

A ABORDAGEM DOS CONTEÚDOS DE BIOLOGIA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO METODOLOGIAS EDUCATIVAS

APPROACHING MOLECULAR BIOLOGY CONTENT IN HIGH SCHOOL THROUGH EDUCATIONAL METHODOLOGIES

Wagner Lopes¹

Rebeka Moreira Monteiro do Nascimento²

Herley Machado Nahum³

RESUMO: Compreender conceitos de Biologia Molecular é importante para permitir o entendimento de processos biológicos, científicos e tecnológicos, bem como para estabelecer correlações e inter-relações entre os diferentes processos celulares e a interação com o ambiente. Esse tema está cada vez mais presente na sociedade, tornando-se necessária a educação científica dos cidadãos para que sejam capazes de usar o que aprenderam ao tomar decisões de interesse individual e coletivo. Entretanto, os conteúdos relacionados à Biologia Molecular frequentemente apresentam desafios significativos em termos de compreensão, o que torna o ensino de Biologia por vezes desinteressante ou de difícil assimilação. Dessa forma, há obstáculos que dificultam a compreensão desses conteúdos, além da falta de conexão com o cotidiano, fazendo com que o estudante tenha dificuldade em assimilar os assuntos. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo compreender a atual realidade sobre o ensino dos conteúdos de Biologia Molecular no Ensino Médio brasileiro e descrever as estratégias didáticas que estão sendo utilizadas pelos docentes. Com isso, foi observado que os autores utilizaram mais de uma metodologia e/ou modalidade para ensinar o conteúdo proposto e também desenvolveram práticas pedagógicas inovadoras que auxiliam o processo de ensino-aprendizagem, favorecendo o estímulo e o incentivo do aluno a aprender os conteúdos ensinados.

PALAVRAS-CHAVE: Biologia Molecular. Ensino Médio. Metodologias educativas. Modelos didáticos. Cultura maker.

ABSTRACT: Understanding Molecular Biology concepts is important to allow the understanding of biological, scientific and technological processes, as well as to establish correlations and interrelationships between different cellular processes and the interaction with the environment. This topic is increasingly present in society, making scientific education of citizens necessary to enable them to apply their knowledge in making decisions, both of individually and collectively interest. However, Molecular Biology content is complex and difficult to understand, making Biology teaching often uninteresting or challenging. Thus, there are obstacles that hinder the understanding of these contents difficult, coupled with a the lack of connection with everyday life, leading students to struggle in assimilating the subjects. In this sense, this study aims to understand the current reality regarding the teaching of Molecular Biology content in Brazilian High Schools and describe the didactic strategies employed by educators. Consequently It was observed that the authors used more than one methodology and/or approach to teach the proposed content and developed innovative pedagogical practices that aid the teaching-learning process, favoring the student stimulation and encouragement to learn the taught contents.

¹ Fundação Oswaldo Cruz. E-mail: wagner.lopes@fiocruz.br

 <https://orcid.org/0009-0007-4124-2646>

² Instituto Federal do Pará. E-mail: rebekamnascimento@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0003-5234-8869>

³ Instituto Federal do Pará. E-mail: herley.nahum@ifpa.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-8951-0378>

● [Informações completas no final do texto](#)

KEYWORDS: Molecular biology. High school. Educational methodologies. Didactic models. Maker culture.

Introdução

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), no campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias e do conhecimento conceitual associado a esses temas, fornece uma base que permite aos alunos investigar, analisar e discutir situações problemáticas decorrentes de contextos socioculturais, bem como compreender e interpretar leis e teorias, aplicando-as a aspectos individuais, sociais e ambientais. Sendo assim, os alunos podem reelaborar temáticas de modo a reconhecer as potencialidades e limitações desta área (BRASIL, 2018).

O aprender no campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias implica na compreensão e utilização do conhecimento para explicar como o mundo funciona, assim como realizar e avaliar ações de intervenção na realidade (BRASIL, 2000). Apesar das inovações tecnológicas fazerem parte do currículo da escola pública, a maioria dos alunos não consegue estabelecer uma conexão entre o que é ensinado em biologia na escola e suas situações no mundo real (MOURA et al., 2013). Isso ocorre porque a formação do professor nem sempre está alinhada com a realidade e as necessidades do aluno, uma vez que nem sempre são oferecidas capacitações aos professores formados antes das diversas mudanças do currículo da licenciatura.

Nesse sentido, um exemplo são os professores que tiveram sua formação realizada antes do ano de 2005, quando entrou em vigor o Decreto nº 5.626/05, tornando obrigatória a disciplina de LIBRAS nos cursos de Licenciatura (BRASIL, 2005). Os professores formados antes do decreto podem não ser capacitados a lidar com as diversidades dos surdos, o que pode interferir no modo como o professor ensina a Biologia para este público.

Segundo Silva *et al.* (2014), o desenvolvimento do conhecimento na área de Biologia Molecular é de suma importância para a compreensão de questões contemporâneas amplamente divulgadas nos diversos meios de comunicação. Exemplos incluem a relevância do DNA na transmissão de características hereditárias, a descoberta e localização de genes relacionados à formação de certos tumores, o uso terapêutico de células-tronco, testes de paternidade, projeto genoma, organismos transgênicos, entre outros. Tais conhecimentos são fundamentais para que os cidadãos possam aplicar o aprendizado ao tomar decisões de interesse individual e coletivo. Nesse sentido, o domínio

de conteúdos de Biologia Molecular pelos alunos é de suma importância, visto que esse conhecimento está diretamente relacionado com questões do dia a dia e de importância para a sociedade. No entanto, o que se observa é que, assim como em outras áreas, os alunos frequentemente apresentam dificuldades de compreensão, o que torna o ensino da disciplina por vezes desinteressante ou de difícil entendimento (TONETE, 2018).

Além dos eventos diários vivenciados pelos alunos em meio à sociedade na qual estão inseridos, há também a complexidade dos conteúdos abstratos nas áreas do conhecimento de Biologia, que apresentam um vasto e intrincado vocabulário e terminologias específicas. Conforme os estudos de Tonete (2018) e Moura *et al.* (2013), a falta de conexão entre o conteúdo estudado e o cotidiano dos alunos dificulta a assimilação dos assuntos estudados e impacta negativamente no aprendizado das disciplinas. Por isso, torna-se necessário que o professor esteja atento à realidade de cada comunidade e que consiga contextualizar esse cenário em suas aulas, interligando saberes globais e locais, a considerar que o conhecimento, ao ser fragmentado, dificulta o entendimento do todo. Logo, cada tipo de conhecimento deve ser valorizado e contextualizado (VERGANI, 1995). Para Morin (2003), a prevalência da fragmentação do conhecimento por disciplina é um dos fatores que muitas vezes impede o funcionamento das conexões entre as partes e a totalidade.

Outros fatores também merecem destaque, tais como a carência de formação docente adequada, elevadas cargas horárias de trabalho, utilização de livros didáticos com conceitos incorretos, conteúdos abstratos e superficiais ou a utilização exclusiva desses materiais como instrumento de ensino. A ausência de recursos tecnológicos no ambiente escolar representa um desafio. Além da dificuldade por parte de alguns professores em abordar determinados conteúdos, um possível desdobramento da falta de capacitação é a efetividade comprometida do processo de ensino-aprendizagem. Esses fatores podem dificultar a compreensão e assimilação dos conteúdos por parte dos estudantes (TONETE, 2018; MOURA *et al.*, 2013). Moura *et al.* (2013) ainda ressaltam que o professor de Biologia tem enfrentado historicamente uma série de desafios que o obrigam a manter-se atualizado com as descobertas e tecnologias. O grande desafio reside em construir o conhecimento de forma sistemática e acessível, demandando tempo, estudo e dedicação.

Vivarini *et al.* (2021) examinaram um programa pré-vestibular social originado do Ensino Médio regular, com a maioria dos alunos provenientes de escolas públicas. Eles

constatarem uma defasagem significativa no ensino de Genética e Biologia Molecular, evidenciando erros nos conceitos e nas interligações entre estrutura e função dos principais conteúdos da Biologia. Diante disso, os autores concluíram que é necessário realizar modificações nos métodos de ensino, dando prioridade a conteúdos interdisciplinares das ciências moleculares. O objetivo é integrar essas disciplinas de modo a torná-las parte integrante do pensamento crítico cotidiano dos estudantes.

Outra pesquisa evidenciou que os novos alunos que ingressaram na universidade apresentavam deficiências no conhecimento conceitual dos genes e na compreensão da composição e estrutura do DNA, possivelmente devido a falhas anteriores no processo de ensino (SILVA *et al.*, 2014). Assim, a ausência de compreensão de conceitos fundamentais, como gene e DNA, pode dificultar o estabelecimento de conexões futuras com outros temas de Biologia Molecular e Genética (SILVA *et al.*, 2014).

As metodologias de ensino, na grande maioria das vezes, permitem aos professores gerar materiais e modelos didáticos de baixo custo, realizando os métodos na própria sala de aula, o que proporciona grande agilidade e eficiência no processo de ensino (MELO; MEDEIROS, 2009). Assim, a aprendizagem significativa ocorre quando novos conhecimentos são adquiridos por meio de um processo de interação de ideias com conceitos já existentes (SILVA *et al.*, 2014).

O objetivo deste trabalho é compreender, por meio da literatura, como ocorre o ensino dos conteúdos de Biologia Molecular no Ensino Médio brasileiro nos dias atuais. Com isso, pretende-se descrever as estratégias didáticas que estão sendo utilizadas pelos docentes para desenvolver práticas pedagógicas inovadoras que viabilizem o processo de ensino-aprendizagem.

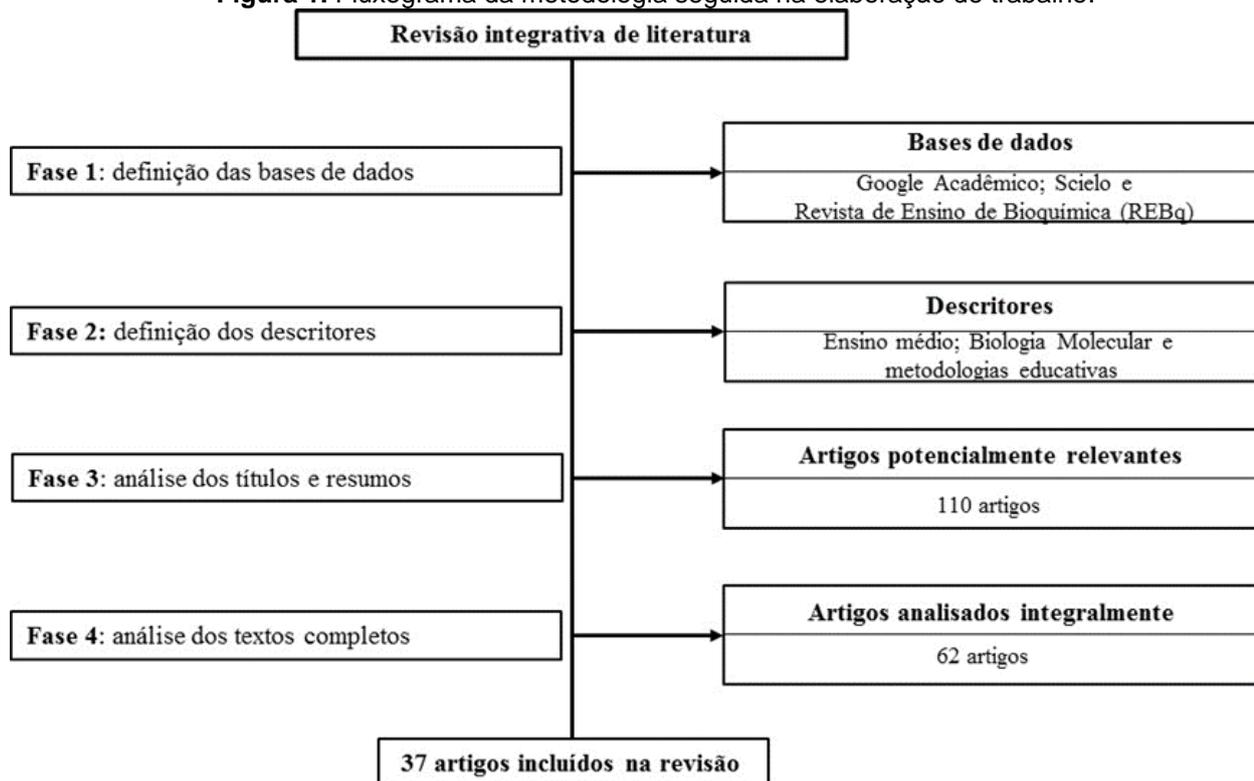
Metodologia

A pesquisa é caracterizada com estudo bibliográfico de abordagem qualitativa, descritiva, de natureza básica e de caráter exploratório. Os critérios de seleção dos artigos foram fundamentados na relevância desses documentos para o tema proposto e no grau de envolvimento dos conteúdos em relação ao objetivo geral do trabalho.

Foram definidos como critérios para inclusão neste trabalho os artigos, resumos e relatos de experiências que abordaram o ensino dos conteúdos de Biologia Molecular no Ensino Médio, utilizando metodologias educativas. Esses documentos deveriam apresentar

resumo e texto na íntegra em idioma português, uma vez que se trata da educação brasileira, e ter um recorte temporal entre os anos de 2012 e 2022. Desse modo, a análise foi fundamentada conforme descrito por Oliveira *et al.* (2019), sofrendo adaptações (FIGURA 1).

Figura 1. Fluxograma da metodologia seguida na elaboração do trabalho.



Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2019).

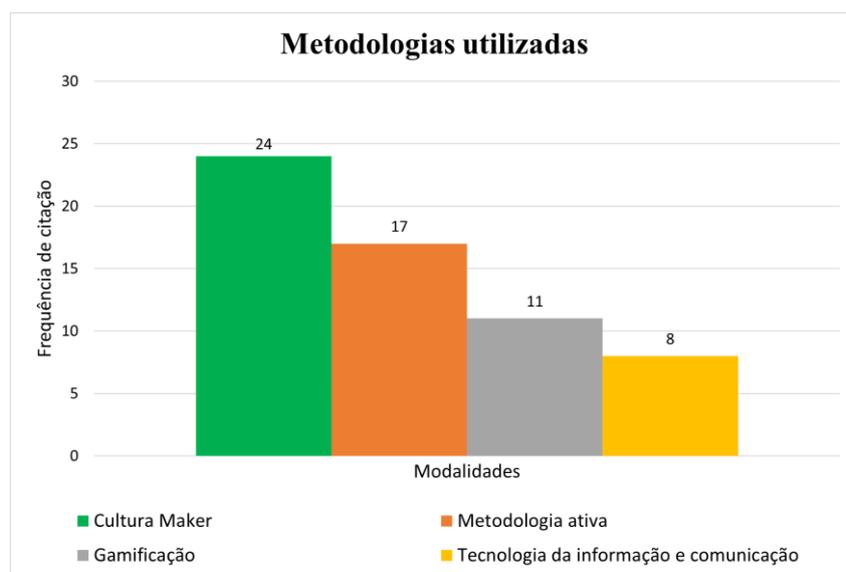
A análise dos artigos foi realizada por meio das bases de dados: Google Acadêmico, artigos da rede SciELO e da Revista de Ensino de Bioquímica (REBq). A última revista foi incluída nas bases de dados em virtude da ampla variedade de publicações que abrangem conteúdos de Biologia Molecular. Foram utilizados os descritores para a realização da busca dentro das bases de dados e analisados os títulos e resumos dos artigos encontrados, o que resultou na eliminação dos artigos que não se adequaram à pesquisa. Os textos incluídos (62) foram lidos na íntegra a fim de eliminar os trabalhos que não correspondiam à pesquisa, e, dessa forma, 37 artigos foram incluídos para a amostra final desta revisão. Desse montante, foram analisados o resumo, a metodologia e os resultados e, ainda, os questionários das publicações que empregaram essa ferramenta para avaliar

o diagnóstico de aprendizagem dos alunos em relação aos conteúdos de Biologia Molecular.

Resultados

Neste estudo foram examinados 110 artigos que apresentaram potencial relevância, dos quais 62 foram selecionados para análise detalhada. Após essa revisão, identificou-se que 37 artigos atenderam aos objetivos propostos, abordando metodologias educativas. Essas metodologias foram aplicadas de acordo com um, dois ou mais dos seguintes enfoques para o ensino de conteúdos de biologia molecular: cultura maker (24), metodologia ativa (17), gamificação (11) e tecnologia da informação e comunicação (8), conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2. Dados das metodologias mais utilizadas pelos autores para o ensino dos conteúdos de Biologia Molecular.



Fonte: Os autores.

Ao analisar esses estudos, torna-se evidente que o entendimento dos conceitos de biologia molecular desempenha um papel crucial para possibilitar a compreensão de processos biológicos. Essa compreensão é fundamental para estabelecer correlações e inter-relações entre os diversos processos celulares e a interação com o ambiente (SILVA *et al.*, 2014).

Os desafios enfrentados no ensino de Biologia Molecular requerem revisão e superação por meio do desenvolvimento de estratégias, como proposto pelos modelos didáticos. De acordo com a pesquisa realizada, é interessante observar que se enfatiza a disponibilidade de materiais que facilitam o ensino e promovem a aprendizagem, com destaque para a utilização desses recursos em práticas pedagógicas que colocam os estudantes como personagens ativos no processo ensino aprendizagem. A importância de incentivar os alunos a considerarem as bases da construção da ciência moderna é ressaltada, contribuindo para sua compreensão e interação com o mundo por meio do pensamento e ação científicos. Nesse contexto, é crucial que o professor busque estratégias didáticas que otimizem o tempo, viabilizando o processo de ensino-aprendizagem, e que desenvolva práticas pedagógicas inovadoras para a compreensão e aplicação prática dos conceitos de Biologia Molecular nos ambientes de educação formal (FREITAS, 2018; SILVA, 2018; GAVASSA *et al.*, 2016).

A tecnologia precisa ser incluída no currículo escolar como um elemento substancial de formação e atualização dos professores e não ser utilizada apenas como um suplemento ou ferramenta periférica. É preciso se pensar como inseri-la nas aulas de maneira definitiva, de forma habitual na sua prática docente, aumentando a qualidade e efetividade do ensino, com a utilização do livro didático apenas como suporte ou ferramenta adicional no processo de aprendizagem (STINGHEN, 2016; MACIEL *et al.*, 2018). Torna-se de extrema importância empregar plenamente as capacidades da tecnologia, sendo essencial utilizar essa ferramenta de maneira objetiva. É crucial manter uma atenção cuidadosa aos resultados finais e analisar se, de fato, essas práticas têm impacto significativo no processo de ensino e aprendizagem dos alunos (STINGHEN, 2016). A partir desse contexto, os aplicativos em smartphone podem ser utilizados com objetivo educacional para auxiliar no entendimento de determinados conteúdos, apesar de muitos profissionais da educação ainda não estarem preparados para a utilização dessa tecnologia com o objetivo educacional. No entanto, torna-se imprescindível essa mudança de postura, visto que esses dispositivos são de uso rotineiro entre os estudantes e esses se sentem desmotivados em uma aula em que a "aplicabilidade" ou o processo pedagógico não mudou, mas permaneceu o mesmo de anos atrás (MARIANO, 2014).

Com os avanços das tecnologias e o acesso às informações, praticamente em todos os ambientes houve uma mudança significativa na forma em que são desenvolvidas as

atividades e na educação não foi diferente. Tem sido evidente que as ferramentas tecnológicas estão colaborando no desenvolvimento escolar, tanto com a finalidade de promover a consolidação do conhecimento pelos alunos, como para os professores no modo que ministram suas aulas (MARIANO, 2014; MACIEL *et al.*, 2018). Inúmeros recursos que facilitam a didática dos professores podem ser encontrados, tanto os materiais que instigam o aprendizado quanto os que possibilitam o acesso em tempo real pelos alunos (STINGHEN, 2016).

Na Tabela 1, observa-se que muitos dos documentos analisados (16) empregaram mais de uma metodologia para abordar o conteúdo proposto. Os autores desenvolveram práticas pedagógicas inovadoras, visando a facilitar o processo de ensino-aprendizagem e promovendo o estímulo e incentivo dos alunos na compreensão dos conteúdos de Biologia Molecular. A partir dessa planilha pode-se ter uma ferramenta útil para os educadores, no sentido de sugestões de atividades para o ensino de um conteúdo específico de Biologia Molecular, adequando-se de maneira mais eficaz à sua realidade.

Tabela 1. Conteúdos de Biologia Molecular, metodologias e modalidades utilizadas como auxílio no ensino.

Conteúdos Ensinados	Metodologia Utilizada	Modalidades	Referência
Características do DNA; Replicação do DNA	Cultura <i>Maker</i> / Metodologia ativa	Modelos didáticos/Oficina	SILVA, 2022
Estrutura, replicação e extração do DNA; microssatélites de DNA; Reação de Polimerase em Cadeia (PCR); eletroforese e Genética Forense	Metodologia ativa / Cultura <i>Maker</i> / Tecnologia da informação e comunicação	Ensino por investigação; Modelos lúdicos; Vídeos do YouTube; WhatsApp,	CARDOSO <i>et al.</i> , 2021
Tradução de proteínas	Tecnologia da informação e comunicação	Infográficos	SILVA; MENEZES, 2021
Estrutura dos ácidos nucleicos; Replicação do DNA; Transcrição do DNA e Tradução de proteínas	Gamificação/ Tecnologia da informação e comunicação/ Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Modelos didáticos; Ensino investigativo e adoção de situações-problemas	GAMA; LANDELL, 2021
Estrutura e função do DNA; Extração de DNA	Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Experimentos de extração de DNA	GONÇALVES, 2021
Manipulação de Genes; Melhoramento Genético; Engenharia Genética;	Tecnologia da informação e comunicação/Metodologia ativa/ Cultura <i>Maker</i>	Sequência Didática Investigativa; Vídeo	SILVA <i>et al.</i> , 2021

Clonagem do DNA; Bases nitrogenadas; Ácidos Nucléicos; Estrutura molecular do DNA e RNA; vegetais geneticamente modificados; Transgênicos.		Explicativo; Reportagens; Modelo Didático; Vídeos do YouTube	
Código genético; Tradução de proteínas	Gamificação/Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Jogo didático	ALMEIDA <i>et al.</i> , 2020
Código genético; Promotores gênicos Tradução de Proteínas	Tecnologia da informação e comunicação	Objeto de Aprendizagem Digital (OAD)	CASTRO <i>et al.</i> , 2020
Replicação do DNA, transcrição do RNA e tradução de proteínas;	Cultura <i>Maker</i>	Modelo esquemático; Representações tridimensionais (Modelos didáticos)	LIMA <i>et al.</i> , 2020
Transcrição gênica (transcrição do RNA); Tradução de proteínas	Gamificação	Jogos educativos e ludicidade	ROQUE <i>et al.</i> , 2020
Biotecnologia; Tecnologia do DNA recombinante; Eletroforese de DNA; Clonagem; Organismos Transgênicos e Células Tronco	Gamificação	Jogo didático	SANTOS <i>et al.</i> , 2020
Estrutura do DNA; Extração de DNA	Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Experimentos	TOSTA <i>et al.</i> , 2020
Mutação do DNA	Gamificação	Jogo de tabuleiro	ANTUNES <i>et al.</i> , 2019
Biotecnologia; Clonagem; Dogma Central (Replicação do DNA, transcrição do RNA e tradução proteica); Tecnologia do DNA Recombinante	Tecnologia da informação e comunicação	Filme/vídeo	LEANDRO <i>et al.</i> , 2019
Genes; DNA; RNA	Cultura <i>Maker</i>	Modelo didático	OLIVEIRA, 2019
Dogma Central da Biologia Molecular (Replicação do DNA, transcrição do RNA e tradução proteica); Edição do DNA; Extração do DNA	Tecnologia da informação e comunicação; Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Filme; Modelos didáticos; Experimento de extração de DNA	SILVA, 2019

Código genético; Estrutura do RNA; Tradução de proteína	Gamificação	Jogos digitais	SOUZA <i>et al.</i> , 2019
Replicação do DNA, transcrição do RNA e tradução proteica; Extração do DNA.	Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Ambiente interativo, apresentando ilustrações com maquetes, painéis, modelos tridimensionais (Modelos didáticos); Experimento do de extração de DNA	ANJOS <i>et al.</i> , 2018
Molécula do DNA	Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Modelo didático/ <i>Brainstorm</i>	ASSIS <i>et al.</i> , 2018
Código genético; Tradução de proteína	Gamificação	Jogos digitais	VITÓRIA <i>et al.</i> , 2018
Código genético; Tradução de proteína	Metodologia ativa	Encenação teatral	PEIXOTO, 2017
Tradução de proteínas; aminoácidos, ácidos nucleicos e nucleotídeos.	Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Modelo didático; Oficinas	LAZZARONI <i>et al.</i> , 2017
Estrutura do DNA; Extração do DNA; Manipulação do DNA; Eletroforese em gel de agarose; enzimas de restrição.	Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Modelos didáticos/Oficina/Investigação	SANTOS; SANTIAGO, 2017
Biologia molecular; Ácidos nucleicos, Análises de DNA; Eletroforese de DNA;	Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Investigação; Prática de Eletroforese (Experimento)	XAVIER; CAVALCANTI, 2017
Expressão gênica; Transcrição do DNA e Processo de tradução de proteínas	Tecnologia da informação e comunicação	Simuladores virtuais	GREGÓRIO <i>et al.</i> , 2016
Processo de transcrição	Cultura <i>Maker</i>	Modelo didático tridimensional	MADUREIRA <i>et al.</i> , 2016
Estrutura do DNA; Replicação do DNA	Gamificação/ Cultura <i>Maker</i>	Jogo Bozó	VILHENA <i>et al.</i> , 2016
Experimento da descoberta da função do DNA;	Cultura <i>Maker</i>	Modelos didáticos	BORBA <i>et al.</i> , 2015
Extração de DNA; Eletroforese de DNA	Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Materiais didáticos (Modelos didáticos)	CAMPOS <i>et al.</i> , 2015
Estrutura e função do DNA; Tradução de proteínas	Gamificação/ Cultura <i>Maker</i> /Metodologia ativa	Jogos lúdicos; Confecção da molécula de DNA (Modelo didático); Teatro; Trabalhos em grupo	NASCIMENTO <i>et al.</i> , 2015

Molécula de DNA	Tecnologia da informação e comunicação	Mídias digitais	MACEDO <i>et al.</i> , 2015
Eletroforese de DNA	Cultura <i>Maker</i> / Metodologia ativa	Construção do equipamento para eletroforese; Experimento	PINHATI, 2015
Organelas citoplasmáticas	Cultura <i>Maker</i>	Modelos didáticos	PORTO <i>et al.</i> , 2015
Replicação do DNA, transcrição do RNA e tradução de proteínas;	Gamificação	Jogo didático	CARVALHO <i>et al.</i> , 2014
Replicação do DNA, transcrição do RNA e tradução de proteínas;	Cultura <i>Maker</i>	Recurso didático (Modelos didáticos)	SILVA; MELICIANO, 2014
Código Genético; Tradução de proteínas	Cultura <i>Maker</i>	Modelo didático	FONTES <i>et al.</i> , 2013
Código genético; Tradução de proteínas e Mutação	Gamificação	Jogo didático	SILVA <i>et al.</i> , 2013

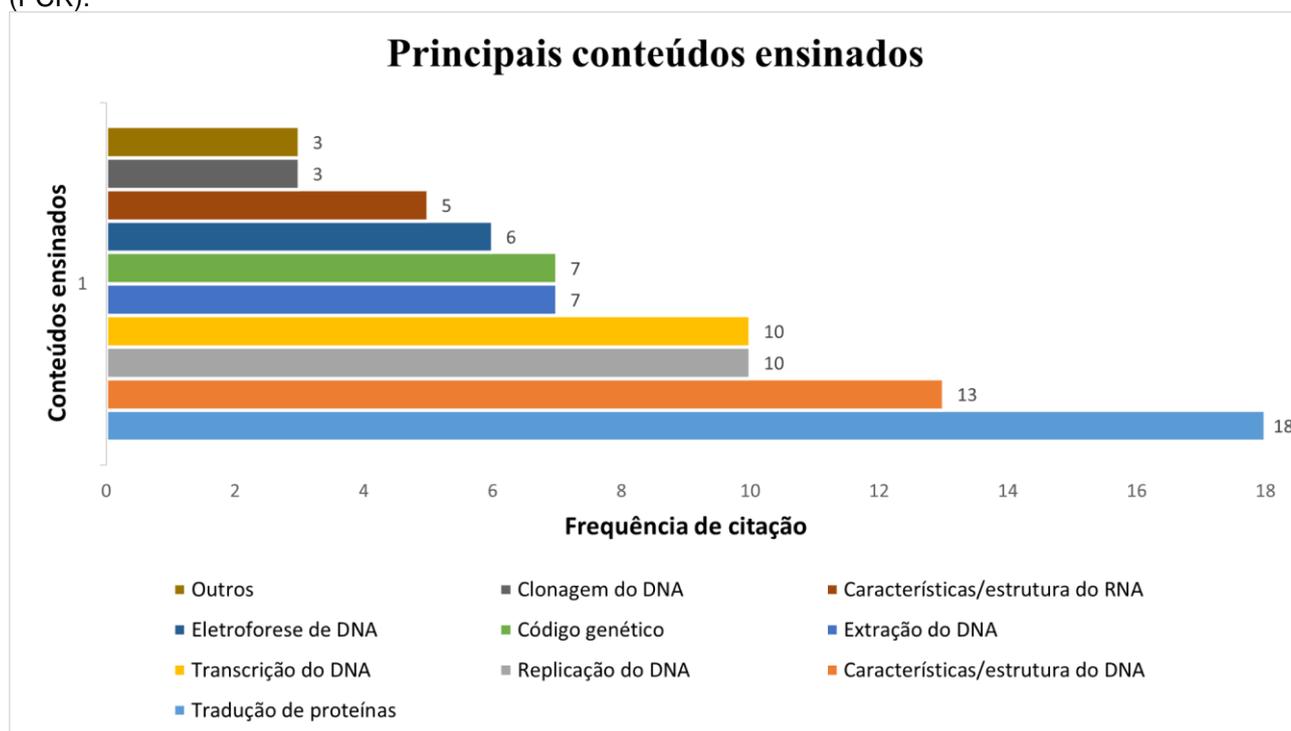
Fonte: Os autores.

A partir da análise dos documentos foi observado que, por vezes, os autores trabalharam mais de um conteúdo principal de Biologia Molecular (FIGURA 3). Os conteúdos mais frequentes usando metodologias educativas foram: tradução de proteínas (18), características/estrutura do DNA (13), replicação do DNA (10), transcrição do DNA (10), extração do DNA (7), código genético (7), eletroforese de DNA (6), características/estrutura do RNA (5) e clonagem do DNA (3).

Outros temas foram mencionados duas vezes: manipulação de genes, melhoramento genético, transgênicos, tecnologia do DNA recombinante, mutação do DNA e biotecnologia. Já os temas principais que foram mencionados apenas uma vez: organelas citoplasmáticas, microssatélites de DNA, engenharia genética, vegetais geneticamente modificados, promotores gênicos, células tronco, enzimas de restrição, análises de DNA, experimento da descoberta da função do DNA, genética forense e reação em cadeia da polimerase (PCR).

Figura 3. Dados dos conteúdos principais mais utilizados pelos autores utilizando metodologias educativas para o ensino dos conteúdos de Biologia Molecular.

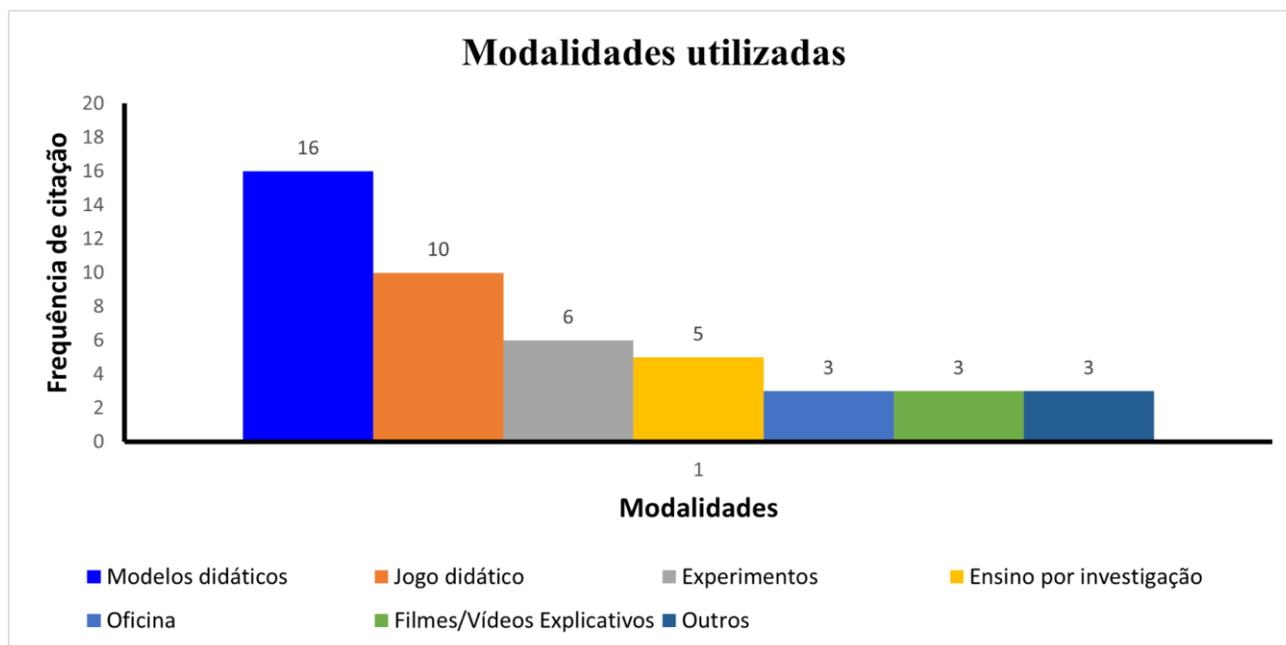
Outros: temas que foram mencionados 2 vezes: manipulação de genes, melhoramento genético, transgênicos, tecnologia do DNA recombinante, mutação do DNA e biotecnologia. Os temas que foram mencionados apenas uma vez: organelas citoplasmáticas, microssatélites de DNA, engenharia genética, vegetais geneticamente modificados, promotores gênicos, células tronco, enzimas de restrição, análises de DNA, experimento da descoberta da função do DNA, genética forense, reação em cadeia da polimerase (PCR).



Fonte: Os autores.

Para o ensino dos principais conteúdos é fundamental que o docente aborde outros conceitos de Biologia Molecular, a fim de alcançar sucesso na aprendizagem de um conteúdo específico. Nota-se que os conceitos mais recorrentes abordados foram: DNA (31), bases nitrogenadas (17), proteína (16), RNA (15), RNA mensageiro (12), aminoácidos (9) e genes e Ribossomo (8), conforme ilustrado nas Figuras 4A e 4B.

Figura 5. Modalidades utilizadas pelos autores para auxiliar no ensino de conteúdos de Biologia Molecular. **Outros:** vídeos do *YouTube*, encenação teatral; infográficos, modelos lúdicos, WhatsApp, situações-problemas, reportagens, objeto de Aprendizagem digital (OAD), *brainstorm*, simuladores virtuais, mídias digitais e construção do equipamento para eletroforese.



Fonte: Os autores.

Os modelos didáticos foram os mais utilizados pelos autores para o ensino dos conteúdos de Biologia Molecular. Essa modalidade utiliza-se de materiais de baixo custo e fácil acesso tanto para os alunos como para os professores. Essa atividade possibilita melhor compreensão dos conceitos abordados nas aulas, visto que mediar o ensino dos processos da Biologia Molecular é desafiador por ser um assunto fora do contexto do dia a dia dos alunos, ou seja, um tanto abstrato para eles (FREITAS, 2018).

Madureira *et al.* (2016) desenvolveram um modelo didático tridimensional do processo de transcrição, com a utilização de materiais acessíveis e de baixo custo para confecção de moldes para a caracterização das seguintes moléculas: DNA dupla hélice, DNA com as pontes de hidrogênio parcialmente rompidas, representando a ação da RNA polimerase, e uma molécula de RNA mensageiro (RNAm) produzida a partir de uma fita de DNA molde. Após isso, foram sugeridas atividades que orientaram o estudante a manipular o material de acordo com as metas de aprendizagem propostas: visualizar a dupla fita de DNA, compreender o processo de transcrição mediado pela enzima RNA polimerase,

diferenciar as particularidades do DNA e do RNA e observar a formação da fita intermediária do fluxo da informação gênica a partir de uma fita molde de DNA (MADUREIRA *et al.*, 2016).

É possível trabalhar os conteúdos de Biologia Molecular com a utilização de modelagens representativas, mostrando o fluxo da informação gênica com a estrutura do nucleotídeo e as ligações químicas realizadas entre as bases nitrogenadas, explorar conceitos de RNA e representar as diferenças entre os ácidos nucléicos de forma significativa. A partir disso, o docente e os alunos podem ainda criar novos modos de explorar o material confeccionado, concluindo-se assim que o manuseio do material concreto, a confecção e a visualização de modelos didáticos estimulam a participação dos discentes e envolvem o educando no processo de ensino-aprendizagem (MADUREIRA *et al.*, 2016).

Para o ensino de síntese proteica foi desenvolvido um protótipo de jogo digital de simulação da síntese proteica. Resumidamente, o aluno consegue enxergar uma condição real do código genético degenerado. A combinação de 4 letras (nucleotídeos), de 3 em 3 (um códon), é igual a 64 combinações possíveis. Contudo, na natureza existem apenas 20 aminoácidos e um aminoácido pode ser gerado por diferentes códons do código genético. Neste jogo, o jogador desempenha o papel da organela citoplasmática chamada de ribossomo, realizando a tradução das palavras, também chamadas de códons, em aminoácidos. E assim o aluno resolve na prática o código genético, combinando 3 nucleotídeos para descobrir o aminoácido formado (VITÓRIA *et al.*, 2018).

O mesmo jogo foi desenvolvido para apoiar o ensino de Biologia Molecular, mais especificamente para ajudar na compreensão do código genético nos seguintes conteúdos: localizar a ocorrência da síntese proteica em uma célula eucariótica, identificar as estruturas e organelas envolvidas no processo da síntese proteica, compreender a estrutura de um aminoácido e a importância do seu papel biológico, e entender as relações entre RNA, aminoácido e proteína de modo a compreender parte do dogma central da Biologia Molecular. Os personagens do jogo foram os 20 aminoácidos que estão demonstrados como figuras lúdicas e com estruturas moleculares correspondentes, onde é possível obter informações sobre o respectivo aminoácido, facilitando a aprendizagem (SOUZA *et al.*, 2019).

Gregório *et al.* (2016), descreveram sobre o uso de simuladores no ensino de síntese proteica, um conteúdo abstrato na Biologia Molecular que exige metodologias de ensino

diferenciadas. Os simuladores virtuais são ferramentas que, juntamente com métodos de ensino eficazes, podem melhorar as dificuldades decorrentes do processo de ensino e aprendizagem de conteúdos abstratos.

Através de um roteiro pautado em investigação foi empregado o uso de simuladores virtuais juntamente com dados provenientes da literatura de Biologia Molecular. Essa abordagem foi concebida como uma ferramenta para aprimorar o ensino da síntese proteica. Os alunos avaliaram positivamente o roteiro elaborado, reconhecendo-o como um recurso facilitador para interagir com a simulação. Essa metodologia possibilitou aos estudantes a visualização e manipulação das etapas cruciais do processo de síntese proteica, conforme apresentado na simulação virtual.

Assim como os jogos, modelos e atividades práticas, o roteiro proposto auxilia na compreensão do processo em questão e a manipulação das simulações computacionais é utilizada como um facilitador para o professor, bem como para o aluno. Isso ocorre porque o professor tem a possibilidade de direcionar e instigar o trabalho a ser realizado, enquanto que para os alunos representa um facilitador, por possibilitar a visualização das etapas do complexo processo de tradução de proteínas (GREGÓRIO *et al.*, 2016). Para Simões (2019), do ponto de vista do aprendizado dos alunos, o uso de diferentes ferramentas nas aulas de biologia, que estejam relacionadas ao conteúdo de Biologia Molecular, mostra-se eficaz.

A partir da utilização de oficinas com extração do DNA do morango como prática para o ensino de Biologia Molecular, foi ensinado a composição e estrutura do DNA, sua função nos seres vivos e os princípios básicos da molécula. Com este método, os alunos foram ensinados a manipular o DNA, começando pela sua extração e tratamento com enzimas de restrição, e posterior isolamento e análise através de eletroforese em gel de agarose das amostras. As oficinas de manipulação de DNA introduzem várias técnicas que não são comuns nos laboratórios das aulas práticas do ensino médio. Os discentes se mostraram entusiasmados com a possibilidade de fazer uma aula prática em um laboratório, pois a execução da prática colaborou na consolidação dos conceitos estudados em sala de aula. Dessa forma, a metodologia utilizada como oficina de Biologia Molecular surge como uma importante ferramenta de divulgação da ciência, pois seus custos são baixos e tem excelente capacidade de promover a discussão sobre as técnicas utilizadas e, principalmente, seu papel na sociedade (SANTOS; SANTIAGO, 2017).

Borba *et al.* (2015) reconstruíram experimentos históricos em sala de aula, fazendo uso de modelos e transformando os alunos nos próprios pesquisadores da época, sujeitos aos mesmos dilemas e pressupostos. Os alunos foram estimulados a refletir sobre os fundamentos da construção da ciência moderna, ajudando-os a se compreender no mundo e com o mundo por meio do pensamento e da ação científica.

Diante dessa realidade, o grande desafio da educação e dos professores é deixar que os alunos controlem sua aprendizagem e se tornem protagonistas dos projetos e os professores como mediadores dessa jornada. Os docentes assumem um novo posicionamento no ensino-aprendizagem, pois o professor passa a ter a posição de aprendiz nessa nova forma de mediação (SILVA, 2019).

Considerações Finais

Cabe destacar que é de grande relevância a contribuição das metodologias de ensino para amplificar o acesso ao conhecimento de processos biológicos onde os alunos desempenham ativamente as tarefas, fato que normalmente não ocorre em salas de aula convencionais. Em grande parte, as metodologias de ensino permitem que os professores desenvolvam materiais e modelos didáticos de baixo custo, implementando esses métodos na própria sala de aula, o que proporciona agilidade e eficiência ao processo de ensino (MELO; MEDEIROS, 2009). As práticas pedagógicas inovadoras visam facilitar o processo de ensino-aprendizagem e promovem o estímulo e o incentivo dos alunos na compreensão dos conteúdos de Biologia Molecular. É importante destacar que é fundamental compreender que a ciência não oferece respostas definitivas para todos os questionamentos, sendo uma de suas características a capacidade de ser questionada e de se transformar ao longo do tempo (Brasil, 2000).

Outro ponto relevante é a importância crucial da divulgação científica dos trabalhos realizados na comunidade escolar. Isso favorece a expansão e atualização das redes de conhecimento dos professores, capacitando-os a contribuir efetivamente para a formação de cidadãos críticos e conscientes. O propósito dessa capacitação adquirida pelos educadores é reduzir as problemáticas inerentes ao processo de ensino-aprendizagem, especialmente no âmbito da Biologia Molecular. Essa habilidade pode ser desenvolvida por meio de iniciativas de formação continuada e a participação em eventos acadêmicos, tais como congressos, minicursos e palestras, que abordem os conteúdos relevantes da

Biologia Molecular, conferindo-lhes um domínio abrangente nessa área de conhecimento. Há diversas estratégias didáticas eficazes que o corpo docente pode adotar, otimizando o uso do tempo em sala de aula e, conseqüentemente, facilitando o processo de ensino e aprendizagem. Desse modo, o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras também se revela crucial, visando não apenas a compreensão teórica, mas também a aplicação prática dos conceitos de Biologia Molecular, proporcionando aos estudantes uma experiência mais significativa.

A divulgação científica não apenas preencherá lacunas existentes na literatura, mas também promoverá um ambiente educacional mais enriquecedor, pois pode ser uma ferramenta auxiliar para os educadores no ensino de conteúdos específicos de Biologia Molecular, auxiliando na seleção da metodologia ou abordagem que mais se adeque à sua realidade de ensino. Por fim, ao empoderar os docentes com informações atualizadas sobre Biologia Molecular, busca-se criar condições para que eles possam desempenhar um papel fundamental na formação de estudantes capazes de discutir assuntos pertinentes à sociedade com base em um sólido conhecimento científico.

Referências

ALMEIDA, P. M. DE *et al.* Aprendendo Síntese Proteica De Forma Interativa E Lúdica: O Desafio Da Síntese Proteica. **Revista De Ensino De Bioquímica**, vol. 18, no. 2. 2020. Disponível em: <http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/918>. Acesso em: 13 mar. 2022.

ANJOS, L. R. B. DOS *et al.* Popularização da Ciência: desmistificando o Dogma Central da Biologia Molecular. **Revista de Ensino de Bioquímica**, vol. 16, no. 2, pp. 71–86, 2018. Disponível em: <http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/761>. Acesso em: 13 mar. 2022.

ANTUNES, R. F. S. *et al.* **Jogos de Tabuleiro**: Uma Proposta para o ensino-aprendizagem de Biologia Molecular. Universidade Federal do Espírito Santo-Campus São Mateus/ES. Anais do evento São Mateus – ES – Brasil, 101. 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/semap/issue/view/1269/792>. Acesso em: 13 mar. 2022.

ASSIS, I. I. DE *et al.* O modelo didático da molécula de DNA: construção e utilização no ensino da Biologia. **Anais III CONAPESC**. Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/43258>. Acesso em: 13 mar. 2022.

BRASIL. **Decreto no 5.626, de 22 de Dezembro de 2005**. Regulamenta a Lei no 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras, e o art. 18

da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Brasília, DF: Presidência da República, 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5626.htm. Acesso em: 26 nov. 2023.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**: Ensino Médio. Ministério da Educação. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 13 mar. 2022.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/inicio/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>. Acesso em: 26 jan. 2022.

BORBA, R. C. N. *et al.* Ensino De Biologia Molecular Na Educação Básica: Duplicando Conhecimentos, Transcrevendo Saberes e Traduzindo Conceitos na Prática de Ensino. *In: VII Encontro Regional de Ensino de Biologia SBEnBio Regional*. 2, 2015. Disponível em: https://www.academia.edu/43406998/Ensino_de_Biologia_Molecular_na_Educa%C3%A7%C3%A3o_B%C3%A1sica_duplicando_conhecimentos_transcrevendo_saberes_e_traduzindo_conceitos_na_pr%C3%A1tica_de_ensino. Acesso em: 26 jan. 2022.

CAMPOS, M. DE *et al.* **Experimentando genética**: materiais didáticos para assimilação de conceitos associados à eletroforese para análise de DNA. 8º Congresso de extensão universitária da UNESP, p. 1-7, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/142655>. Acesso em: 4 mar. 2022.

CARDOSO, T. C. *et al.* Biologia Molecular e Forense no Ensino Médio. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 8, p. e47710817624, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17624>. Acesso em: 4 mar. 2022.

CARVALHO, J. C. Q. DE *et al.* “Sintetizando Proteínas”, o jogo: proposta e avaliação de uma ferramenta educacional. **Revista de Ensino de Bioquímica**. V. 12. N.1. 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/287531223_Sintetizando_Proteinas_o_jogo_proposta_e_avaliacao_de_uma_ferramenta_educacional. Acesso em: 4 mar. 2022.

CASTRO, J. A., *et al.* **Bioinformática como Objeto de Aprendizagem Digital (OAD) para o ensino da Biologia Molecular**. Governador Mangabeira/BA: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Governador Mangabeira. Ano 01, ISBN 978-65-87749-09-9, 2020. Disponível em: https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/gmb/files/2020/06/IF-Baiano-GMB_Boletim-T%C3%A9cnico-N%C2%BA-1-Ano-01_ISBN-9786587749099.pdf. Acesso em: 4 mar. 2022.

FREITAS, X. M. S. **Desafios metodológicos para o ensino e aprendizagem do dogma central da Biologia molecular para os alunos do ensino médio**. 2018. 58f. TCC (Graduação) Escola Normal Superior Licenciatura em Ciências Biológicas. Universidade

do Estado do Amazonas. 2018. Disponível em:

<http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/bitstream/riuea/1561/1/Desafios%20metol%C3%B3gicos%20para%20o%20ensino%20e%20aprendizagem%20do%20dogma%20central%20da%20Biologia%20molecular%20para%20os%20alunos%20do%20ensino%20m%C3%A9dio.pdf>. Acesso em: 4 mar. 2022.

FONTES, G. O., D. T. *et al.* Simulação do processo de síntese de proteínas: limites e possibilidades de uma atividade didática aplicada a alunos de ensino médio.

Experiências em Ensino de Ciências, 8. 2013. Disponível em:

https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID197/v8_n1_a2013.pdf. Acesso em: 13 mar. 2022.

GAVASSA, R. C. F. B. *et al.* **Cultura maker, aprendizagem investigativa por desafios e resolução de problemas na sme-sp (Brasil)**. FabLearn Org, p. 1-9, 2016. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID197/v8_n1_a2013.pdf. Acesso em: 13 mar. 2022.

GAMA, C.; LANDELL, M. O Lúdico no Ensino de Genética Molecular: uma abordagem que estimula os estudantes e favorece a aprendizagem. **Revista Internacional Educon**, v. 2, n. 1. 2021. Disponível em:

<https://grupoeducon.com/revista/index.php/revista/article/view/649>. Acesso em: 13 mar. 2022.

GREGÓRIO, E. A. *et al.* Uso de simuladores como ferramenta no ensino de conceitos abstratos de Biologia: uma proposição investigativa para o ensino de síntese proteica.

Experiências em Ensino de Ciências, v. 11, n. 1, p. 101-125, 2016. Disponível em:

<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/550>. Acesso em: 13 mar. 2022.

GONÇALVES, T. M. Propondo uma atividade prática: extraindo DNA de frutas tropicais para potencializar o ensino de Biologia no ensino médio. **Anais do VI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**. Campina Grande: Realize Editora. 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/77145>. Acesso em: 17 mar. 2022.

LAZZARONI, A. A; GERLINDE, A. P. B. T. Construção e aplicação de um modelo tridimensional como recurso didático para o ensino de síntese proteica. **Journal of Biochemistry Education**, 15 (2): 36-48. 2017. Disponível em:

<http://bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/742>. Acesso em: 13 mar. 2022.

LEANDRO, B. B., *et al.* O uso de filmes como mídias educacionais no ensino de biologia.

Anais VI CONEDU. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em:

<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/61728>. Acesso em: 17 mar. 2022.

LIMA, I. M. C. S. *et al.* **Proposta lúdica como recurso ao ensino da síntese proteica**. I Simpósio Sul-Americano de Pesquisa em Ensino de Ciências, n. 1, 2020. Disponível em:

<https://portaleventos.uffs.edu.br/index.php/SSAPEC/article/view/14664>. Acesso em: 13 mar. 2022.

MACIEL, A. L. M. *et al.* **Os impactos das tecnologias na educação**: um estudo em Corumbá/MS. II Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação, 2018. Disponível em: <https://cpan.ufms.br/files/2017/10/OS-IMPACTOS-DAS-TECNOLOGIAS-NA-EDUCA%C3%87%C3%83O-Ednaldo-Arnold.pdf>. Acesso em: 18 out. 2021.

MACEDO, D. *et al.* As mídias digitais como recurso didático para o ensino de genética e biologia molecular. **Revista Uniaraguaia**. 7, 134-148. 2015. Disponível em: <https://sipe.uniaraguaia.edu.br/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/331/298>. Acesso em: 18 out. 2021.

MADUREIRA, H. C. *et al.* O uso de modelagens representativas como estratégia didática no ensino da Biologia molecular: entendendo a transcrição do DNA. **Revista Científica Interdisciplinar**. ISSN, 2358, 8411. V. 3, n. 1, p. 17-25. 2016.

MARIANO, R. de S. **O uso das tecnologias na aprendizagem de Biologia em escolas da rede pública**. 2014. 31 folhas. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/21865>. Acesso em: 18 out. 2021.

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**. 2009, v. 15, n. 3, pp. 592-611. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132009000300009>. Acesso em: 17 mar. 2022.

MORIN, EDGAR. **A cabeça bem-feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. Tradução de Eloá Jacobina – 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

MOURA, J. *et al.* A. Biologia/Genética: O ensino de Biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil—breve relato e reflexão. **Semina**: ciências biológicas e da saúde. 34(2), 167-174. 2013. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/seminabio/article/view/13398>. Acesso em: 13 mar. 2022.

NASCIMENTO, M.P. *et al.* Jogos Lúdicos como ferramenta didática para o Ensino de Genética e Biologia Molecular. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v.7, p.250-271, 2015. Disponível em: <https://www.fara.edu.br/sipe/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/3378>. Acesso em: 13 mar. 2022.

OLIVEIRA, M. R. DE. A utilização de modelo didático facilitador do ensino de genética. **Anais IV CONAPESC**. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56430>. Acesso em: 13 mar. 2022.

OLIVEIRA P. S. D. *et al.* O processo ensino-aprendizagem no curso de graduação em enfermagem: uma revisão de literatura. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, n. 20, p.

e490, 10 mar. 2019. Disponível em:

<https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/490>. Acesso em: 13 mar. 2022.

OLIVEIRA DA SILVA, K. P. *et al.* A Educação do Campo e o ensino de genética: uma possibilidade didática investigativa. **Revista Brasileira de Educação do Campo**, v. 6, p. e12757, 15 dez. 2021. Disponível em:

<https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/campo/article/view/12757>. Acesso em: 13 mar. 2022.

PEIXOTO, M. A. N. A encenação teatral como metodologia no ensino Biologia Molecular. **Revista Brasileira de Educação Básica**. Vol. 1, Nº 2. 2017. Disponível em:

<https://doi.org/10.22409/resa2019.v12i1.a21639>. Acesso em: 20 mar. 2022.

PINHATI, FERNANDA R. Eletroforese de DNA: dos laboratórios de biologia molecular para as salas de aula. **Química Nova na Escola (Impresso)**, v. 37, p. 316-319, 2015.

Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_4/12-EEQ-84-13.pdf. Acesso em: 20 mar. 2022.

PORTO, M. *et al.* Metodologias alternativas para o ensino de Biologia celular e molecular para o ensino básico. **Revista Ampliar**, v. 2, n. 2, p. 1–12, 2015. Disponível em:

<https://gravatai.ulbra.tche.br/jornal/index.php/revistaampliar/article/view/74>. Acesso em: 13 mar. 2022.

ROQUE, A. A. *et al.* On the path of gene expression: a pedagogical proposal for teaching Biology. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e906975090, 2020.

Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5090>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SANTOS, M. *et al.* Difusão da Ciência: Oficinas em Biologia Molecular para professores e alunos do ensino médio no município de Passos (MG) e seu entorno. **Ciência ET Praxis**. V. 8, n. 16, p. 7–12, 2017. Disponível em:

<https://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/view/2182>. Acesso em: 13 fev. 2022.

SANTOS, E. F. DOS *et al.* Biotecnologia na sala de aula: aprendizagem através do jogo didático “bases para biotecnologia e caminhos para eletroforese. **Experiências em Ensino de Ciências**, V.15, No.1. 2020. Disponível em:

https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID679/v15_n1_a2020.pdf. Acesso em: 20 mar. 2022.

SILVA, A. C. D. AND N. V. MELICIANO. Simplificando o ensino-aprendizagem de genética para os alunos de 1º ano do ensino médio de uma escola pública do Amazonas. **Iniciação & Formação Docente**. 1:1-18.2014. Disponível em:

<https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/revistagepadle/issue/view/69>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SILVA, M. A; JAELSON, S. Cultura maker e educação para o século XXI: relato da aprendizagem mão na massa no 6º ano do ensino fundamental/integral do sesc ler Goiana. *In: XVI Congresso Internacional de Tecnologia na Educação. Anais*. 2018.

<https://www.tecnologianaeducacao.com.br/anais/2018/pdf/comunicacao-oral/CULTURA%20MAKER%20E%20EDUCA%C3%87%C3%83O%20PARA%20O%20%C3%89CULO%20XXI%20RELATO%20DA%20APRENDIZAGEM%20M%C3%83O%20NA%20MASSA%20NO%206%C2%BA%20ANO%20DO%20ENSINO%20FUNDAMENTA LINTEGRAL%20DO%20SESC%20LER%20GOIANA.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SILVA, M. I. *et al.* Os conceitos de gene e DNA por alunos ingressantes na UNIFAL-MG e a efetividade da dramatização como estratégia de ensino de Biologia Molecular. **Revista de Ensino de Bioquímica**. 12, 24-36. 2014. Disponível em:

<https://www.sumarios.org/artigo/os-conceitos-de-gene-e-dna-por-alunos-ingressantes-na-unifal-mg-e-efetividade-da-dramatiza%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SILVA M.I DA, *et al.* Jogo AminoUNO: Uma Ferramenta Alternativa Para O Ensino Da Síntese De Proteínas No Ensino Médio. **Revista de Ensino de Bioquímica**. v. 12. n.1. 2013. Disponível em:

<http://www.bioquimica.org.br/revista/ojs/index.php/REB/article/view/274/0>. Acesso em: 4 mar. 2022.

SILVA, T. F. DA. Jogando que se aprende: Gamificação de conteúdos didáticos no Ensino de Biologia. **Revista Vivências em Ensino de Ciências**, p. 229, 2019.

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/vivencias/article/download/243836/34113>. Acesso em: 4 mar. 2022.

SILVA, R. N. O. Projetos de ensino - genética, a culpa é sua?: divulgando e transmitindo conceitos de genética – uma prática que constrói. **Anais VI CONEDU**. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/62277>. Acesso em: 09 mar. 2022.

SILVA, V. T; MENEZES, J. P. C. DE. Uso de infográficos como ferramenta didática para o processo de tradução gênica no ensino médio em aulas relacionadas à Biologia Molecular. **Investigações em Ensino de Ciências**. 26.2. 2021. Disponível em:

<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/2280>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SILVA, H. M. DA S. Observações de uma oficina orientada sobre divisão celular: contribuições e possibilidades para o ensino de genética e Biologia molecular através da construção de modelos didáticos. **Scientia Generalis**. V. 3, n. 1, p. 1–21, 2022.

Disponível em: <http://scientiageneralis.com.br/index.php/SG/article/view/211>. Acesso em: 5 mar. 2022.

SIMÕES, C. M. R. **Livro didático**: uma análise crítica no conteúdo de Biologia molecular contido em livros de Biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais. (2019). 113f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/35171>. Acesso em: 20 mar. 2022.

SOUZA, J. Y. K. *et al.* Um jogo educativo para o ensino do código genético de forma lúdica. *In: SBC Proceedings of SBGames*. 1288-1231. 2019. Disponível em:

><https://www.sbgames.org/sbgames2019/files/papers/EducacaoShort/198295.pdf>.
Acesso em: 20 mar. 2022.

STINGHEN, R. S. **Tecnologias na educação**: dificuldades encontradas para utilizá-la no ambiente escolar. 32f. Curso de Especialização em Educação na Cultura digital. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/169794/TCC_Stinghen.pdf?sequencia=1. Acesso em 18 out. 2021.

TONETE, D. C. **Análise do ensino-aprendizagem de Biologia nos anos finais da educação básica, uma perspectiva dos conteúdos de genética, bioquímica, fisiologia e Biologia celular**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/20608>. Acesso em: 20 mar. 2022.

TOSTA, E. M. *et al.* Extração e observação de molécula de DNA-Ferramenta para auxiliar no ensino de Biologia: DNA molecule extraction and observation-Tool to assist in Biology teaching. **Health and Biosciences**, v. 1, n. 3, p. 68-77, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/healthandbiosciences/article/view/33647>. Acesso em: 20 mar. 2022.

VERGANI, T. **Excrementos do sol**: a propósito de diversidades culturais. 1. ed. Lisboa: Pandora, 1995.

VIVARINI, Á. DE C. *et al.* Análise do aprendizado de Genética e Biologia Molecular em um pré-vestibular social: um reflexo do Ensino Médio. **Revista Educação Pública**, v. 21, nº 9, 16 de março de 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/9/analise-do-aprendizado-de-genetica-e-biologia-molecular-em-um-pre-vestibular-social-um-reflexo-do-ensino-medio>. Acesso em: 20 mar. 2022.

VITÓRIA, A. B. *et al.* Amigoácidos: uma proposta lúdica para o ensino de Biologia molecular. *In*: Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment, 27, 2018, Foz do Iguaçu, PR. **Anais**. Porto Alegre: SBC, 2018. Disponível em: <https://www.sbgames.org/sbgames2018/files/papers/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

VILHENA L. *et al.* Jogo Bozó Genético: uma proposta didática como alternativa para o ensino da replicação de DNA no Ensino Médio. **Journal of Biochemistry Education**. 14;57-67. 2016. Disponível em: https://redib.org/Record/oai_articulo1098922-jogo-boz%C3%B3-gen%C3%A9tico-uma-proposta-did%C3%A1tica-como-alternativa-para-o-ensino-da-replica%C3%A7%C3%A3o-do-dna-ensino-m%C3%A9dio. Acesso em: 20 mar. 2022.

XAVIER, C; CAVALCANTI, D. Desenvolvimento de um kit didático de eletroforese para o ensino prático de Biologia Molecular na educação básica e superior. **Journal of Biochemistry Education**. V. 15. 2017. Disponível em:

https://redib.org/Record/oai_articulo1284435-desenvolvimento-de-um-kit-did%C3%A1tico-de-eletofórese-para-o-ensino-pr%C3%A1tico-de-biologia-molecular-na-educa%C3%A7%C3%A3o-b%C3%A1sica-e-superior. Acesso em: 20 mar. 2022.

NOTAS

IDENTIFICAÇÃO DE AUTORIA

Wagner Lopes. Biólogo, com mestrado em Microbiologia Médica Universidade do Estado do Rio de Janeiro, doutorado em Bioquímica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Especialização em Docência para Educação Profissional, Científica e Tecnológica pelo Instituto Federal do Pará. Tecnologista na área de biologia Molecular Fundação Oswaldo Cruz, Farmanguinhos, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

E-mail: wagner.lopes@fiocruz.br

 <https://orcid.org/0009-0003-7242-6107>

Rebeka Moreira Monteiro do Nascimento. Licenciada em Ciências Biológicas, Instituto Federal da Paraíba (IFPB). Pós-graduanda no Instituto Federal do Pará (IFPA), Itaituba, Pará, Brasil.

E-mail: rebekamnascimento@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0003-5234-8869>

Herley Machado Nahum. Doutoranda em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal do Pará (UFPA). Servidora pública como professora de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico no Instituto Federal do Pará (IFPA), Itaituba, Pará, Brasil.

E-mail: herley.nahum@ifpa.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-8951-0378>

AGRADECIMENTOS

Não se aplica.

FINANCIAMENTO

Não se aplica.

CONSENTIMENTO DE USO DE IMAGEM

Não se aplica.

APROVAÇÃO DE COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Não se aplica.

LICENÇA DE USO

Autores mantêm os direitos autorais e concedem à revista ENSIN@ UFMS – ISSN 2525-7056 o direito de primeira publicação, com o trabalho simultaneamente licenciado sob a Licença Creative Commons Attribution (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartilhar e adaptar o trabalho, para fins não comerciais, reconhecendo a autoria do texto e publicação inicial neste periódico, desde que adotem a mesma licença, compartilhar igual.

EDITORES

Patricia Helena Mirandola Garcia, Eugenia Brunilda Opazo Uribe, Gerson dos Santos Farias.

HISTÓRICO

Recebido em: 04/04/2023 - Aprovado em: 18/11/2023 – Publicado em: 31/12/2023.

COMO CITAR

LOPES, W.; NASCIMENTO, R. M. M.; NAHUM, H. M. A Abordagem dos conteúdos de Biologia Molecular no Ensino Médio utilizando Metodologias Educativas. **Revista ENSIN@ UFMS**, Três Lagoas, v. 4, n. 8, p. 496-520. 2023.