.2. Questão Motriz e orientações para o Produto Final**

A questão motriz é o problema central em que os alunos concentrarão seus esforços durante as investigações e explorações com o objetivo claro de desenvolver o projeto. A questão motriz está entrelaçada com a âncora, momento em que serão apresentados os objetivos do projeto com foco no produto final. Portanto, além de motivar, a questão motriz deve orientar os alunos na concentração de seus esforços e delinear quais informações serão necessários para o projeto e quais caminhos percorrer. Durante a busca de informações novas perguntas poderão surgir e servirá

como um incentivo para investigação e exploração, algo comum durante a produção científica e incentivado durante o método (BENDER, 2014).

A partir da apresentação do assunto sobre as pandemias e doenças cada vez mais presente na sociedade, uma situação será apresentada juntamente com um problema para ser solucionado por eles. Ao terem conhecimento do problema sanitário mundial no surgimento de novas pandemias, uma situação real será apresentada e em seguida o problema no contexto da pandemia da Covid-19.

Situação: Durante o comunicado feito pelo professor sobre a campanha de vacinação contra COVID-19 em uma escola de ensino médio, um estudante relatou que sua mãe o impediu de receber a vacina de mRNA bivalente.

Questionado sobre o motivo, o estudante relatou que sua mãe havia recebido uma série de mensagens virais e vídeos alarmantes em um grupo de rede social, alegando que a vacina de mRNA poderia causar modificações genéticas (mutação do DNA) e conseqüentemente, acarretar em doenças e até mesmo transformar as pessoas em uma nova espécie.

Problema: Considere-se parte de um grupo de quatro a seis cientistas convidados por uma escola para realizar uma palestra esclarecedora para os pais sobre a vacinação contra a COVID-19. Diante desse desafio, vocês se reúnem para discutir uma estratégia didática que aborde os conceitos de DNA, RNA e proteína, centrada em um modelo de funcionamento da vacina de mRNA (síntese proteica), a única vacina que pode ser ministrada em crianças e adolescentes. Nesse contexto, busca-se incorporar elementos artísticos e criativos na confecção do modelo. E agora, como proceder diante desse desafio?

A situação-problema fictícia é apresentada aos estudantes para estabelecer uma relação significativa entre a questão motriz e o produto final. É fundamental que essa situação fictícia considere o contexto local dos alunos, uma vez que esse é um dos principais impulsionadores motivacionais e orientará as escolhas dos grupos na elaboração do modelo de funcionamento da vacina de mRNA. A apresentação final do produto para um grupo pertencente à sua própria comunidade, no momento culminante, desempenhará também um papel motivacional significativo.

O tema âncora e a situação problema são etapas essenciais da ABPj (BIE, 2022) pois garante a contextualização do mundo real dos estudantes a fim de garantir

durante o estudo de conceitos previstos no currículo que serão abordados, dessa forma procura-se manter o estudante engajado por motivá-lo a resolver um problema real e perceptível. Dessa forma, o tema âncora e a situação problema são importantes para que os estudantes, segundo a BNCC (2017):

aprofundem e ampliem suas reflexões a respeito dos contextos de produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, as competências específicas e habilidades propostas para o Ensino Médio exploram situações-problema envolvendo melhoria da qualidade de vida (BRASIL, 2017, p. 550).

Após a exposição do tema âncora e a situação problema, os alunos deverão ser orientados sobre o produto final no qual deverão produzir e apresentar esse produto em lugar e público da própria escola ou comunidade. A estratégia a ser adotada na confecção do produto final, poderá ser feita com materiais diversos, e que tenha prioridade para materiais que não tenha custo elevado, como, papelarias, borracha EVA, papelão, isopor, massinha de modelar, materiais recicláveis ou outros que partam da criatividade dos alunos. Além da escolha de modelos físicos, os estudantes podem escolher produção de modelos digitais, e para isso utilizar ferramentas computacionais e tecnológicos.

Para um bom desenvolvimento do produto final, os grupos precisarão de um tempo extraclasse, por se tratar de um trabalho artístico e criativo que exige um tempo maior na execução. Para este momento, os alunos estarão concentrados na criação e finalização do projeto e, levando em consideração o tempo limitado para o desenvolvimento de todo o projeto, o professor facilitador deve conduzir para a otimização do tempo e ao mesmo tempo ser flexível para se adaptar aos possíveis contratempos que possam surgir.

Espera-se a formação dos grupos após o a exposição da questão problema, composto por quatro a seis integrantes por grupo, de forma que garanta a participação de todos integrantes durante a execução do projeto. Atividades são previstas para auxiliar o desenvolvimento do produto final pelo grupo, no entanto, o momento de criação se iniciará a partir do seu planejamento.

Separar o projeto em etapas é importante para manter a organização e o foco em seus objetivos. Entretanto, pode acontecer sobreposições entre as atividades, que apontam para a necessidade de mais pesquisas e investigações. O professor deverá conduzir a turma fazendo um balanço entre respeitar o tempo requerido pelos



estudantes e garantir que o cronograma seja respeitado até a apresentação do produto final.

#### 4.3. **Tempestade de ideias**

Uma estratégia muito utilizada pelos proponentes de ABPj é o que podemos chamar de “tempestade de ideias” (*brainstorming*), onde serão anotadas todas as ideias que vierem à tona por todos os participantes de cada grupo (BENDER, 2014). Os grupos terão a oportunidade de se ouvir, dando oportunidades na participação de todos, e criar estratégias de como iniciar e concluir o projeto. Resumindo, os grupos poderão pensar de forma conjunta com um único objetivo de elaborar um modelo de tradução do mRNA da vacina contra COVID-19.

O *brainstorming* é uma boa oportunidade para trabalhar habilidades importantes no trabalho cooperativo e deve ser potencializado. Por não ser uma prática muito comum no ensino tradicional, é importante a orientação do professor para trabalhar as seguintes habilidades cada uma com a seguinte estratégia (BENDER, 2014):

- Ouvir e considerar a ideia de todos os integrantes do grupo – Designar um ou dois integrantes do grupo para anotar as ideias, lembrando de não eliminar nenhuma.
- Gerar ideias novas e respeitar todas elas, encorajando a participação de todos – Designar um líder, diferente do registrador para mediar e moderar a discussão.
- Comparar, agrupar, juntar e eliminar ideias – Proporcionar um momento no final para poderem sintetizar as ideias finais.

Neste momento, a livre exposição de ideias, poderá ser aproveitado para abrir espaço na elaboração de hipóteses sobre o funcionamento da vacina de mRNA no interior da célula. A anotação das hipóteses será importante para serem acessadas novamente ao fim do momento investigativo e comparar com os novos conhecimentos.

O *brainstorming* é importante para o planejamento pelos alunos, trazendo a ideia do seu protagonismo e resultando em seu maior engajamento, poder decisivo e senso de responsabilidade pelo projeto e, dessa forma, reforça a ideia do professor como facilitador durante todo o processo de desenvolvimento do projeto. As próximas atividades, portanto, tem o propósito de conduzir a investigação dos alunos na aquisição das informações necessárias para o desenvolvimento do projeto.

A elaboração de um cronograma contendo as atividades a serem desenvolvidas pelos grupos que deverão atribuir prazos, metas e os responsáveis por cada tarefa. Essas informações sobre o planejamento poderão ser registradas em uma tabela proposta pelo professor para cada grupo preencher.

#### 4.4. **Atividade Investigativa**

Com o propósito de manter a motivação dos alunos, diferentes estratégias serão utilizadas na elaboração das atividades, a fim de atender as individualidades dos alunos quanto a talentos, gostos e aptidões. Uma das estratégias pode ser a execução de atividades individuais, em dupla ou em grupo, porém, no guia didático proposto, a atividade investigativa será trabalhada em grupo.

O processo investigativo é uma das principais características da ABPJ e uma estratégia onde ocorre os primeiros contatos com os conceitos pelos alunos, porém, de uma forma contextualizada, com objetivos de aplicação, interesse e engajamento do aluno (BENDER, 2014). A compreensão de conceitos de Biologia Molecular e áreas correlatas será essencial para que os estudantes possam estruturar o projeto e alcançar os resultados desejados no produto final. Conseqüentemente, os alunos se esforçarão para assegurar a precisão conceitual em seu trabalho, já que o produto final será apresentado durante um evento.

A atividade proposta (Quadro 3) tem o formato de questionário com sugestão para ser utilizado em dois momentos, o primeiro destinado ao estudo de conceitos básicos sobre a Biologia Molecular e, outro momento para colocar em prática os conceitos de síntese proteica, ambas realizadas em grupo. É importante que as atividades sejam desenvolvidas em sala de aula com a supervisão do professor. Dessa forma, o professor adota o papel de supervisor ao estimular a criatividade, investigação e inovação durante a execução da atividade, enquanto os estudantes estarão trabalhando na busca de informações, agindo ativamente durante o processo de aprendizagem dos conceitos científicos necessários para execução do projeto (BENDER, 2014).

Portanto, a atividade investigativa transcende a mera busca de respostas para um questionário, uma vez que envolve a abordagem de um desafio que exige solução. Os estudantes não apenas conduzem pesquisas e encontram respostas, mas também

aplicam os resultados obtidos e os novos conhecimentos adquiridos ao longo do projeto. Os resultados obtidos e os novos conhecimentos adquiridos ao longo do projeto de respostas e as questões a serem respondidas. Fonte: O AUTOR (2024).

**Vídeos:** Amoeba Sisters explica conceitos de Biologia Molecular com linguagem fácil e com muita ilustração.

- DNA x RNA: <https://www.youtube.com/watch?v=lotPrxGzJnc> (Acesso em: 14/12/2023).
- Síntese proteica: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_JHoFUX3jR0](https://www.youtube.com/watch?v=_JHoFUX3jR0) (Acesso em: 14/12/2023).

#### **Conteúdos textuais sobre conceitos básicos e de divulgação científica.**

- Khan Academy - conteúdos digitais sobre Biologia com ilustrações: Conteúdo conceitual básico sobre Biologia Molecular. <https://pt.khanacademy.org/science/biologia-ensino-medio/x008af9690f00e6cd:genetica-molecular> (Acesso em 10/12/2023).
- Site do ministério da Saúde: Vacinas de RNA são seguras! Conteúdo sobre a vacina de mRNA contra COVID-19. Explica o que é e a segurança da vacina de mRNA. <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-com-ciencia/noticias/2023/outubro/vacinas-de-rna-sao-seguras> (Acesso em 10/12/2023).
- Site da UFSM: As vacinas de RNA contra Covid-19 podem alterar o DNA? Explica o funcionamento da vacina de mRNA e desinformação. <https://www.ufsm.br/midias/arco/vacinas-rna-contracovid-19> (Acesso em 10/12/2023).
- Site da SBIm (Sociedade Brasileira de Imunização). COVID-19. Conteúdo tem como objetivo sanar dúvidas sobre a covid-19 e formas de prevenção da doença <https://sbim.org.br/covid-19>. (Acesso em 01/02/2024).

#### **Questões para os alunos encontrarem respostas e aplicar os novos conhecimentos.**

1. Qual é o papel do DNA e do mRNA na síntese proteica?
2. Quais são os componentes moleculares e estruturais do mRNA e seu papel na síntese proteica?
3. Explique o que é transcrição e tradução no contexto da Biologia Molecular.
4. Descreva a função de cada um dos componentes moleculares durante a tradução a seguir:
  - a. RNA mensageiro
  - b. RNA transportador
  - c. Ribossomos
  - d. Aminoácidos
5. O que é um códon, e em qual molécula ela se encontra?
6. O que é o anticódon e qual molécula ela se encontra?
7. Quais são as diferenças entre o vírus Sars-Cov-2 e a vacina de mRNA?
8. Qual proteína viral será formada pela informação da sequência do mRNA usado na vacina?
9. O grupo deverá realizar a SÍNTESE PROTEICA a partir um fragmento da fita de mRNA disponibilizada (fornecido no guia) do tamanho de 30 bases (nucleotídeos). A referida sequência refere-se a uma região do mRNA usado na vacina. Utilize a tabela do código genético (fornecido no guia) para identificar os aminoácidos correspondentes para cada códon.
10. Baseados nas fontes fornecidas, os grupos deverão concluir se a vacina de mRNA pode alterar o DNA humano.

projeto. Esse processo estimula o surgimento de novos questionamentos, reiniciando

o ciclo da investigação de maneira autônoma. Esse ciclo contínuo e autossustentável torna a aprendizagem ativa e constante (BIE, 2022).

As atividades propostas terão uma estrutura de *webquest*, descrita no Quadro 1 e terá o objetivo de incentivar a busca por conceitos necessários para o desenvolvimento do projeto. Os grupos serão tutorados a buscar as respostas em fontes confiáveis e atualizadas definidas pelo(a) docente. Foi sugerido o uso de *sites* de instituições de pesquisa como universidades federais, Butantan e FioCruz. Durante a investigação, os grupos serão incentivados a discutir, e o docente deverá permanecer a disposição dos estudantes para apontar caminhos que os motive e esclareçam. Por fim, as respostas deverão ser entregues na forma como o docente definir. *Webquest* é termo criado por Bernie Dodge (1995) e define como sendo a investigação orientada onde o recurso do aluno para obtenção de informações necessárias é em sua maioria a *internet*.

#### **4.5. Apresentação do Produto Final**

A apresentação do projeto se dará nas dependências da escola, em momentos oportunos como feiras culturais, feira de ciências ou momento criado somente para a propiciar a apresentação do projeto pelos grupos.

A divulgação do produto final para o público escolar é fundamental por várias razões. Primeiramente, ela tem um impacto motivacional significativo nos estudantes, além de ser um dos princípios fundamentais do método ABPj. Adicionalmente, essa ação beneficia toda a comunidade escolar, pois envolve a apresentação de soluções reais para um problema concreto, com o propósito de compartilhar informações científicas sobre as vacinas de mRNA contra a COVID-19, promovendo a saúde coletiva.

#### **4.6. Avaliação**

A avaliação dentro da abordagem de ABPj segundo Bender (2014), tendo em vista a verificar diferentes níveis de aprendizagem dos conceitos abordados, utilizará estratégias que permita a reflexão do aluno. Dentre as opções estratégicas que podem

ser escolhidas com esse objetivo, podemos citar a autoavaliação, avaliação de colegas e avaliação do professor.

Rubricas são constantemente usados como uma estratégia avaliativa durante a abordagem de ABPj e são matrizes que orientam os alunos quanto aos critérios em diferentes níveis de aprofundamento do conceito em questão, exemplificado no Quadro 4. Os artefatos gerados, serão submetidos a uma rubrica que poderá ser entregue aos alunos para realizarem autoavaliação ou avaliação de colegas. Uma rubrica não tem a função única de avaliar, mas em muitos casos são utilizados para orientar ao mostrar uma estrutura do projeto ou para orientar os alunos na sugestão de níveis de aprofundamento das informações que os artefatos devem apresentar (BENDER, 2014).

O Quadro 4 apresenta uma rubrica analítica que tem como função avaliar e orientar os alunos quanto ao produto final do modelo da tradução contendo critérios associados a cada objetivos do projeto (BENDER, 2014). No quadro da rubrica de quatro linhas e quatro colunas, a primeira coluna orienta os alunos para os objetivos, enquanto que a primeira linha possui os níveis de desempenho separando quatro colunas da tabela em números de 1 a 4, onde cada nível receberá critérios específicos para cada objetivo em suas respectivas linhas. Esse tipo de rubrica é classificado como analítica, no nosso caso, utilizado para avaliar o artefato final, com um resultado de pontuação, que varia entre 4 e 16 pontos. A atribuição da nota pode ser realizada pelo professor ou colegas.

Uma forma adicional de avaliação que pode ser empregada é a autoavaliação discursiva, um método reflexivo que visa aprimorar ao longo do tempo o desempenho e a capacidade de autoavaliação, habilidades consideradas cruciais para o ambiente profissional do século XXI (BENDER, 2014).

Quadro 4: Exemplo de rubrica que poderá ser utilizado para avaliar e guiar o produto final. Fonte: O AUTOR (2024).

<b>OBJETIVO</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>APRESENTAÇÃO</b>	Não apresentou, somente fez o modelo.	Apresentou os aspectos de como a síntese proteica ocorre.	Apresentou a síntese e mostrou o local na célula que ocorre a síntese proteica.	Integrou a síntese proteica com a resposta da questão problema, explicando porque não ocorre mutação no DNA.
<b>Representação dos elementos moleculares.</b>	Não representou moléculas fundamentais ou representou de forma errada.	Representou as moléculas, esqueceu de alguma ou cometeu algum equívoco.	Representou as moléculas de forma correta, porém não detalhou estruturas importantes.	Presença das moléculas mais importantes envolvidos da Tradução de forma correta e detalhada.
<b>Representação da Síntese proteica.</b>	Não representou a síntese proteica com o mRNA pelo ribossomo.	Representou a síntese proteica e tradução com códons. Não representou os anticódons.	Representou os códons e anticódons porém não representou os sítios A, P e E do Ribossomo.	Representou a tradução com detalhes, incluindo os códons, anticódons e os sítios A, P e E ribossomal.
<b>Arte e Criatividade</b>	Não conseguiu concluir a arte e não realizou de forma organizada.	Concluiu a proposta artística parcialmente.	Concluiu a proposta artística de forma harmoniosa e compreensível.	Elaborou a arte utilizando materiais recicláveis em alguma parte, e com aspectos organizados e intuitivos.

## **5. Discussões**

### **5.1. Guia Didático**

O guia didático (ANEXO 1) é fruto deste estudo sobre práticas educativas que buscam uma formação que contribua para o desenvolvimento de habilidades dos estudantes, tais como pensamento crítico, criatividade, cooperação, comunicação, autonomia, habilidades investigativas (previstas na Base Nacional Comum Curricular, BNCC), possibilitando a capacidade de resolver problemas desafiadores e transformar sua própria realidade (BRASIL, 2017).

Nesse sentido, a ideia de explorar um tema que permeia o cotidiano contemporâneo e a vida social, como a pandemia da COVID-19, foi compatível com a utilização da metodologia Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj). Tal abordagem levou à busca de estratégias de ensino focadas no protagonismo estudantil, reflexão e colaboração entre os estudantes, durante a própria busca de aprendizagens significativas dos conceitos científicos básicos sobre Biologia Molecular e no desenvolvimento de habilidades e competências importantes para o exercício da cidadania e o mundo do trabalho do século XXI.

A escolha do tema vacinas de mRNA para aumentar o interesse do estudo de conceitos básicos sobre Biologia Molecular se justifica pelo contexto pandêmico da COVID-19, que evidenciou a importância da ciência na resolução ou minimização de problemas de saúde pública em escala global, conforme temos observado. O “tema âncora” durante a etapa 1 (Anexo 1), onde apresenta-se uma visão científica sobre pandemias como problema local e mundial, e expõe a importância da ciência durante os desafios relacionados a saúde coletiva e individual.

As fontes de informação escolhidas para exibição do “tema âncora”, poderão ser mudadas pelo professor que estiver utilizando o guia didático devido ao fato de que precisam ser atualizadas, mas é importante frisar que a incorporação de um material textual e/ou vídeo é crucial para contextualizar o problema mundial da pandemia que faz parte de suas realidades podendo afetar seu cotidiano. A intenção é apresentar a eles um quadro do problema real, que servirá para compor o projeto. A combinação de elementos visuais e textuais enriquecerá a compreensão dos alunos, tornando o assunto mais envolvente e acessível.

Durante a primeira etapa, o “tema âncora” e a apresentação da “questão problema”, não só estimulam a motivação e o engajamento dos estudantes, mas também despertam sua imaginação ao tentar resolver o problema, o que implica na formulação de hipóteses e na geração de novas perguntas. Na Etapa 2 do guia didático (Anexo 1), o momento de "tempestade de ideias" é reservado para a elaboração de hipóteses, exposição de ideias e para o planejamento. Essas práticas também fazem parte do cotidiano de pesquisas científicas, portanto, essas ações pedagógicas, vão de encontro a promoção da alfabetização científica.

A importância da ciência para a sociedade é inquestionável e estará intrinsecamente presente ao longo de todo o guia. Essa reflexão, embora pareça intuitiva, tem se mostrado cada vez mais importante, pois, alguns dados têm nos alertado sobre a necessidade de abordar esse aspecto na sociedade. Segundo o estudo sobre a "Percepção Pública da Ciência e Tecnologia do Brasil" realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE, 2019), apenas um em cada três indivíduos consideram os cientistas como os mais confiáveis, ficando atrás da confiança depositada em jornalistas e médicos. Esse dado levanta um questionamento pertinente: se os médicos e jornalistas dependem do trabalho dos cientistas, por que são percebidos como mais confiáveis?

Outro ponto relevante destacado neste estudo é o constante interesse dos brasileiros por temas científicos e tecnológicos, mantendo-se acima de 60% da população entre os anos de 2010 e 2019. Além disso, dados provenientes dessa pesquisa revela que a maioria dos brasileiros considera os benefícios da ciência maiores do que os malefícios (72% das respostas da pesquisa em 2019), e reconhecem a importância da ciência para a economia, indústria, bem-estar e defende que os governantes considerem a opinião deles para tomada de decisões (CGEE, 2019). No entanto, é importante notar que uma parcela significativa da população brasileira ainda mantém certas desconfianças em relação aos potenciais malefícios da ciência, como indicado por 28% das respostas na pesquisa mencionada. Esses dados suscitam reflexões importantes sobre a relação da sociedade brasileira com a ciência e a necessidade de abordar esse tema.

Como exemplos que demonstra a desconfiança de uma parcela da população brasileira sobre a ciência podemos constatar, durante a pandemia da COVID-19,



houve um impacto negativo quanto a confiança na ciência, o que parece ter sido causado por campanhas de desinformações científicas (INCT-CPCT, 2022), veiculadas principalmente pelas redes sociais da *internet*. Essas ocorrências evidenciaram a fragilidade da sociedade em relação à falta de conhecimento científico básico, resultando em uma reação menos crítica diante de notícias falsas, como a alegada ineficácia e falta de segurança das vacinas, sendo facilmente influenciada por lideranças que priorizam à saúde da população (GALHARDI, 2022, KUMAR, 2021).

Índice de alfabetização científica, utilizada na pesquisa do CGEE (2019), para indicar o cenário sobre a relação significativa entre a compreensão científica de uma população e seu nível educacional, apresentou que quanto maior o nível de escolaridade maior será o índice de alfabetização científica. Observa-se que existe muita incompreensão de como a ciência funciona no processo de geração de novas abordagens metodológicas voltadas à saúde das pessoas. Podemos observar esse fato em grande parte da população com descrédito na ciência durante a pandemia da COVID-19, refletida na desconfiança de uma parcela da população sobre as vacinas (SILVA, 2021).

Com isso, observamos o papel da educação em formar cidadãos mais esclarecidos no entendimento da importância da ciência para sociedade. Na educação, a abordagem de ensino de ciências por investigação tem como um dos objetivos trabalhar com os alunos as condições de produção e as implicações sociais das atividades científicas e, com isso, ter uma visão crítica das informações. Ações que trabalham esses aspectos em sala de aula levam os alunos a assumirem um papel mais ativo na sociedade, o que provoca discussões entre os seus pares para as tomadas de decisões importantes para o indivíduo e para a comunidade onde está inserido (TRÓPIA, 2011).

Um fator que fortalece a relação entre a sociedade e a ciência é a alfabetização científica, pois, além de permitir uma compreensão melhor de como o conhecimento científico é produzido, capacita os cidadãos a analisar situações do cotidiano, a compreender problemas e desafios sociais, e a tomada de decisões fundamentadas com base no conhecimento científico. Dentro dessa proposta de ensino por investigação, não preocupamos só em transmitir o conhecimento científico aos alunos, mas mostrar o como se “faz ciência” para que o aluno adquira habilidades e seja

inserido dentro da cultura científica, atuando assim no seu meio social (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015). Uma das propostas de ensino para alfabetização científica é justamente simular aspectos abordados durante a produção científica, que são o conceitual, metodológico e o aspecto social da ciência, bem como a respectiva conexão entre tais aspectos (FRANCO, 2021).

As estratégias do guia foram desenhadas a fim de proporcionar a realização das atividades de forma cooperativa entre os alunos em sala e assim, incentivar o desenvolvimento de habilidades sociais, como comunicação e colaboração, durante suas práticas em grupo (BARELL, 2010).

A atividade investigativa da Etapa 2 (Anexo 1) foi estruturada para os estudantes adquirirem os conceitos básicos de Biologia Molecular necessários para o desenvolvimento do produto final. É muito importante a participação ativa dos estudantes na busca de respostas para solucionar problemas, pois ações pedagógicas como essa, estimula a utilização de habilidades cooperativas, a análise de materiais disponibilizados e comparar com as hipóteses formadas anteriormente pelos próprios estudantes. Essas pequenas ações, comuns também às práticas científicas, possibilita um entendimento maior sobre o conhecimento científico (SASSERON, 2015).

O formato de *webquest* dessa atividade investigativa, são questões a serem respondidas baseadas em fontes encontradas em sites sugeridos, portanto o acesso a dispositivos com acesso à *internet*, é necessário. Apesar de ser relativamente comum a existência de computadores em laboratórios de informática nas escolas, podem existir limitações desse tipo de recurso em algumas escolas públicas, podendo encontrar dificuldades no número de dispositivos ou a limitações de acesso à *internet*. Algumas estratégias criativas podem superar essas dificuldades, por exemplo, o uso de um único dispositivo por grupo, uso dos smartphones dos estudantes, disponibilizar o material impresso pelo professor e utilizar o livro didático para pesquisa de conceitos básicos.

O uso de smartphones com acesso à *internet* tem se popularizado entre os estudantes, tornando-se uma parte essencial da vida social contemporânea. Essa ferramenta oferece acesso quase ilimitado à informação, facilitando a pesquisa e a consulta científica de forma intuitiva (BENDER, 2014). Apesar da grande maioria dos

brasileiros possuem acesso à *internet* pelo celular, em pesquisa da CGEE (2019), cerca de 60% responderam nunca ou raramente usam a *internet* para ler sobre ciência.

Assim, a realização de atividades investigativas no formato de *webquest* tem como objetivo estimular os estudantes a explorarem a *internet* em busca de informações científicas em fontes confiáveis. Essas atividades fornecem exemplos de sites comprometidos com a ciência e a saúde, incentivando práticas de pesquisa responsável e crítica.

O desafio de resolver um problema, provoca os alunos a planejar, investigar e aplicar os novos conhecimentos adquiridos. Aliado a complexidade de um problema, o trabalho em equipe se torna uma necessidade, pois o desafio exige um produto inédito. Portanto, o trabalho em grupo durante o desenvolvimento do projeto estimula o desenvolvimento de habilidades exigidas nas carreiras profissionais e desafios do século XXI (BENDER, 2014).

Assim, ao longo das atividades investigativas e desenvolvimento do produto final, a expectativa é que os estudantes atinjam aprendizagens significativas sobre os conceitos fundamentais da Biologia Molecular. Além disso, desejamos contribuir para alfabetização científica, ao estimular as habilidades de cooperação, criatividade, pensamento crítico e a capacidade de aplicar aquilo que foi aprendido na solução de um problema. Espera-se, igualmente, que a motivação seja despertada ao longo das etapas da ABPJ, destacando-se especialmente pela introdução da questão motriz, a situação-problema, centrada na vacina de mRNA no combate à doença COVID-19 em contexto real de pandemia, somada ao momento culminante da apresentação do produto final.

De acordo com a Teoria da Autodeterminação, as motivações extrínseca e intrínseca são sustentadas pelas três necessidades psicológicas básicas: competência (fornecer confiança nas ações dos alunos, promovendo um senso de competência), autonomia (reduzir a sensação de coerção e maximizar a percepção de capacidade de fazer escolhas e progredir no próprio ritmo) e relacionamento (sentir-se conectado com outros e pertencente a um grupo) (NICOLAS; RAMOS, 2022). Nesse sentido, a intenção desse trabalho é atingir a motivação intrínseca, alcançada ao estimular a sensação de competência, autonomia e relacionamento interpessoais de forma progressiva durante a execução das etapas do guia didático

pelos estudantes e conseqüentemente manter o interesse e satisfação pessoal na realização das atividades.

Uma das dificuldades destacadas pela pesquisadora Negro-Dellacqua (2020), que implementou o método ABPj durante aulas da disciplina de Biologia Celular e Molecular no ensino superior, foi a aceitação por parte dos alunos durante a execução desse método. Uma hipótese para explicar a resistência dos discentes está relacionada à quebra de paradigmas nos papéis desempenhados por professores e alunos durante o processo de aprendizagem. Mais uma vez, enfatiza-se a importância do papel do professor na manutenção da motivação dos alunos para resolver a questão-problema e concluir o projeto com sucesso, além de uma boa seleção de conteúdos e contextualização durante o tema âncora e a questão problema.

## **5.2. Aplicabilidade e recursos.**

As ofertas do currículo do Novo Ensino Médio, alinhados a BNCC (2017), começou a ser implementada nas escolas públicas e privadas de todo Brasil desde 2022 após a publicação das ações e cronograma nacional pelo Ministério da Educação (MEC, 2022).

Uma vez que o Guia Didático trabalha as competências e habilidades almeçadas pelo documento da BNCC (2017), ele poderá ser aplicado em aulas ministradas durante o componente curricular de Biologia, que faz parte da Formação Geral Básica (FGB), e poderá ser aplicado também em ofertas do Itinerário formativo (IF), ambas atendendo a Área do conhecimento de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Assumimos que a aplicação do Guia Didático representa uma ferramenta útil durante as ofertas que tenha em sua organização o eixo estruturante de “Investigação Científica” e “Processos Criativos” do IF.

Portanto o Guia se mostra viável, uma vez que a estrutura do Novo Ensino Médio disponibiliza tempo através de ofertas que seguíram as necessidades locais de cada Unidade Educacional. Além disso, o Guia se mostra em consonância com as exigências e expectativas curriculares para o Ensino Médio, segundo a BNCC, ao propor caminhos que enfrentam desafios para educação, como trabalhar as competências para o Século XXI e da iniciação científica para educação científica.

Portanto, o Guia promove educação de qualidade que se preocupa com a formação integral dos estudantes (BRASIL, 2017).

Dentre os conceitos de conteúdos de Biologia que poderão ser trabalhados durante o desenvolvimento do projeto, e que estão em consonância com a BNCC, são:

- Vírus: Estrutura molecular, material genético e mecanismo de infecção.
- Biologia molecular: Tradução, função do RNA mensageiro, papel dos ribossomos e RNA transportador e processos que integram todos os elementos.
- Imunologia: Conceitos sobre antígeno e sua interação com os anticorpos.
- Citologia: Funções e estruturas celulares, como membrana plasmática, núcleo, carioteca, citosol.

A maior parte das atividades propostas são desenvolvidas em sala de aula, portanto a estrutura da escola será um fator que influenciará nas ferramentas e estratégias escolhidas. A utilização de tecnologias em sala de aula é vista por alguns autores como sendo uma ferramenta muito importante se não essencial, na utilização de ABPj como abordagem de ensino em trabalhar as habilidades importantes do século XXI (BENDER, 2014).

Como materiais para a aplicação do Guia Didático, poderão ser utilizados imagens projetadas em Datashow por meio de slides para explicar aos alunos sobre a dinâmica da ABPj. Os alunos poderão utilizar o laboratório de informática na realização de suas pesquisas. Dispositivos pessoais, como celulares, tablets ou notebooks poderão ser usados pelos alunos durante suas pesquisas em sala de aula ou em suas casas.

### **5.3. Perspectivas futuras**

A conclusão do presente estudo foi finalizada com a elaboração do guia didático como produto de conclusão de mestrado, exigido pelo programa de Mestrado Profissional de Ensino de Mestrado (ProfBio). Não foi possível aplicar, avaliar e conseqüentemente não foi possível demonstrar a eficiência desse guia didático proposto, por motivos temporais e pela complexidade do presente estudo.

O próximo passo de pesquisa será avaliar o guia utilizando métodos para coleta e análise dos dados por meio de métodos de pesquisa quali-quantitativo.

Pretendemos aplicar questionários após execução do guia didático para observar as percepções dos sujeitos envolvidos, sobre a experiência em participar do guia no contexto de lugar e tempo únicos, sobre o processo e não somente o produto final (GODOY, 1995).

A intenção de uma avaliação do guia, é analisar a eficácia do método de ensino em relação à aprendizagem. A expectativa é que o método ABPj contenha as ferramentas necessárias para estimular a motivação intrínseca, uma vez que esta é considerada a mais impactante na promoção da aprendizagem. Para avaliar a motivação intrínseca dos alunos, pretendemos usar indicadores, como interesse, envolvimento, esforço e satisfação, na formulação das questões do questionário. Além da motivação, a aprendizagem poderá ser avaliada de duas maneiras: diretamente, por meio da análise do desempenho dos estudantes em provas de conteúdo, e indiretamente, por meio da avaliação da percepção dos estudantes sobre sua própria aprendizagem (MOURA et al, 2022).

As respostas dos alunos poderão ser submetidas a análise de conteúdo, seguindo a metodologia de Bardin (2016), onde os dados serão categorizados de forma sistemática e objetiva. Algumas categorias serão pré-definidas, como as metas de motivação, enquanto outras, serão definidas após a leitura dos dados. Outros dados ainda poderão ser coletados através de relatos dos alunos participantes ao responder o questionário para verificar a motivação em desenvolver a atividade proposta.

Apesar da necessidade de avaliação deste guia, nos permitimos ter boa expectativa com base nos estudos quanto a eficácia na utilização do método ABPj. Estudos tem evidenciado que a utilização da ABPj durante as aulas de ciências, estudos sociais, matemática e alfabetização, pode promover o aprendizado dos estudantes e ser mais eficaz do que os métodos de aula expositiva (tradicionalmente utilizada pelos professores). É o que mostra um estudo realizado por Kingston (2018), que realizou um estudo que analisou 20 revisões literárias, abrangendo mais de 30 anos (entre 1984 e 2017), evidenciando ganhos significativos no aprendizado, principalmente na área de ciências, com indícios de estudantes que tiveram notas mais altas em testes de avaliação nacional.

## 6. Referências

ANJOS, L. R. B. et al. Popularização da Ciência: Desmistificando o Dogma Central da Biologia Molecular. **Journal of Biochemistry Education**, v. 16, ed. 2, 2018.

BARDIN, L. **L'Analyse de Contenu**. [Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro]. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Editora 70. 2016.

BARELL, John. Problem-Based Learning: The Foundation for 21st Century Skills. In: BELLANCA, James; BRANDT, Ron. **21st Century Skills: Rethinking How Students Learn**. [S. l.: s. n.], 2010.

BENDER, William N. **Aprendizagem Baseada em Projetos: Educação Diferenciada para o Século XXI**. primeira. ed. Porto Alegre: Penso, 2014. 160 p.

BELL, S. Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. **Clearing house**, Menasha, Wis, v. 83, n. 2, p. 39–43, 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações (MCTI). **Percepção pública da C&T no Brasil – 2019 – Resumo executivo**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília, DF: MEC, 2017.

BRIGIDO, M.M. As dificuldades em se definir a materialidade do gene em uma ciência em transformação. **Genética na Escola** v.16 (2): 170 - 183. 2021.

BIE (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION). **Gold Standard PBL: The Essential Project Design Elements**, 2022. Acesso em: Disponível em: <https://my.pblworks.org/>.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. Ed. Cengage Learning, 2014.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. 18(3), 765–94, 2018.

CGEE (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS). Relatório dos resultados da enquete sobre percepção pública da C&T no Brasil. **Percepção Pública da Ciência e Tecnologia no Brasil: 2018-2019**, Brasília, 2019.

COOPER, S. et al. Predicting protein structures with a multiplayer online game. **Nature**, v. 466, p. 756-760, 5 ago. 2010.

COSTA, LEONI VENTURA; VENTURI, TIAGO. Metodologias Ativas no Ensino de Ciências e Biologia: compreendendo as produções da última década. **Revista Insignare Scientia**, v. 04, n. 06, p. 417-436, 22 set. 2021.

DODGE, BERNIE. WebQuests: A Technique for Internet Based Learning. **The Distance Educator**, v. 1, n. 2, p. 10-13, 1995.

DUAN, LIANGWEI et al. The SARS-CoV-2 Spike Glycoprotein Biosynthesis, Structure, Function, and Antigenicity: Implications for the Design of Spike-Based Vaccine Immunogens. **Frontiers in Immunology**, v. 11, 7 out. 2020.

DUNCAN, R. G.; TSENG, K. A. Designing project-based instruction to foster generative and mechanistic understandings in genetics: Fostering Generative Understandings in Genetics. **Science Education**, v. 95, n. 1, p. 21–56, 2011.

FRANCO, L. G. Princípios orientadores para uma perspectiva investigativa em aulas de biologia. **Ensino de Biologia por Investigação: Proposta para Inovar Ciência na Escola**. Ed. Na Raíz. São Paulo, 2021.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17a ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

FREITAS, Xaiane Martins Silva; MACIEL-CABRAL, Hiléia Monteiro; SILVA, Cirlande Cabral da. O ENSINO DO DOGMA CENTRAL DA BIOLOGIA MOLECULAR: DIFICULDADES E DESAFIOS. **EDUCA – Revista Multidisciplinar em Educação**, v. 7, p. 452-468, 2020.

GALHARDI, C. P. et al. Fake news e hesitação vacinal no contexto da pandemia da COVID-19 no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 27, n. 5, p. 1849-1858, maio 2022.



GODOY, A.S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de administração de empresas**, v. 35, no. 2. 1995.

HELLE, LAURA et al. Project-based learning in post-secondary education - theory, practice and rubber sling shot. **Higher Education**, [s. l.], v. 51, ed. 2, p. 287-314, mar. 2006.

HOLM, M. Review of the Literature on Effectiveness in Prekindergarten through 12th Grade Classrooms. **River Academic Jornal**, v. 7, n. 2, 2011.

INCT-CPCT (INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM COMUNICAÇÃO PÚBLICA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA). Confiança na Ciência no Brasil em Tempos de Pandemia. **Casa de Oswaldo Cruz (COC/Fiocruz)**. 2022.

JUSTINA, Lourdes Aparecida Della; FERLA, Marcio Ricardo. A UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE GENÉTICA: EXEMPLO DE REPRESENTAÇÃO DE COMPACTAÇÃO DO DNA EUCARIOTO. **Arq Mundi.**, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

KINGSTON, S. Project Based Learning & Student Achievement: What Does the Research Tell Us? **PBL Evidence Matters**, p. 1–11, 2018.

KUMAR, A. at al. Status Report on COVID-19 Vaccines Development. **Current Infectious Disease Reports**, [S.L.], v. 23, n. 6, 14 abr. 2021.

KWIETNIEWSKI, Katelyn et al. **Literature Review of Project Based Learning**. 2017. Tese (Doutorado Career & Technical Education Theses) - State University of New York College at Buffalo - Buffalo State College, [S. l.], 2017.

PINO TORRENS, R. E.; URÍAS ARBOLAEZ, G. DE LA C. Guías didácticas en el proceso enseñanza-aprendizaje: ¿Nueva estrategia? **Revista Scientific**, v. 5, n. 18, p. 371–392, 2020.

MEC, (Ministerio da Educação). **Novo Ensino Médio começa a ser implementado gradualmente a partir de 2022**. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/educacao-e-pesquisa/2021/07/novo-ensino-medio-comeca-a-ser-implementado-gradualmente-a-partir-de-2022>>. Acesso em: 4 nov. 2023.

MELO, J. R. DE; CARMO, E. M. Investigações sobre o ensino de Genética e Biologia Molecular no Ensino Médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 15, n. 3, p. 592–611, 2009.

MONTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Revista Ensaio. Belo Horizonte**, v.17 n.espe, p. 115-137, nov. 2015.

MORAN, José. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. BACICH, Lilian (Orgs.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2018.

MOURA, H. F. N. et al. Uma estratégia para avaliação da percepção de docentes e discentes acerca dos métodos de ensino. **Revista Brasileira de Educação edica**, v. 46, n. 2, 2022

DEWEY, J. **My Pedagogic Creed**. Harvard University: E.L. Kellogg & Company, 1897.

NEA (NATIONAL EDUCATION ASSOCIATION). Preparing 21st Century Students for a Global Society: An Educator's Guide to the "Four Cs". **Washington, DC, USA: National Association for the Education of Young Children**, 2012.

NICOLAS, A. M. B.; RAMOS, P. R. Teaching Dilemmas and Student Motivation in Project-based Learning in Secondary Education. **The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning**, v. 16, n. 1, 2022.

NOBRE, R.; GUERRA, L. D.; CARNUT, L.; Hesitação e recusa vacinal em países com sistemas universais de saúde: uma revisão integrativa sobre seus efeitos. **Saúde Debate**. Rio de Janeiro. V. 46, n. esp., p. 303-321, mar. 2022.

NUNES, F. M. F. Genes, genomas, RNAs não codificadores e a complexidade biológica. **Genética na Escola**, v. 6, n. 1, p. 53–56, 2011.

PIAGET, J. **Psicologia e epistemologia: por uma teoria do conhecimento**. Rio de Janeiro: Forense, 1973.

QUEIROZ, C. O. et al. Investigando a Vacinação e o Retorno do Sarampo: Uma proposta para a Educação em Saúde em Tempos de Pós-Verdades. **Ensino de Biologia por Investigação: Proposta para Inovar Ciência na Escola**. Ed: Na Raiz. São Paulo, 2021.

QUINTANILHA, T. M.; BECKER, R. O. VACINAS DE mRNA: UMA NOVA ERA NA PRODUÇÃO DE IMUNIZANTES. **Perspectiva: Ciência e Saúde**, v. 8, n. 1, p. 4–21, 2023.

RAMOS-RAMOS, P.; BOTELLA NICOLÁS, A. M. Teaching dilemmas and student motivation in project-based learning in secondary education. **Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning**, v. 16, n. 1, 2022.

REDE NACIONAL DE DADOS DE SAÚDE RNDS. **Vacinômetro COVID-19**. Disponível em <  
[https://infoms.saude.gov.br/extensions/DEMAS\\_C19\\_Vacina\\_v2/DEMAS\\_C19\\_Vacina\\_v2.html#>](https://infoms.saude.gov.br/extensions/DEMAS_C19_Vacina_v2/DEMAS_C19_Vacina_v2.html#>) Acesso em: 23 de setembro de 2022.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações Entre Ciências da Natureza e Escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 49–67, 2015.

SATO, A. P. S. et al. Vacinação do sarampo no Brasil: onde estivemos e para onde vamos? **Ciencia & saude coletiva**, v. 28, n. 2, p. 351–362, 2023.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25–41, 2018.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. E. **A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades**. Em: CENGAGE LEARNING (Ed.). Ensino de Ciências por Investigação: Condições para implementação em sala de aula. p. 129–152, 2013.

SILVA, M. B. Prefácio. **Ensinando Biologia por Investigação: Proposta para Inovar Ciência na Escola**. Ed. Na Raíz. São Paulo, 2021.

STEVANIM, L. F. E agora, Zé? **Radis**, N. 196, janeiro de 2019.

THOMAS, S. J. et. Al. Safety and Efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 Vaccine through 6 Months. **The New England Journal of Medicine**, n. 385, 2021.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 97–114, nov. 2015.

TRÓPIA, G. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Revista Ensaio**. Minas Gerais, vol. 13, p. 121-137 abril, 2011.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid. **Nature**, v. 171, n. 4356, p. 737–738, 1953.

Xu, Z., Ellis, L., & Umphrey, L. R. The Easier the Better? Comparing the Readability and **Engagement of Online Pro-and Anti-Vaccination Articles**. Health Education & Behavior, Northern Arizona. USA. 2019.

ZENORINI, R. d. P. C.; DOS SANTOS, A. A. A. Escala de metas de realização como medida da motivação para aprendizagem [Achievement goals scale as a measure of motivation for learning]. **Revista Interamericana de Psicologia**, 44(2), 291–298, 2010.

## ANEXO 1

Guia Didático  
Explorando Vacinas de mRNA do Ensino Médio.



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**  
Instituto de Ciências Biológicas  
Programa de Mestrado Profissional em Ensino de  
Biologia - **ProfBio**

# EXPLORANDO VACINAS DE mRNA NO ENSINO MÉDIO

**Guia Didático Utilizando  
o Método Aprendizagem Baseada em Projetos  
no Estudo de Biologia Molecular**

**Autores:**

Samuel Souza Brasileiro  
Ildinete Silva Pereira  
José Eduardo Baroneza

**Brasília - DF  
2024**

# SUMÁRIO

<b>Apresentação.....</b>	<b>4</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>5</b>
<b>Aprendizagem Baseada em Projetos.....</b>	<b>6</b>
Aspectos essenciais da ABPj.....	7
<b>Protagonismo Estudantil .....</b>	<b>9</b>
<b>Tempo.....</b>	<b>10</b>
<b>Etapas e ações estratégicas.....</b>	<b>11</b>
<b>Etapa 1.....</b>	<b>12</b>
Tema âncora.....	13
Questão motriz.....	14
Orientações produto final.....	15
<b>Etapa 2.....</b>	<b>16</b>
Tempestade de ideias.....	17
Atividade Investigativa.....	18
<b>Etapa 3.....</b>	<b>19</b>
Atividade Investigativa. Síntese proteica.....	19
<b>Etapa 4.....</b>	<b>20</b>
Apresentação e avaliação.....	20
<b>Sugestões de leitura.....</b>	<b>22</b>
<b>Considerações finais.....</b>	<b>23</b>
<b>Referências.....</b>	<b>24</b>

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





# EXPLORANDO VACINAS DE MRNA *NO ENSINO MÉDIO*

**Guia Didático utilizando o método de ensino  
“Aprendizagem Baseada em Projetos”**

## *APRESENTAÇÃO*

Caros professores e profissionais da educação, este guia didático foi desenvolvido para enriquecer as estratégias de aula em Biologia Molecular, com ênfase na síntese proteica durante a tradução do mRNA. Apresentamos uma abordagem de aprendizagem ativa utilizando a Aprendizagem Baseada em Projeto (ABPj), que promove a participação ativa dos estudantes em sua própria jornada de aprendizado.

Por meio das atividades presentes neste guia, os estudantes terão a chance de desenvolver habilidades importantes para sua formação, alinhadas com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O tema problematizador será a vacina de mRNA contra a Covid-19, afim de proporcionar aos estudantes uma compreensão dos conceitos fundamentais em Biologia Molecular e biotecnologia, enquanto estimula o exercício do pensamento crítico.

Essa proposta não apenas se alinha aos objetivos curriculares, mas também oferece uma experiência reflexiva que transcende a sala de aula, preparando os estudantes para sua participação ativa na sociedade como cidadãos conscientes.

## INTRODUÇÃO

Como estratégias para o enfrentamento das dificuldades inerentes ao conteúdo de Biologia Molecular, a utilização de estratégias alternativas educacionais tem mostrado como aliados essenciais em sala de aula.

Dentre a variedade existentes de metodologias ativas de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) vem sendo largamente utilizados em escolas e instituições de ensino e ajudado os docentes e profissionais de educação em oportunizar aos estudantes o desenvolvimento de habilidades e competências durante o engajamento dos estudantes em resolver um problema real ou uma questão complexa por meio de um projeto que tenha como resultado um produto final, o qual será apresentado para o público.

Espera-se com esse método, os alunos desenvolvam o pensamento crítico, criatividade, habilidades cooperativas e de comunicação, além de aprendizagens significativa do conteúdo (BIE, 2022).

Elaborado para auxiliar os educadores, este guia incorpora os princípios do Método ABPj, conforme proposto por Bender (2014), e delinea sequências de atividades cuidadosamente planejadas para motivar os estudantes, fomentar a investigação e explorar conceitos científicos relacionados a Biologia Molecular, por meio da abordagem do tema atual, das vacinas de RNA mensageiro (mRNA) contra a Covid-19, oferecendo um contexto enriquecedor para o aprendizado.

O docente tem a flexibilidade de empregar o guia integralmente ou partes específicas, adaptando-o às necessidades de seus alunos, considerando variáveis como o contexto sociocultural, faixa etária e nível de escolarização. Em resumo, este guia pode servir de inspiração para o planejamento de aulas que transcendem os métodos tradicionais de ensino.

### **Aspectos da Aprendizagem Baseada em Projetos**

Neste guia, utilizamos o método Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj), como um kit de ferramentas para os alunos aprenderem de forma ativa. Eles mergulham em problemas reais e significativos, criam projetos autênticos ao buscar uma solução, tudo com orientações do educador (BIE, 2022; BENDER, 2014; HELLE et.al, 2006). As estratégias sugeridas neste guia, são selecionadas para abranger os aspectos essenciais dessa abordagem, os quais podemos citar:



# APRENDISAGEM BASEADA EM PROJETOS *E SEUS ASPECTOS ESSENCIAIS*





# APRENDISAGEM BASEADA E SEUS ASPECTOS ESSENCIAIS EM PROJETOS

## QUESTÃO PROBLEMA

O projeto é direcionado para o desafio de solucionar um problema ou responder a uma questão de real significância de seu contexto local ou mundial.

O projeto é direcionado para o desafio de solucionar um problema ou responder a uma questão de real significância de seu contexto local ou mundial.



## VOZ ESCOLHA

## INVESTIGAÇÃO


Atividades que contribuam para o aprendizado e aprofundamento de conceitos, estimulem o engajamento na busca aplicação dos novos conhecimentos.

Formação de grupos para elaboração do projeto estimula habilidades como cooperação e comunicação.

## COLABORAÇÃO

## REFLEXÃO

Rotina de acompanhamento e feedback durante as pesquisas e atividades; verificar a eficiência e aprendizagens, além de avaliar a qualidade do projeto.



Resultados em forma de um produto e a publicação deste para o público inserido no mesmo contexto.

## PRODUTO FINAL

# PROTAGONISMO ESTUDANTIL

*PAPEIS EXERCIDOS PELOS  
ATORES ENVOLVIDOS*

## PROFESSOR

*FACILITAR*

o professor perderá a posição central e de detentor do conhecimento. Substituindo as carteiras enfileiradas voltadas para o professor por uma disposição em pequenos círculos entre os grupos.

## ESTUDANTE

*ATIVO*

estudante adquire a aprendizagem significativa de forma ativa, durante a investigação, criatividade em prática e exposição de hipóteses.

*O guia não é rígido, permitindo ao professor sua adaptação conforme preferência.*

# TEMPO

## GESTÃO DO RITMO

Para os professores, é importante considerar o tempo disponível para colocar o guia em prática. Sugerimos reservar pelo menos **seis aulas de 50 minutos** para isso, e também algum tempo fora da sala de aula para os alunos trabalharem no produto final.

Esse tempo se justifica não só pelos elementos conteudistas, mas também pela gama de **habilidades** trabalhadas.

O **planejamento** realizada pelos estudantes é uma estratégia eficiente para gerir o tempo do projeto. Outra ferramenta, é manter uma rotina de **anotações** no caderno, como um diário individual, nele os estudantes podem refletir sobre seus progressos, dúvidas e necessidades para executar o projeto de forma eficiente.

O projeto está dividido em etapas, e todas as ações serão realizadas pelos alunos. Aqui, o professor terá o papel de mediar o ritmo do progresso decidindo quando avançar ou explorar determinada etapa com mais profundidade.

Embora a maioria das atividades aconteça em sala de aula, uma parte será executada fora do ambiente escolar, especialmente durante a elaboração do produto final. Isso exigirá um tempo variável para cada grupo, a depender de vários fatores, dentre eles, a escolhas do formato e dos elementos artísticos.

# ETAPAS

## AÇÕES ESTRATÉGICAS

<b>Etapas</b>	<b>Tempo</b>	<b>Ações</b>	<b>Desenvolvimento</b>
<b>1</b>	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Formação dos grupos.</li><li>• Tema âncora.</li><li>• Questão motriz.</li><li>• Orientações</li></ul>	Contextualização do problema, apresentação da situação problema e do projeto. Orientações para o desenvolvimento.
<b>2</b>	2 aulas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Brainstorming</li><li>• Planejamento</li><li>• Atividade Investigativa</li></ul>	Geração de hipóteses. Definição das estratégias e etapas. Webquest como atividade investigativa para aquisição de conceitos básicos.
<b>3</b>	2 aulas + tempo extraclasse	<ul style="list-style-type: none"><li>• Síntese proteica e conclusão.</li><li>• Elaboração do produto final.</li></ul>	Atividade investigativa com fator desafiador. Modelo de Tradução da Biologia molecular.
<b>4</b>	Horário complementar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Avaliação e Apresentação</li></ul>	Avaliação por rubricas. Apresentação culminante em evento escolar ou exposição itinerante.

Quadro 1: Estratégias em etapas das ações propostas no guia didático. Fonte: O AUTOR (2024).



# ETAPA 1 - TEMA ÂNCORA *COMO MOTIVAR OS ESTUDANTES?*

Para ser motivador, o projeto precisa ser autêntico e envolvente, proporcionando aos estudantes a oportunidade de buscar soluções para questões ou problemas reais. Nesse contexto, o tema âncora será a pandemia e a importância das vacinas, um assunto diretamente relacionado às suas vidas, especialmente após a experiência recente da pandemia de COVID-19.

Para este momento, a escolha de vídeos e/ou textos como forma de apresentar o contexto geral do projeto tem se mostrado bastante eficaz, pois esses recursos são capazes de proporcionar o engajamento dos alunos de forma significativa e facilitar a compreensão do tema em discussão. Para este guia, sugerimos tanto o vídeo como texto para atingir esses objetivos.

*O professor possui liberdade na escolha do conteúdo, desde que se atente à confiabilidade das fontes e utilize uma linguagem adequada conforme a faixa etária e o nível escolar dos alunos.*

# CENÁRIO DE MUNDO REAL



Figura 1: Imagem de divulgação do vídeo "Pandemia | Nerdologia, 2016. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=r9r\\_VwoZvho](https://www.youtube.com/watch?v=r9r_VwoZvho). Acesso em 12/12/2023.

**Vídeo:** destaca o risco de pandemias e a importância das vacinas no combate a esse problema.

- Disponível na plataforma YouTube, tem como título "Pandemia | Nerdologia.", terá a duração de 7 minutos e poderá ser acessado no link [https://www.youtube.com/watch?v=r9r\\_VwoZvho](https://www.youtube.com/watch?v=r9r_VwoZvho)

Além do vídeo, recomendamos também os **textos** encontrados em sites de instituições reconhecidas.

- Texto no site da **ONU** - Brasil: "Especialistas Alertam para Era das Pandemias e Recomendam mais prevenção em vez de Reação". Link: <https://brasil.un.org/pt-br/>. Acesso em 12/12/2023.
- Texto no site do **Butantan**: "O mundo antes e depois das vacinas: a história comprova que o caminho para a erradicação de doenças é a imunização". Link: <https://butantan.gov.br/noticias/>.

# ETAPA 1 - QUESTÃO MOTRIZ

**A questão motriz é a situação problema que irá guiar o desenvolvimento do projeto pelos estudantes. É envolvente e estimula a criatividade e o engajamento.**

**Situação:** Um estudante da presente escola (Ensino Médio) relatou que foi impedida pela sua mãe de receber a vacina de RNAm bivalente. Questionado sobre o motivo, o estudante relatou que sua mãe havia recebido uma série de mensagens e vídeos alarmantes em um grupo de rede social, alegando que a vacina de RNAm poderia acarretar em modificações genéticas (mutação do DNA) e conseqüentemente, acarretar em doenças e até mesmo transformar as pessoas em uma nova espécie.

**Problema:** Considere-se parte de um grupo de quatro a seis cientistas convidados por uma escola para realizar uma palestra esclarecedora para os pais sobre a vacinação contra a COVID-19. Diante desse desafio, vocês se reúnem para discutir uma estratégia didática que aborde os conceitos de DNA, RNA e proteína, centrada em um modelo de funcionamento da vacina de RNAm (síntese proteica), a única vacina que pode ser ministrada em crianças e adolescentes. Nesse contexto, buscase incorporar elementos artísticos e criativos na confecção do modelo.

E agora, como proceder diante desse desafio?

# ETAPA 1 - ORIENTAÇÕES

## *PRODUTO FINAL*

O professor deve explicar as etapas do projeto, estabelecer o cronograma e orientar sobre as diferentes formas de produzir o produto final:

- Formação de grupos de quatro a seis pessoas. O professor poderá compor os grupos de acordo com as aptidões dos estudantes;
- Elaboração de um modelo da síntese da proteína viral Spike na célula humana, evidenciando a fita de mRNA utilizada pela vacina;
- O modelo pode ser físico ou digital, interativo ou estático. É importante que o grupo tenha liberdade para escolher o formato do modelo;
- Incentive aos estudantes escolherem materiais de baixo custo e de preferência que utilize materiais reciclados.

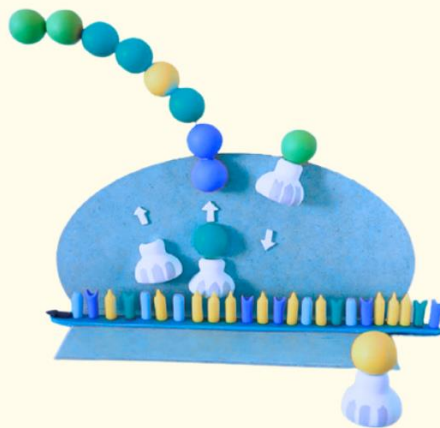


Figura 2: Exemplo de modelo da síntese proteica feito de porcelana fria. Ateliê Glauce Goncalves, 2023. Disponível em <https://www.elo7.com.br/>. Acesso em 01/02/2024.

# ETAPA 2 - TEMPESTADE DE IDEIAS

## (*BRAINSTORMING*)

A “tempestade de ideias” (brainstorming), é uma estratégia educacional onde os participantes anotam suas ideias, colaborando e participando ativamente. Essa ação ajuda na elaboração de **hipóteses** e estratégias para o desenvolvimento do projeto.

É importante encorajar a participação de todos os membros do grupo. A orientação do professor permitirá um momento mais proveitoso ao:

- Destacar a importância do respeito mútuo para assegurar a escuta e considerações das ideias de todos os integrantes do grupo.
- Escolher um integrante para mediar a dinâmica e ordem de fala, e outro para registrar as ideias do grupo.
- Facilitar um momento de síntese: Comparar, eliminar e combinar as ideias.

### **Perguntas para os grupos formular suas hipóteses e organizar suas ideias :**

1. Como a vacina de mRNA contra a COVID-19 atua no nível molecular assim que é absorvida pelas células?
2. Que ideias vocês têm para criar um modelo científico artístico em grupo? Como podemos integrar a ciência e a arte de forma eficaz?

*Note que as respostas não precisam ser corretas e definitivas, são ideias iniciais e hipóteses.*

# ETAPA 2 - ATIVIDADE INVESTIGATIVA *WEBQUEST*

**Atividade de Webquest para promover aprendizagem ativa dos alunos, incentivando pesquisa na internet em sites confiáveis, para obter informações conceituais básicas necessárias na elaboração do produto final (DODGE, 1995).**

## **Sugestões de Fontes**

**Vídeos:** Amoeba Sisters explica conceitos de biologia molecular com linguagem fácil e com muita ilustração.

- **DNA x RNA:** <https://www.youtube.com/watch?v=lotPrxGzJnc> (Acesso em: 14/12/2023).
- **Síntese proteica:** [https://www.youtube.com/watch?v=\\_JHoFUX3jRO](https://www.youtube.com/watch?v=_JHoFUX3jRO) (Acesso em:14/12/2023).

## **Textos de conteúdos conceituais básicos sobre biologia molecular:**

- **Khan Academy** - conteúdos digital sobre biologia com ilustrações: <https://pt.khanacademy.org/science/biologia-ensino-medio/x008af9690f00e6cd:genetica-molecular> (Acesso em 10/12/2023).

- **Conteúdos sobre a vacina de mRNA contra COVID-19.**

Site do ministério da Saúde: Vacinas de RNA são seguras! Explica o que é e a segurança da vacina de mRNA. <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-com-ciencia/noticias/2023/outubro/vacinas-de-rna-sao-seguras>.

Site da UFSM: As vacinas de RNA contra Covid-19 podem alterar o DNA? Explica o funcionamento da vacina de mRNA e desinformação. <https://www.ufsm.br/midias/arco/vacinas-rna-contracovid-19>.

Site da Sociedade Brasileira de Imunização. COVID-19. Tem como objetivo sanar dúvidas sobre a covid-19 e formas de prevenção da doença <https://sbim.org.br/covid-19>.

# QUESTÕES WEBQUEST

## *BUSCA E APLICAÇÃO DO NOVO CONHECIMENTO*

Os estudantes devem ser incentivados a utilizar os sites sugeridos no guia ou aqueles indicados pelo professor, para responder às questões listadas a seguir. Essas fontes são confiáveis e permitem que os alunos tenham acesso a informações de instituições comprometidas com a ciência.

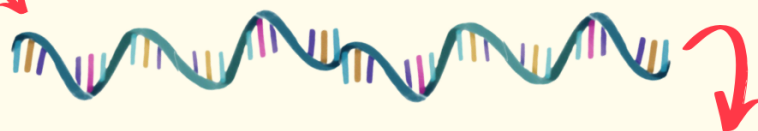
1. Qual é o papel do DNA e do mRNA na síntese proteica?
2. Quais são os componentes moleculares e estruturais do mRNA e seu papel na síntese proteica?
3. Explique o que é transcrição e tradução no contexto da Biologia Molecular.
4. Descreva a função de cada um dos componentes moleculares durante a tradução a seguir:
  - RNA mensageiro
  - RNA transportador
  - Ribossomos
  - Aminoácidos
5. O que é um códon, e em qual molécula ela se encontra?
6. O que é o anticódon e qual molécula ela se encontra?
7. Quais são as diferenças entre o vírus Sars-Cov-2 e a vacina de mRNA?
8. Qual proteína viral será formada pela informação da sequência do mRNA usado na vacina?
9. O grupo deverá realizar a **SÍNTESE PROTEICA** a partir um fragmento da fita de mRNA disponibilizada (Figura 3) do tamanho de 30 bases (nucleotídeos). A sequência refere-se a uma região do mRNA usado na vacina. 1. Utilize o a tabela do código genético ilustrado na tabela de códons (figura 4) para identificar os aminoácidos correspondentes para cada códon.
10. Baseados nas fontes fornecidas, os grupos deverão concluir se a vacina de mRNA pode alterar o DNA humano.

# ETAPA 3 - ATIVIDADE INVESTIGATIVA

## SÍNTESE PROTEICA



Figura 3: Ilustração adaptada. Pinho, A. 2021. Disponível em: <https://www.ufsm.br/midias/arco/vacinas-rna-contra-covid-19>. Acesso em 01/02/2024.



5'...UUA.UUU.AUG.GUA.UCA.UGG.CUA.ACG.AUU.AAC.GAU.GUU.GAA.GCA.ACC.GUA.GUU.UGA.UGA...AAAAAAAA--3'

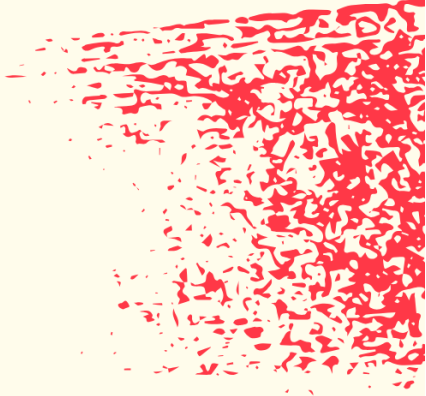
QUAL SERÁ A SEQUENCIA PEPTÍDICA RESULTANTE?

Figura 4: Tabela de Códonos do mRNA organizadas como primeira, segunda e terceira base na direção 5' à 3'. Reece et al., 2015.

		Segunda base do RNAm					
		U	C	A	G		
U	UUU	Phe	UCU	UAU	Tir	UGU	Cys
	UUC		UCC	UAC		UGC	
	UUA	Leu	UCA	UAA	Códon de término	UGA	Códon de término
	UUG		UCG	UAG	Códon de término	UGG	Trp
C	CUU		CCU	CAU	His	CGU	
	CUC	Leu	CCC	CAC		CGC	
	CUA		CCA	CAA	Gln	CGA	Arg
	CUG		CCG	CAG		CGG	
A	AUU		ACU	AAU	Asn	AGU	Ser
	AUC	Ile	ACC	AAC		AGC	
	AUA		ACA	AAA	Lis	AGA	Arg
	AUG	Met ou codon de início	ACG	AAG		AGG	
G	GUU		GCU	GAU	Asp	GGU	
	GUC	Val	GCC	GAC		GGC	Gly
	GUA		GCA	GAA	Glu	GGA	
	GUG		GCG	GAG		GGG	



# ETAPA 4 - APRESENTAÇÃO E AVALIAÇÃO



Destaca-se a importância da apresentação pública de resultados na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABPj) para valorizar o trabalho dos alunos e aumentar seu engajamento desde o início do projeto. O produto final podem ser apresentados nas atividades complementares da escola como feiras de ciências ou galerias de arte, ou até mesmo em redes sociais pela internet, e assim, ampliando o acesso aos trabalhos a um público maior.

As avaliações na ABPj são caracterizadas por sua natureza reflexiva. A **rubrica**, uma ferramenta avaliativa, desempenha um papel fundamental nesse contexto, sendo amplamente utilizadas na literatura da ABPj devido à sua versatilidade. Ela pode ser aplicada como autoavaliação, avaliação entre colegas ou avaliação pelo professor.

É interessante destacar que esse tipo de avaliação pode ser fornecido aos alunos antecipadamente, servindo como um guia para orientá-los sobre os critérios de avaliação em diferentes níveis de compreensão do conceito, oferecendo assim uma visão mais clara e direcionada do processo avaliativo na ABPj.

O Quadro 2 mostra uma sugestão de rubrica para avaliação do produto final de 4 linhas e 4 colunas, a primeira coluna orienta os alunos para os objetivos, enquanto que a primeira linha possui os níveis de desempenho de 1 a 4, onde cada nível receberá critérios específicos para cada objetivo em suas respectivas linhas, gerando um resultado de pontuação, que varia entre 4 e 16 pontos.

Objetivo	1	2	3	4
<b>Apresentação</b>	Não apresentou, somente fez o modelo.	Apresentou os aspectos de como a síntese proteica ocorre.	Apresentou a síntese e mostrou o local na célula que ocorre a síntese proteica.	Apresentou a síntese e mostrou porque não ocorre mutação no DNA.
<b>Representação dos elementos moleculares.</b>	Não representou moléculas fundamentais ou representou de forma errada.	Representou as moléculas, esqueceu de alguma ou cometeu algum equívoco.	Representou as moléculas de forma correta, porém não detalhou estruturas importantes.	Presença das moléculas mais importantes envolvidos da Tradução de forma correta e detalhada.
<b>Representação da tradução</b>	Não representou a síntese proteica com o RNAm pelo ribossomo.	Representou a síntese proteica, códons. Não representou anticódons.	Representou os códons e anticódons porém não representou os sítios A, P e E no Ribossomo.	Representou a tradução com detalhes, incluindo os códons, anticódons e sítios A, P e E ribossomal.
<b>Arte e Criatividade</b>	Não conseguiu concluir a arte e não realizou de forma organizada.	Conclui a proposta artística parcialmente.	Concluiu a proposta artística de forma harmoniosa.	Elaborou a arte utilizando materiais recicláveis, de forma organizada e intuitiva.

Quadro 2: Rubrica avaliativa do produto final

# SUGESTÕES DE LEITURA

Os conceitos científicos estão em constante evolução e atualização, e a Biologia Molecular não foge a essa regra. As pesquisas sobre a complexidade do DNA, a transmissão de informações moleculares e os processos hereditários estão em constante avanço, revelando que ainda há muito a ser compreendido.

Aqui estão alguns artigos científicos que podem auxiliar os professores de Biologia a se manterem atualizados nas discussões sobre o tema bem como a dissertação de mestrado que originou este guia didático como produto:

- BRIGIDO, M.M. As dificuldades em se definir a materialidade do gene em uma ciência em transformação. **Genética na Escola** v.16 (2): 170 - 183. 2021.
- NUNES, F. M. F. Genes, genomas, RNAs não codificadores e a complexidade biológica. **Genética na Escola**, v. 6, n. 1, p. 53-56, 2011.
- VASCONCELOS, F. T. G. R. DE et al. Revisitando o Dogma Central: A relação entre genes e proteínas. **Genética na Escola**, v. 16, n. 2, p. 196-207, 2021.
- Dissertação de mestrado. Brasileiro, S. S. Explorando Vacinas de mRNA no Ensino Médio: Uma Abordagem da Aprendizagem Baseada em Projetos no Estudo de Biologia Molecular. Universidade de Brasília - UnB. 2024.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este guia foi fruto de um Trabalho de Conclusão de Mestrado do programa de mestrado profissional em Ensino de Biologia, em sugestão de leitura o leitor poderá se aprofundar nas implicações e fundamentos teóricos que embasaram este guia como produto do mestrado.

Espero que este guia auxilie os profissionais de educação durante o planejamento de aulas e sobretudo, que seja fonte de inspiração para planejar aulas que fogem da aula expositiva e estimulem o protagonismo estudantil.

Ao longo das etapas da ABPj, espera-se que os alunos se sintam motivados, especialmente devido à introdução da questão central, a situação problema, que se concentra na vacina de RNAm para combater a COVID-19 em um contexto real de pandemia. Isso culmina no momento da apresentação do produto final, que serve como ponto alto do processo e estimula ainda mais a motivação dos estudantes. Por consequência, esperamos que alunos motivados alcancem aprendizagens significativas sobre os conceitos fundamentais da Biologia Molecular.

Pressupõe-se que os alunos já tenham estudado conceitos introdutórios em Biologia Molecular, como estrutura das moléculas de DNA, RNA e proteínas. Além disso, o professor pode abordar conceitos como replicação do DNA e transcrição conforme julgar adequado, seja antes, durante ou após a aplicação deste guia, adaptando o guia de acordo com as necessidades e o ritmo da turma.

Além do conteúdo curricular de Biologia Molecular, o professor poderá explorar as atividades deste guia para abordar temas relacionados, como vírus, imunologia, citologia e biotecnologia, adaptando as atividades conforme necessário.

Por fim, expresse meu agradecimento a todos os envolvidos neste trabalho, especialmente aos meus orientadores da UnB, professora Dra. Ildinete Silva e professor Dr. José Eduardo Baroneza, e ao meu irmão, Filipe Souza Brasileiro, por contribuir com a arte no guia.

# REFERÊNCIAS

BENDER, W. N. Aprendizagem Baseada em Projetos: Educação Diferenciada para o Século XXI. primeira. ed. Porto Alegre: Penso, 2014. 160 p.

BIE (BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION). Gold Standard PBL: The Essential Project Design Elements, 2022. Acessoem: Disponívelem: <https://my.pblworks.org/>.

DODGE, B. WebQuests: A Technique for Internet Based Learning. The Distance Educator, v. 1, n. 2, p. 10-13, 1995.

HELLE, L. et al. Project-based learning in post-secondary education - theory, practice and rubber sling shot. Higher Education, [s. l.], v. 51, ed. 2, p. 287-314, mar. 2006.

REECE, J. B. et al. Biologia de Campbell. 10ªed. Porto Alegre: Artmed, 2015.