



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA

JOSEFA VERÔNICA DE MOURA VIEIRA

**MODELOS TRIDIMENSIONAIS DAS MOLÉCULAS DE DNA E mRNA: CRIAÇÃO
DE RECURSOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO MÉDIO**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

JOSEFA VERÔNICA DE MOURA VIEIRA

**MODELOS TRIDIMENSIONAIS DAS MOLÉCULAS DE DNA E mRNA: CRIAÇÃO
DE RECURSOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO MÉDIO**

TCC apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico da Vitória, como requisito para a obtenção do título de licenciado em biologia.

Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Bernardo de Lima Júnior.

Coorientador: Prof. Dr. Cristiano Aparecido Chagas.

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Vieira, Josefa Verônica de Moura.

Modelos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA: criação de recursos didáticos para o ensino médio / Josefa Verônica de Moura Vieira. - Vitória de Santo Antão, 2023.

55p. : il., tab.

Orientador(a): Nivaldo Bernardo de Lima Junior

Coorientador(a): Cristiano Aparecido Chagas

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Ciências Biológicas - Licenciatura, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. ácidos nucleicos. 2. educação básica. 3. ensino de biologia. 4. modelo didático. 5. genética. I. Lima Junior, Nivaldo Bernardo de. (Orientação). II. Chagas, Cristiano Aparecido. (Coorientação). IV. Título.

570 CDD (22.ed.)

JOSEFA VERÔNICA DE MOURA VIEIRA

**MODELOS TRIDIMENSIONAIS DAS MOLÉCULAS DE DNA E mRNA: CRIAÇÃO
DE RECURSOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO MÉDIO**

TCC apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico da Vitória, como requisito para a obtenção do título de licenciado em biologia.

Aprovado em: 19/09/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nivaldo Bernardo de Lima Júnior (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Profa. Dra. Erika Maria Silva Freitas (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Profa. Dra. Ketsia Sabrina do Nascimento Marinho (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Dedico este trabalho primeiramente à Deus que sempre me guiou e me deu forças para continuar, secundamente aos meus pais Maria de Melo e Cícero Fernandes por todo apoio e incentivo em mim depositados e ao meu avô Otávio Carneiro que se faz presente em meu coração e memória.

AGRADECIMENTOS

É com muita felicidade que concluo mais essa etapa da minha vida. Não há palavras para descrever os sentimentos que sinto ao saber que finalmente, após tantos anos de luta, esforço, desafios e situações difíceis, cheguei ao fim do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas e com esse trabalho conquistar o tão esperado título de Bióloga que significa muito para mim, principalmente vindo de uma Universidade Federal.

Diante disto, só tenho a agradecer por tudo e em especial:

À Deus pela clareza em mim depositada e a iluminação do Espírito Santo sobre meus passos e pensamentos, à Nossa Senhora das Graças que sempre intercedeu por mim.

Aos meus pais, pela colaboração, dedicação e incentivo em toda minha vida pessoal e profissional. Sem eles eu não estaria chegando onde estou hoje, pois todo apoio durante minha formação veio deles.

Ao meu orientador o Professor Dr. Nivaldo Bernardo de Lima Junior e coorientador o Professor Dr. Cristiano Aparecido Chagas, pelas orientações ao longo do desenvolvimento desse trabalho e em conhecimentos trocados durante algumas disciplinas do curso.

Agradeço a todos os professores do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, especialmente do Centro Acadêmico de Vitória - CAV, que contribuíram para que esse sonho fosse realizado, assim como as amigas e conexões estabelecidas ao longo de todo curso que levarei para vida, em especial minhas amigas que formam o grupo “Estrelas do mar” Elayne Maria; Maria Vitória e Thayres Liryelly.

Sou grata a todos que torceram por mim e contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste TCC e finalmente a conquista do título de Bióloga pela UFPE.

Enfim, sou grata a mim mesma, por tudo, até porque se não fosse por mim também, nada disso estaria acontecendo.

GRATIDÃO!

“A ciência e a vida cotidiana não podem e não devem ser separadas”.

- Rosalind Franklin

RESUMO

O ensino de conteúdos sobre genética molecular no ensino médio, apresenta alguns desafios por serem difíceis dos estudantes assimilarem à sua realidade. Em vista disso, é necessário que o professor utilize metodologias inovadoras na sala de aula como o uso de modelos didáticos que representam estruturas microscópicas de maneira macroscópica. Nesse sentido, o presente estudo objetivou criar dois modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA para o ensino médio. Os materiais utilizados foram selecionados de forma a serem acessíveis e resistentes ao uso, pensando no custo-benefício. Além disso, foi elaborado um manual com as instruções de criação desses modelos para os docentes de biologia do ensino médio. Sendo assim, esses modelos tridimensionais possuem especificidades importantes que ainda não foram encontradas em outros trabalhos como a alta durabilidade e por dispor de algumas partes montáveis/desmontáveis, o que pode tornar o processo de aprendizagem mais interativo para os discentes, bem como facilitar a mediação do ensino pelo docente. Desse modo, a utilização de metodologias diversas associadas ao uso de modelos didáticos tridimensionais, podem ser manuseados pelos alunos em sala de aula, além de promover uma maior eficácia no processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: ácidos nucleicos; educação básica; ensino de biologia; modelo didático; genética.

ABSTRACT

Teaching content about molecular genetics in high school presents some challenges as it is difficult for students to assimilate to their reality. In view of this, it is necessary for the teacher to use innovative methodologies in the classroom, such as the use of teaching models that represent microscopic structures in a macroscopic way. In this sense, the present study aimed to create two three-dimensional didactic models of DNA and mRNA molecules for high school. The materials used were selected to be accessible and resistant to use, with cost-benefit in mind. In addition, a manual was prepared with instructions for creating these models for high school biology teachers. Therefore, these three-dimensional models have important specificities that have not yet been found in other works, such as high durability and having some mountable/dismountable parts, which can make the learning process more interactive for students, as well as facilitating mediation of teaching by the teacher. In this way, the use of different methodologies associated with the use of three-dimensional didactic models can be handled by students in the classroom, in addition to promoting greater effectiveness in the teaching-learning process.

Keywords: nucleic acids; basic education; biology teaching; didactic model; genetics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Quadro 1 – Materiais utilizados para a confecção dos modelos didáticos tridimensionais das estruturas moleculares do DNA e do mRNA. 22
- Quadro 2: Dimensões das estruturas (cm) de ferro de estribo, utilizadas na construção dos modelos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA. 22
- Quadro 3: Dimensões dos suportes (cm) de cimento, utilizadas para apoiar as estruturas das moléculas de DNA e mRNA. 23
- Quadro 4: Dimensões (cm) das bases nitrogenadas, ligações de hidrogênio, grupos fosfatos e açúcares, feitos de fio plástico do tipo espaguete para as moléculas de DNA e mRNA. 23

LISTA DE ABREVIACOES

DNA	Ácido Desoxirribonucleico
RNA	Ácido Ribonucleico
mRNA	Ácido Ribonucleico mensageiro
OH	Grupo hidroxila
A	Adenina
T	Timina
C	Citosina
G	Guanina
U	Uracila
tRNA	Ácido ribonucleico transportador
rRNA	Ácido ribonucleico ribossômico
snRNA	Ácido ribonucleico nucleares
miRNA	Micro ácido ribonucleico
siRNA	Ácido ribonucleico de interferência
piRNA	Ácido ribonucleico de interação <i>piwi</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Estruturas das moléculas de DNA e de RNA	16
2.2 A Genética na Educação Básica – Ensino Médio.....	17
2.3 A importância dos modelos didáticos no processo de ensino-aprendizagem na Educação Básica.....	18
3 OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo geral	20
3.2 Objetivos específicos.....	20
4 METODOLOGIA.....	21
4.1 Materiais utilizados para a elaboração dos modelos didáticos tridimensionais	21
4.2 Dimensões dos modelos didáticos	22
4.3 Etapas de elaboração dos modelos didáticos tridimensionais	23
4.3.1 <i>Etapa 1: cortes, medidas e tamanho das estruturas das moléculas de DNA e mRNA com ferro de estribo</i>	<i>23</i>
4.3.2 <i>Etapa 2: montagem da estrutura das moléculas de DNA e mRNA com ferro de estribo</i>	<i>23</i>
4.3.3 <i>Etapa 3: preparação da base de cimento e acabamento das estruturas das moléculas de DNA e mRNA.....</i>	<i>24</i>
4.3.4 <i>Etapa 4: acabamento das estruturas com fio plástico do tipo espaguete</i>	<i>24</i>
4.3.5 <i>Etapa 5: bases nitrogenadas e ligação de hidrogênio com fio de plástico do tipo espaguete</i>	<i>25</i>
4.3.6 <i>Etapa 6: caixa organizadora pequena de papel para guardar as peças</i>	<i>25</i>
4.4 Manual de confecção de modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA para docentes de Biologia do ensino médio.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

APÊNDICE A - MANUAL DE CONFECÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS TRIDIMENSIONAIS DAS MOLÉCULAS DE DNA E mRNA PARA DOCENTES DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO	39
--	-----------

1 INTRODUÇÃO

O ensino de genética no ensino médio é uma área importante para educação de ciências biológicas, devido sua importância para compreensão de princípios fundamentais da hereditariedade e variabilidade genética. Em contrapartida, seus conteúdos no ensino médio possuem conceitos abstratos, tornando desafiador a compreensão e entendimento dos alunos (Santos, 2017). A impossibilidade de visualização macroscópica das estruturas moleculares é apontada como um dos principais quesitos de dificuldade no processo de aprendizagem. Isso acontece porque, além da sua complexidade, essa área apresenta também obstáculos na assimilação ao cotidiano do alunado (Araújo *et al.*, 2018; Larentis *et al.*, 2020).

Somado a essa problemática, observa-se que os discentes se encontram divididos entre aqueles que se interessam pelo conteúdo, e aqueles que demonstram pouco interesse. Esses últimos, geralmente, apresentam dificuldade no entendimento dos conceitos e das suas aplicações por conta da maneira que são abordados nas aulas, a exemplo, da falta de recursos práticos (Oliveira *et al.*, 2018). Apesar disso, os discentes reconhecem alguns conceitos da genética, como a relação do gene com as características hereditárias, evidenciando que mesmo não compreendendo o conteúdo de modo geral, apresentam conhecimentos prévios assimilados com seu cotidiano, acerca da área da genética que estuda a hereditariedade (Silva *et al.*, 2021b).

A utilização de modelos didáticos apresenta-se eficaz, pois colabora para motivar e superar dificuldades, favorecendo no entendimento dos conteúdos de genética. Além disso, serve de aporte aos professores que apresentam limitações da própria instituição, colaborando na aprendizagem de conteúdos densos e promovem melhoria na contextualização e visualização de temas moleculares, como é o caso das estruturas do Ácido Desoxirribonucleico (DNA) e do Ácido ribonucleico (RNA). Essas moléculas são fundamentais para o entendimento da biologia, visto que participam do armazenamento de informações hereditárias, além de diversos outros processos biológicos como a síntese proteica. Ademais, muitos estudos abordam modelos didáticos sobre o DNA, o qual apresenta-se como uma estrutura imóvel, sem que o aluno interaja de forma dinâmica com esses modelos (Alberts *et al.*, 2017; Gomes *et al.*, 2019; Welter; Retuci; Soares, 2019; Larentis *et al.*, 2020; Gonçalves; Karasawa, 2022b).

Sabendo disso, é necessária a diversificação de aulas expositivas, juntamente às práticas, com recursos que auxiliarão no processo de ensino-aprendizagem dos alunos, bem como na dinamização da prática docente. Outrossim, os modelos didáticos são ferramentas excelentes para fazer essa descontração da teoria em sala, sendo uma construção estrutural das estruturas microscópicas, que em sua realidade são difíceis de serem visualizadas, tornando-as,

diretamente assimiláveis pelos alunos para que alcancem a aprendizagem com mais facilidade. Como no ensino da biologia, existem muitas dificuldades em desenvolver estratégias que tornem a realidade microscópica em macroscópica, os modelos didáticos surgem com o objetivo principal de mitigar essa problemática (Oliveira *et al.*, 2018; Custódio Neto, 2020; Aguilar-Aleixo, 2021; Silva *et al.*, 2021b).

Diante dessa necessidade, há um aumento na produção desses materiais, colaborando no fortalecimento e incentivo para que mais professores adotem essa metodologia, a fim de promover aulas mais dinâmicas e atrativas. Além disso, ao alinhar o modelo didático com a prática docente há um resultado eficaz no entendimento do conteúdo, rompendo com a aprendizagem mecânica pautada apenas na memorização. Para isso é necessário a utilização desse recurso em consonância com aulas expositivas dialogadas em que o professor seja um mediador na construção do conhecimento (Melo *et al.*, 2018; Larentis *et al.*, 2020; Gomes; Lage, 2022; Gonçalves; Karasawa 2022b).

Ademais, os professores da Educação Básica se deparam com obstáculos no planejamento e execução das aulas sobre a genética. Assim, apontam a necessidade de melhoramento nas condições estruturais da instituição, que afetam tanto a realização de metodologias inovadoras. Dentro desse contexto, há a necessidade de se manterem atualizados, por meio de formações, pesquisas ou especializações, visando a diversificação de suas metodologias, tornando-as adaptáveis às particularidades de cada escola. Diante disso, a inovação de metodologias, como aulas diagnósticas prévias e mediação do conteúdo atrelado ao uso de modelos didáticos, poderão promover eficácia na aprendizagem, além de melhorar o envolvimento da turma durante as aulas e reduzir a dispersão dos alunos (Alexandre; Mendonça; Mendonça, 2017; Araújo *et al.*, 2018; Catelan; Rinaldi, 2018; Karasawa, 2021; Duarte; Santos, 2022; Gonçalves; Karasawa, 2022a).

A fim de contribuir para o ensino dos conteúdos que abordam sobre as moléculas de ácidos nucleicos, foram criados dois modelos didáticos que podem estimular o interesse, a assimilação, a participação e a interação dos discentes, influenciando diretamente no processo de ensino-aprendizagem, por meio da visualização macroscópica das moléculas de DNA e mRNA (RNA mensageiro) e do manuseio dinâmico, já que algumas partes desses modelos são desmontáveis e montáveis. Nesse contexto, o objetivo geral do referente trabalho consistiu em construir dois modelos didáticos tridimensionais das estruturas das moléculas de DNA e mRNA, para a aprendizagem de Biologia no ensino médio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Estruturas das moléculas de DNA e de RNA

Em 1940 muito se discutia sobre o DNA, não se aceitava que o DNA era o material genético, visto que se sabia apenas de um longo polímero composto por quatro subunidades, diante disso a cientista Rosalind Franklin destacou-se por fotografar através da cristalografia a dupla hélice da molécula de DNA em 1952, sendo a estrutura de fita dupla elucidada por Watson e Crick (Alberts *et al.*, 2017).

A molécula de DNA é constituída por nucleotídeos ligados entre si por ligação fosfodiéster entre os átomos de carbono 5' e 3'. Essa molécula é composta por açúcares do tipo pentose (cinco carbonos em sua estrutura), que estão ligados a um ou mais grupos fosfatos e uma base nitrogenada, formando estrutura helicoidal dupla, contendo quatro subunidades nucleotídicas, que são: adenina – A, citosina – C, guanina – G e timina – T. Além disso, essas bases nitrogenadas estão conectadas por ligações de hidrogênio, sendo a adenina e a timina unidas por duas ligações, enquanto a citosina e a guanina unem-se por três ligações de hidrogênio (Alberts *et al.*, 2017).

O ácido ribonucleico (RNA) difere do DNA, como por exemplo na cadeia de nucleotídeos, que neste caso é uma fita simples, já o DNA possui um átomo de hidrogênio ligado ao carbono 2', o RNA possui um grupo hidroxila (OH). O RNA não possui a timina (T), mas sim a base pirimidínica uracila (U) que se liga a adenina (A). O RNA, fita simples, é produzido a partir da transcrição do DNA e é complementar a sequência de bases da cadeia de DNA molde. Por possuir uma fita simples, pode apresentar diferentes conformações, como por exemplo dobrar-se entre si (Griffiths *et al.*, 2013; Alberts *et al.*, 2017).

O RNA pode ser agrupados em Mensageiro (mRNA) passando informação do DNA para proteína, e em Funcional sendo o produto funcional final e ativo como RNA. O funcional se divide em RNA transportador – tRNA leva aminoácidos para o mRNA na tradução, e o RNA ribossômico – rRNA conduzem a montagem da cadeia de aminoácidos através do mRNA e tRNA. Pequenos RNA nucleares específico dos eucariotos, existem os– snRNA processam o ácido ribonucleico transcritos nessas células. Outras classes do RNA funcional são: MicroRNA – miRNA regula a quantidade de proteínas produzidas por genes eucarióticos, Pequenos RNA de interferência – siRNA e RNA de interação *piwi* – piRNA protegem o genoma de animais e plantas (Griffiths *et al.*, 2013).

2.2 A Genética na Educação Básica – Ensino Médio

De acordo com o Currículo de Pernambuco (2021), para o ensino médio, que dispõe sobre as competências e habilidades propostas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (2018), essa etapa da Educação Básica encontra-se dividida em quatro áreas do conhecimento, dentre as quais a biologia está inserida em Ciências da Natureza e suas Tecnologias, de forma que essas áreas do conhecimento podem ser vivenciadas com propósito interdisciplinar (Recife, p. 62, 2021).

Entre os objetos do conhecimento que fazem parte da biologia no ensino médio, está o estudo da genética e especificamente das moléculas de DNA e RNA, sendo um dos principais conteúdos para o entendimento da genética (Oliveira *et al.*, 2018). Esse conteúdo é trabalhado, sobretudo, no 3º ano dessa etapa de ensino, conforme está detalhado na habilidade de área da BNCC, EM13CNT304:

Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista (Brasil, p. 119, 2018)

A genética é vista pelos alunos como complexa de ser assimilada com o seu cotidiano, principalmente, por ser necessário conhecimentos interdisciplinares, como é o caso da matemática, utilizada no estudo da hereditariedade, o que acaba afetando no processo de ensino-aprendizagem. Por conta disto, é necessário que os professores reconheçam a importância da interdisciplinaridade e de aulas dinâmicas para o entendimento científico dos discentes (Araújo *et al.*, 2018; Catelan; Rinaldi, 2018; Welter; Retuci; Soares, 2019; Araújo; Leite 2020).

Dentro desse contexto, na maioria das vezes em escolas públicas, os conteúdos sobre as estruturas do DNA e do RNA são abordados sem aparato teórico-prático fundamental, considerando que a genética é um ramo de estudo da ciência que está em constante atualização o que torna o processo de aprendizagem ainda mais complexo e desafiador para a construção do conhecimento (Oliveira *et al.*, 2018). É por meio da genética que os discentes compreendem muitos fenômenos e processos biológicos a nível molecular (Oliveira *et al.*, 2018). Na Educação Básica é primordial que o aluno tenha este contato e entendimento do mundo científico, a fim de refutar hipóteses controversas com intuito de mitigar equívocos que causam problemas em sociedade, por meio de pesquisas científicas (Silva; Pinto; Morado, 2023).

Na atualidade a falta de reconhecimento e valorização aos discentes é um fator crítico, em que professores graduados há alguns anos com metodologias de sua época, possuem limitações em desenvolver estratégias diversificadas para ministrar suas aulas, por falta de estímulo e estrutura das instituições, sendo imprescindível participar de formações continuadas para atualização docente. Por outro lado, docentes recém-formados, tem encontrado, com maior disponibilidade, atualizações e formações que ofertam um embasamento mais direcionado para elaboração de propostas inovadoras, apresentando maiores possibilidades metodológicas didáticas para trabalhar na sala de aula (Welter; Retuci; Soares, 2019; Adams, 2022).

A inclusão de metodologias ativas no processo de ensino-aprendizagem é necessária, pois a utilização apenas de um recurso, como o livro didático não supre a necessidade de assimilação do alunado, o que pode tornar a aula monótona ao ponto de deixar os estudantes desinteressados nos conteúdos ministrados. Essas metodologias podem contribuir positivamente para instigar a curiosidade, fazendo com que apresentem desejo em buscar conhecimento investigativo (Araújo *et al.*, 2018).

2.3 A importância dos modelos didáticos no processo de ensino-aprendizagem na Educação Básica

No ensino da Educação Básica atual, geralmente prevalece o uso de metodologias ultrapassadas, de modo que na maior parte dos casos, não promovem eficácia na aprendizagem, porém uma forma de mitigar essa problemática seria a construção de diferentes metodologias por parte dos professores, que proporcionem ao aluno subsídios para um melhor entendimento do conteúdo (Pinheiro, 2021). Nesse sentido, Coelho (2021) evidencia a importância de aulas expositivas que sintetizem o conteúdo, atreladas às aulas práticas ou a qualquer outro tipo de metodologia ativa, como os modelos didáticos, que dinamize o conteúdo teórico visto em sala.

Um modelo didático é uma ferramenta que influencia o processo de ensino-aprendizagem e, conseqüentemente, a prática pedagógica de modo a adequar o conteúdo para a melhor visualização do estudante e aproveitamento do conteúdo durante a mediação realizada pelo professor. Com isso, utilizar modelos didáticos, nos quais as aulas tornem-se interativas, influencia na aprendizagem e no despertar do interesse dos alunos que poderão colaborar na execução das aulas e na construção do conhecimento (Alexandre; Mendonça; Mendonça, 2017).

Um fator importante para os docentes na elaboração de um modelo didático é o baixo custo, assim como a eficiência do modelo para avaliar a aprendizagem do aluno (Karasawa, 2021). Alguns fatores tornam-se obstáculos para que o professor faça uso de metodologias ativas como modelos didáticos, tendo em vista por exemplo a desmotivação profissional, desvalorização de métodos ou mesmo a infraestrutura escolar. Contudo, os alunos precisam de momentos diferenciados em sala de aula, para fixação do conteúdo e que tornem a aprendizagem eficaz (Silva; Sá; Nascimento, 2021a).

Segundo Lima *et al.* (2020a), os alunos despertam atenção ao montar modelos tridimensionais, visto que apresentam em sala, experiências apenas com imagens em livros e esses modelos por outro lado, instigam a curiosidade discente pelo conteúdo estudado e conseqüentemente uma melhor assimilação. Assim, um modelo didático pode estimular o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, em que o aluno pode observar características estruturais microscópicas, sendo possível apalpar, movimentar as estruturas, e a partir disso construir seu conhecimento, de modo a comparar o que observou em teoria na prática com os modelos (Gerpe, 2020).

Desse modo, modelos didáticos tridimensionais são imprescindíveis para que o aluno consiga visualizar estruturas mais aproximadas da realidade, tendo em vista que mesmo se houver laboratório na instituição de ensino, os alunos visualizam apenas um emaranhado de fios, pois o microscópio disponibilizado é o óptico e para visualizar a estrutura das moléculas de DNA e mRNA nesse nível do modelo didático, seria necessário um microscópio eletrônico (Felix *et al.*, 2019; Tosta; Gontijo; Corte, 2020). Além disso, um modelo que apresente partes montáveis e desmontáveis e resistência para uso a longo prazo, promove interação social e melhor entendimento do conteúdo (Silva; Morbeck, 2019).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Construir dois modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA e RNA mensageiro (mRNA), para o ensino médio.

3.2 Objetivos específicos

- Utilizar materiais com alta durabilidade, acessíveis e de baixo custo na elaboração dos modelos didáticos.
- Contribuir com modelos didáticos, com peças manuseáveis interativas, para o processo de ensino aprendizagem dos discentes.
- Elaborar um manual com todas as etapas de construção dos modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA, para os docentes de Biologia do ensino médio.

4 METODOLOGIA

O referente estudo possui abordagem qualitativa e descritiva, tendo em vista a elaboração dos modelos didáticos das moléculas de DNA e RNA mensageiro – mRNA (Pereira *et al.*, 2018). Na construção dos modelos foram necessários materiais específicos levando em conta os seguintes aspectos: durabilidade, usabilidade, facilidade de serem encontrados no mercado e principalmente o custo-benefício.

As elaborações das estruturas das moléculas passaram por algumas etapas, com um prazo de execução da proposta variando de um a dois dias para ficarem totalmente prontas. Os materiais utilizados, as etapas envolvidas nesse processo e as dimensões desses modelos estão detalhadas nos tópicos apresentados na sequência abaixo.

4.1 Materiais utilizados para a elaboração dos modelos didáticos tridimensionais

Os modelos didáticos foram confeccionados com materiais de baixo custo e acessíveis para professores de Ciências da Natureza (Biologia) da Educação Básica. Esses materiais encontram-se listados no quadro 1, e foram selecionados após levantamento de modelos didáticos das moléculas de DNA e RNA já publicados, sendo aprimorado a qualidade do material visando a resistência e durabilidade ao uso em sala de aula.

Quadro 1: Materiais utilizados para a confecção dos modelos didáticos tridimensionais das estruturas moleculares do DNA e do mRNA.

ITEM	QUANTIDADE / ESPECIFICAÇÃO
Ferro de estribo	1 Ferro de estribo – 6 metros
Tinta spray	Tinta spray cinza, secagem rápida
Cola instantânea	1 Cola rápida e resistente – 20g
Cimento	500g de cimento para construção
Areia	500g de areia para construção
Gesso em pó	1kg de gesso em pó
Fio plástico do tipo espaguete nas diferentes tonalidades: Laranja, verde escuro, verde claro, branco, amarelo e roxo.	Fio plástico, 50cm de cada cor
Fio plástico do tipo espaguete nas diferentes tonalidades: cinza e azul escuro	Fio plástico, 2 metros cada.
Caixa de papel com divisões	2 caixas de papel

Fonte: A autora (2023).

4.2 Dimensões dos modelos didáticos

A unidade de medida utilizada na confecção dos modelos foi o centímetro (cm), levando em consideração as três dimensões (altura, raio e diâmetro), além disso, os tamanhos foram antepostos visando uma melhor visualização em sala de aula, tendo em vista a disposição de alta quantidade de aluno e tamanho da sala em uma escola pública.

As medidas das estruturas das moléculas de DNA e mRNA, ambas feitas com ferro estão especificadas no quadro 2, as bases nitrogenadas, ligações de hidrogênio, grupos fosfato e açúcares no quadro 4. Por fim, as medidas dos suportes que apoiam as estruturas de ferro estão no quadro 3.

Quadro 2: Dimensões das estruturas (cm) de ferro de estribo, utilizadas na construção dos modelos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA.

ESTRUTURA	ALTURA	RAIO	DIÂMETRO
Para suporte da fita dupla e fita simples	80,0	0,25	0,5
Para suporte das bases nitrogenadas	9,0	0,25	0,5

Fonte: A autora (2023).

Quadro 3: Dimensões dos suportes (cm) de cimento, utilizadas para apoiar as estruturas das moléculas de DNA e mRNA.

ESTRUTURA	ALTURA	RAIO	DIÂMETRO
Suporte para o DNA	5,5	8,0	16,0
Suporte para o mRNA	7,0	5,75	11,5

Fonte: A autora (2023).

Quadro 4: Dimensões (cm) das bases nitrogenadas, ligações de hidrogênio, grupos fosfatos e açúcares, feitos de fio plástico do tipo espagete para as moléculas de DNA e mRNA.

ESTRUTURA	ALTURA	RAIO	DIÂMETRO
Bases nitrogenadas do DNA	3,0	0,4	0,8
Bases nitrogenadas do RNA	5,5	0,4	0,8
Ligações de hidrogênio do DNA	2,0	0,4	0,8
Grupos fosfato	2,0	0,4	0,8
Riboses e desoxirriboses (açúcares)	7,0	0,4	0,8

Fonte: A autora (2023).

4.3 Etapas de elaboração dos modelos didáticos tridimensionais

4.3.1 Etapa 1: cortes, medidas e tamanho das estruturas das moléculas de DNA e mRNA com ferro de estribo

Inicialmente, com o ferro de estribo em mãos e o auxílio de um arco serra, foram cortados quatro pedaços iguais com 80cm cada, em seguida, foram cortados, também 22 pedaços com 9cm cada. Essa parte foi crucial atentar-se as medidas corretas para não ocorrer desencontros dos ferros durante a montagem.

4.3.2 Etapa 2: montagem da estrutura das moléculas de DNA e mRNA com ferro de estribo

Com a ajuda de um soldador, foi firmado os pedaços menores em suas extremidades aos pedaços maiores, de modo a formar duas estruturas parecidas com escadas, cada uma com 11 “degraus” (ferros com 9cm).

Após cerca de 30 minutos, quando os ferros estavam frios, foi necessário prender uma das extremidades dessa “escada” em uma ferramenta como um torno morsa, para que fosse torcido a parte solta que ficou acima, de modo a formar a dupla hélice do DNA, sendo necessárias cerca de 2 torções de 360°, até assemelhar-se a estrutura do DNA.

É importante mencionar que, mesmo que uma das estruturas seja um mRNA, foi definida à medida necessária que até aqui sejam confeccionados de maneira iguais, o que conseqüentemente, ao final formaram duas peças dupla hélice. Com uma das peças em mãos já retorcidas para formar a estrutura em hélice, foi preciso serrar ao meio longitudinalmente, onde formam as bases de modo geral, separando duas fitas e assim formar a estrutura base do mRNA.

4.3.3 Etapa 3: preparação da base de cimento e acabamento das estruturas das moléculas de DNA e mRNA

Com auxílio de dois recipientes redondos, o maior com 7,75cm de diâmetro e 4,5cm de altura; o menor com 5,5cm de diâmetro e 6cm de altura, foi elaborada a partir destes moldes, a base do DNA e mRNA, respectivamente.

Em seguida, foi preparada a massa com 500g de areia, 500g de cimento e 300g de gesso em pó em um recipiente a parte, após isso, posicionou-se as estruturas dentro dos seus respectivos recipientes moldes, os quais foram preenchidos com a massa. A secagem levou cerca de 30 minutos devido ao gesso ter secagem rápida. Nesse momento com as moléculas tomando forma e sustentação, foi feito um melhor acabamento com tinta spray na cor cinza metálico, para evitar a oxidação na estrutura de ferro.

4.3.4 Etapa 4: acabamento das estruturas com fio plástico do tipo espaguete

Cada fita das moléculas, sendo duas do DNA e uma do mRNA, foi revestida com o fio plástico em cinza evidenciando nesta cor os açúcares (desoxirribose e ribose, respectivamente) e em azul escuro representando o grupo fosfato que compõe a estrutura do nucleotídeo. Ambos os fios plásticos foram cortados longitudinalmente para um melhor encaixe na peça e em seguida com o auxílio da cola instantânea foi possível fechar o fio plástico nos locais de abertura.

4.3.5 Etapa 5: bases nitrogenadas e ligação de hidrogênio com fio de plástico do tipo espaguete

Os demais fios plásticos do tipo espaguete coloridos, foram cortados em tamanhos iguais de 3 centímetros (cm) para representarem as bases nitrogenadas, da seguinte forma: laranja, para a adenina (A); verde escuro, para a Timina (T); roxo, para a Guanina (G); amarelo, para a Citosina (C); e verde claro, para a Uracila (U). Na representação das ligações de hidrogênio, foi utilizado fio plástico do tipo espaguete branco cortado com 2cm e diferenciado com dois traços para as que são de ligação dupla e com três traços, para as ligações triplas feitos com o auxílio de uma caneta esferográfica preta. No caso das bases do mRNA, foram cortados pedaços maiores com 4,5 cm, pois como essa molécula não teve representações de ligações de hidrogênio, suas bases foram exemplificadas em tamanho maior.

4.3.6 Etapa 6: caixa organizadora pequena de papel para guardar as peças

Para guardar as peças representativas das bases nitrogenadas e das ligações de hidrogênio, foram utilizadas caixinhas organizadoras pequenas de papel, com seis divisões. No caso do DNA, foram mantidas as seis divisórias, sendo quatro espaços para as bases e dois espaços a mais para separar os tipos de ligação de hidrogênio, dupla e tripla. Em contrapartida para o mRNA foi preciso adaptar a caixinha retirando uma das divisões, de modo a ficarem quatro espaços maiores que o anterior para as bases nitrogenadas, que neste modelo foram representadas em tamanho maior, por ser uma fita simples onde as peças necessitaram ser maior para melhor visualização, por isso a caixa precisa ter mais divisões maiores em tamanho.

4.4 Manual de confecção de modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA para docentes de Biologia do ensino médio

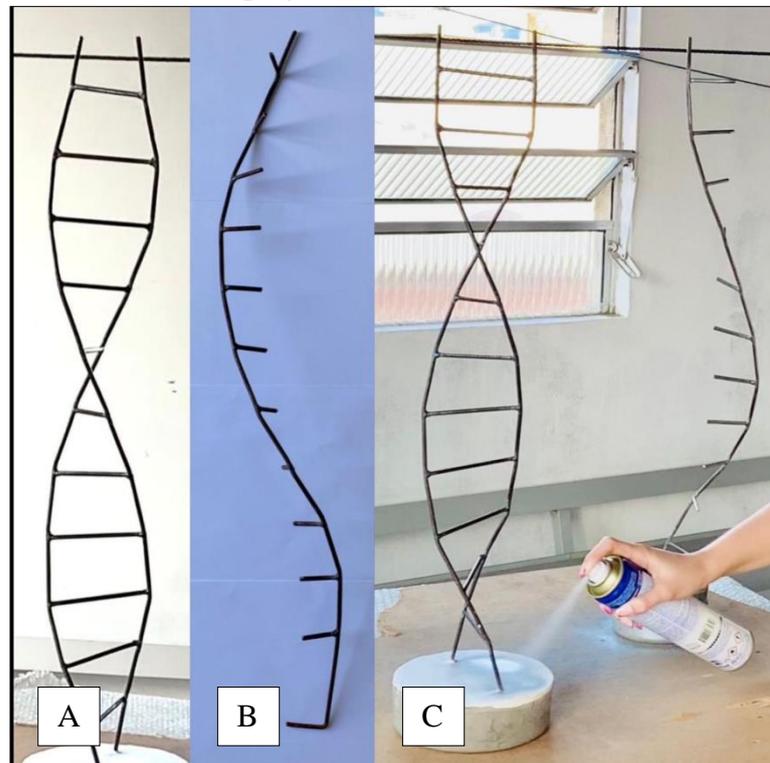
Com intuito de disponibilizar o passo a passo da construção dos modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA foi organizado um manual para o público docente de Biologia do ensino médio. Esse manual apresenta uma descrição detalhada e ilustrada das etapas de construção e será publicado posteriormente como material didático (Apêndice A).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de modelos didáticos com plano tridimensional oferece ao aluno uma visão macroscópica mais próxima de estruturas moleculares como é o caso da proposta deste trabalho, em que após a execução de todas as etapas apresentadas no passo a passo da elaboração, foram obtidos os modelos didáticos das moléculas de DNA e mRNA, ambas com altura de 75cm depois de prontas (Figs. 1 e 2).

Figura 1 – Estrutura das moléculas do DNA (A) montada após ser torcida e pedaços menores soldados; e do mRNA (B) após corte longitudinal. Ambas estruturas foram pintadas com tinta

spray cinza metálico (C).



Fonte: A autora (2023).

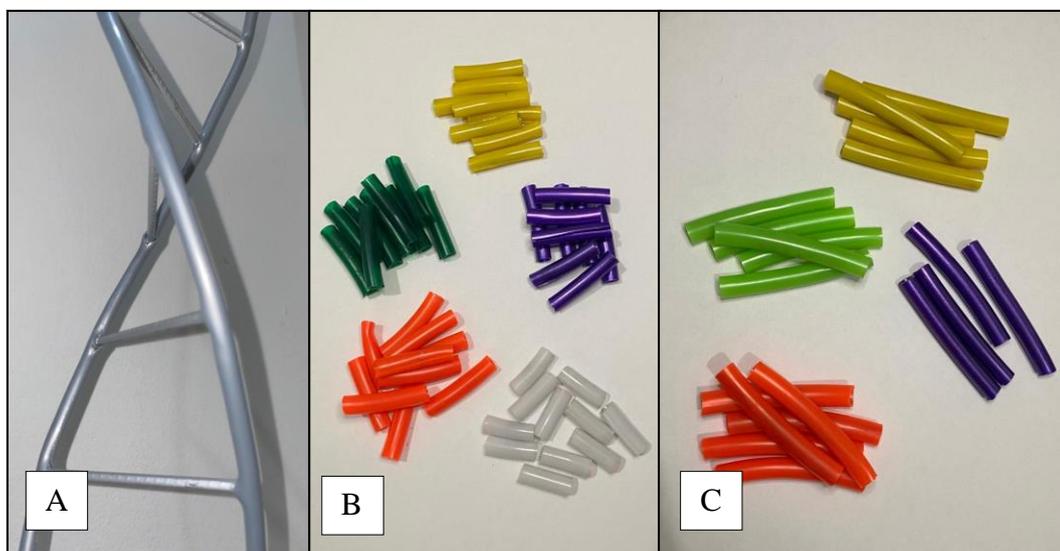
Figura 2 – Modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA (A) e mRNA (B); Açúcares (desoxirribose e ribose) apresentadas na cor cinza; e em azul escuro o grupo fosfato. Bases nitrogenadas apresentadas por cores, são elas: Adenina (A) laranja; Citosina (C) amarelo; Timina (T) verde escuro; Uracila (U) verde claro; Guanina (G) roxo.



Fonte: A autora (2023).

Assim, os modelos propostos foram elaborados com a utilização do fio plástico do tipo espaguete em diferentes cores, tanto para revestimento quanto para representação das bases nitrogenadas e das ligações de hidrogênio. Com isso, o estudante poderá visualizar de maneira mais atrativa a diferença entre as peças utilizadas (Fig.3).

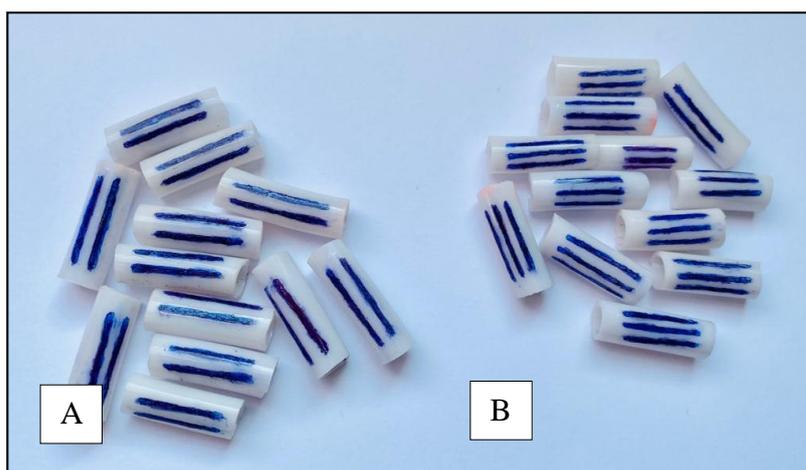
Figura 3 – Fitas revestidas com fio plástico do tipo espaguete cinza para acabamento da estrutura do DNA (A). Bases nitrogenadas e ligações de hidrogênio da molécula de DNA, sendo elas: Citosina – amarelo, Timina – verde escuro, Guanina – roxo, Adenina – laranja, ligações de hidrogênio – branco (B); Bases nitrogenadas da molécula de mRNA, sendo elas: Citosina – amarelo, Uracila – verde claro, Guanina – roxo, Adenina – laranja (C).



Fonte: A autora (2023).

As ligações de hidrogênio foram representadas por fios plásticos brancos com traços feitos com caneta esferográfica preta, representando as ligações de hidrogênio triplas e duplas. Esse tipo de representação auxilia na identificação do tipo de ligação que o aluno ou professor irá utilizar na montagem das moléculas (Fig. 4).

Figura 4 – Fios plásticos do tipo espaguete representando as ligações de hidrogênio duplas (A) e triplas (B).



Fonte: A autora (2023).

Em relação a molécula do DNA, as peças feitas de fio plástico do tipo espaguete, foram cortados longitudinalmente, facilitando o encaixe no ferro de estribo, além de dinamizar a aprendizagem do aluno e estimular a montagem em ordem diferente (Fig.5).

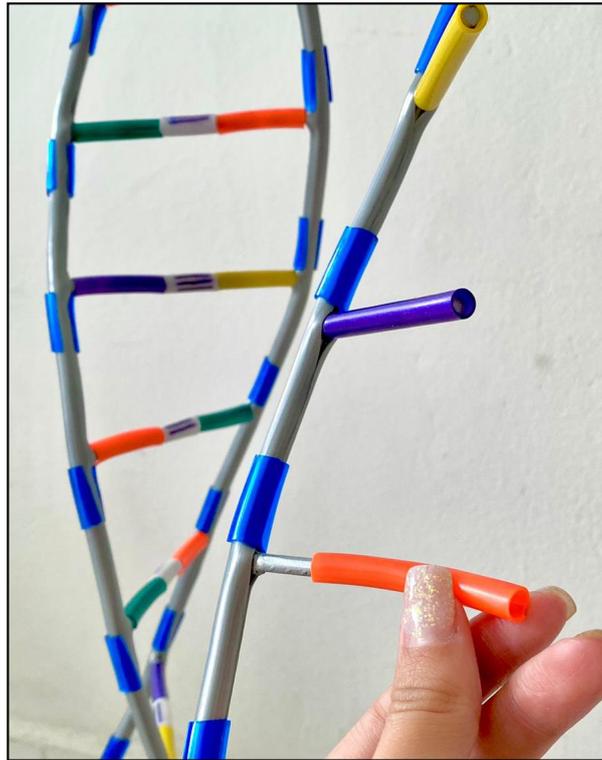
Figura 5 – Fios plásticos cortados longitudinalmente e colocados na estrutura da molécula de DNA, indicando as bases nitrogenadas, as ligações duplas e triplas de hidrogênio. O grupo fosfato está representado em azul, e os açúcares (desoxirribose) em cinza.



Fonte: A autora (2023).

O modelo da molécula de mRNA apresenta a mesma proposta de montagem da molécula de DNA, porém trata-se de apenas uma fita simples com suas bases nitrogenadas representadas por fios plásticos do tipo espaguete coloridos, que dessa vez, não foram cortadas longitudinalmente, visto que a estrutura do mRNA facilita o encaixe da peça sem a necessidade do corte (Fig. 6).

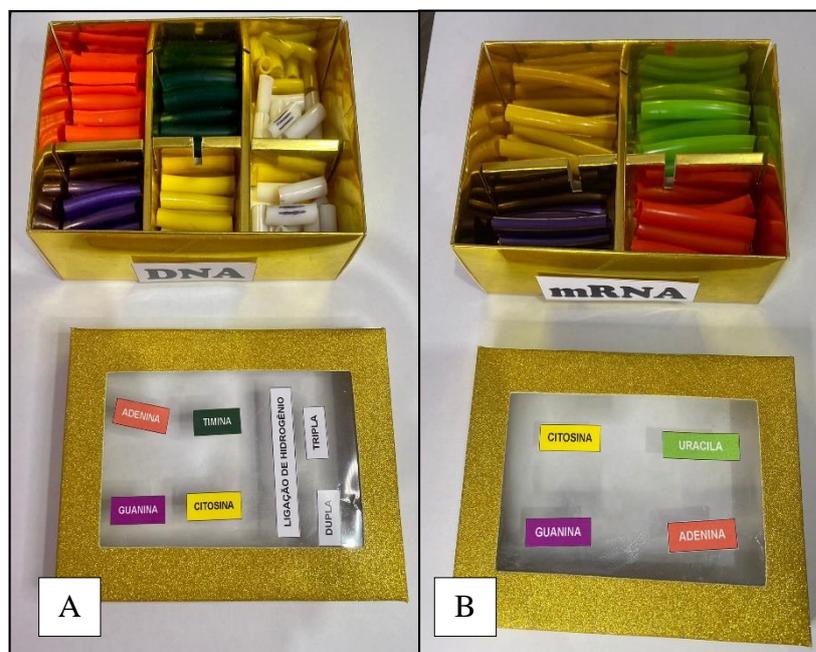
Figura 6 – Fios plásticos do tipo espaguete representando as bases nitrogenadas da molécula de mRNA.



Fonte: A autora (2023).

Para o armazenamento das peças (bases nitrogenadas e ligações de hidrogênio), foram utilizadas caixas organizadoras de papel com seis divisões para o DNA e quatro divisões para o mRNA. As caixas possuem plástico transparente na tampa que também é um diferencial, visto que facilita a visualização do material guardado. Em relação a quantidade das peças, são superiores à quantidade que o aluno irá utilizar nos modelos didáticos, fazendo com que sempre tenham peças sobrando na caixa de modo a manter a organização das cores. As tampas possuem os nomes indicados pelas cores das peças, para facilitar o entendimento do aluno ao assimilar a informação teórica da aula e exemplificar na prática com o modelo didático (Fig.7).

Figura 7 – Caixa organizadora de papel com tampa transparente, contendo as bases nitrogenadas e ligações de hidrogênio duplas e triplas da molécula de DNA (A); e bases nitrogenadas da molécula de mRNA (B).



Fonte: A autora (2023).

A utilização de modelos didáticos associada às aulas teóricas tem se mostrado eficaz (Oliveira *et al*, 2018; Catelan; Rinaldi, 2018; Gonçalves; Karasawa, 2022a). Sabendo disso, as instituições de ensino com poucos recursos financeiros e estruturais, podem utilizar modelos didáticos que contribuam para que o aluno consiga assimilar conteúdos microscópicos, com uma visão macroscópica, de modo que entendam de forma dinâmica e leve, tendo em vista o interesse maior do aluno em aprender os conteúdos de biologia com uso de modelos didáticos (Paixão *et al*, 2018; Gomes *et al*, 2019; Lima; Mancini; Gontijo, 2020b; Silva; Sousa; Matos, 2020).

No trabalho de Gonçalves e Karasawa (2022a), o modelo didático proposto mostrou-se uma ferramenta crucial para ensino do material genético, foi confeccionado com materiais de baixo custo e direcionado a alunos do ensino superior das disciplinas de Genética e Biologia Molecular. Porém, um dos pontos que deixa esse modelo vulnerável é justamente a sua pouca durabilidade, pois é um modelo com baixa resistência ao manuseio, visto que na sua elaboração foi utilizada folha de papel A4 para a construção da molécula de DNA. De forma semelhante, Medeiros; Alves e Kimura (2023), também fizeram uso de folha de papel A4 no seu recurso didático sobre identificação genética do sexo em tucanos, para alunos do curso de Biologia.

Dessa forma, o trabalho proposto por Silva *et al* (2021b), foi confeccionado com materiais comestíveis como jujubas, balinhas, além de palito de picolé, fita isolante, arame, isopor, tinta guache, dentre outros, construídos pelos alunos do terceiro ano do Ensino Médio. Outrossim, o estudo de Temp; Carpilovsky; Guerra (2011) sobre modelo didático do cromossomo, gene e DNA para o ensino de genética na Educação Básica e superior, também foi confeccionado com pouca durabilidade como papel cartão, EVA, e pequenos bastonetes de madeira. Apesar disso, esses modelos apresentaram eficácia no processo de ensino aprendizagem, porém não satisfazem a necessidade de serem modelos didáticos duráveis e resistentes ao uso em sala de aula durante um longo período de tempo.

Em contrapartida, os materiais utilizados para os modelos didáticos desse trabalho, são acessíveis e viáveis, ao ponto de vista do custo-benefício, bem como resistentes ao tempo e ao manuseio pelos discentes em sala de aula. Esses aspectos caracterizam um dos pontos fortes e diferencial dessa criação, de modo que o professor poderá fazer uso do mesmo material por mais tempo, permanecendo conservada a sua estrutura e as suas características físicas.

No trabalho de Karasawa (2021), o modelo da molécula de DNA produzido consistiu em um recurso estático, feito com isopor e pequenos bastonetes de madeira, de modo que o aluno construiu o modelo durante aula prática, sendo um material que possibilita a interação do aluno em aula apenas uma vez com o mesmo modelo, devido sua baixa durabilidade.

Relacionado a isso, nos modelos didáticos criados no presente trabalho, o aluno pode participar de forma ativa, desmontar e montar algumas peças que representam as bases nitrogenadas e os dois tipos de ligação de hidrogênio. Além disso, podem interagir com as porções que representam o grupo fosfato da cadeia de nucleotídeo, a fim de melhorar a assimilação e construção do conhecimento de modo dinâmico, divertido e interessante, como foi constatado também no trabalho de Gonçalves (2020) voltado para o ensino superior, em que foi elaborado um modelo didático sobre a molécula de DNA em diferentes níveis de compactação e os alunos puderam manipular as peças, mostrando-se eficaz, pois facilitou a compreensão e assimilação do conteúdo visto que os alunos podiam interagir com o modelo.

Nesse contexto, o professor pode fazer uso desses modelos didáticos em diferentes situações em sala, como aulas dinâmicas, em grupo ou até mesmo competições. Levando em consideração a especificidade do referente trabalho de montagem e desmontagem, e também a sua conformação tridimensional, são pontos importantes na hora de tornar a aprendizagem prazerosa, conforme ficou evidenciado no trabalho de Santiago e Carvalho (2019) que apresentou o uso de modelo didático tridimensional resistente sobre a divisão celular na

Educação Básica, constituído por peças impressas 3D com material termoplástico, possuindo também a funcionalidade de montagem e desmontagem.

Em relação ao plano dimensional do modelo, no trabalho de Lima *et al* (2020a); aborda sobre um modelo tridimensional de células animais e vegetais e sua utilização na Educação Básica, sendo possível afirmar a importância e o impacto que proporcionam no processo efetivo do ensino-aprendizagem, visto que despertam a atenção e possibilita a visualização em um plano mais aproximado ao real. Em outros trabalhos que foram confeccionados sobre modelos didáticos para os conteúdos da Biologia Celular e Molecular, direcionados ao ensino superior, sendo no estudo dos autores Duarte e Santos (2022) elaborado uma proposta já pronta pelo professor. Em contrapartida, no caso do trabalho de Gonçalves e Karasawa (2022a) os recursos foram construídos pelos próprios discentes durante as aulas.

Apesar da importância dos trabalhos no ensino da Genética na Educação Básica, a maioria deles abordam apenas a molécula de DNA, de forma que os estudos sobre modelos didáticos do mRNA são limitados. No trabalho de Pereira *et al* (2014), foram elaborados modelos pelos próprios alunos do ensino médio sobre DNA e os tipos de RNA, porém foi utilizado materiais que não fornecem resistência aos modelos, como por exemplo papelão, EVA, massa de modelar, cartolina, arame, e tinta guache. Outro trabalho que avaliou a utilização de modelos que envolvam o mRNA foi o de Vaz *et al* (2012), tratando-se de um modelo de tradução em um único plano dimensional, onde foi confeccionado com diferentes texturas para deficientes visuais. Todavia, esse não é um modelo tridimensional e principalmente resistente ao uso em sala de aula, tendo em vista que os seus materiais são de baixa durabilidade (isopor, cola, tinta e lixas).

Outro ponto a considerar é que os modelos didáticos do DNA também podem ser encontrados à venda, porém em sua grande maioria não apresentam especificidades moleculares que um professor de biologia consegue apontar na hora de criar um modelo. Devido a isso, a elaboração de um modelo próprio é muito mais vantajosa e completa a nível de conteúdo. O professor pode apenas expor o material, evidenciando todo o conteúdo ministrado em aula, ou fazer uso do material como forma de instigar o alunado a manipular as peças, tornando dinâmico e atraente, devido o contato direto que ocorre entre o aluno e o objeto de estudo (Silva; Morbeck, 2019).

Dessa forma, os modelos didáticos do DNA e do mRNA propostos nesse estudo reúne pontos positivos e cruciais para construção do referente recurso didático, podendo auxiliar os docentes em aulas teórico-práticas de genética, assim como promover um maior dinamismo no processo de ensino-aprendizagem dos discentes no ensino médio.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento dessa proposta, os professores de Ciências da Natureza (Biologia) podem utilizar os modelos didáticos em suas aulas na Educação Básica, aderir novas e diferentes metodologias ativas, para mitigar os efeitos da dificuldade na aprendizagem devido a aulas apenas expositivas, sem nenhuma interação do aluno e superar, em alguns casos, a falta de apoio estrutural da instituição.

Com isso, a produção de modelos didáticos que reúnam características positivas como a relação custo-benefício, cores vibrantes e atrativa, bem como a possibilidade de montar e desmontar algumas peças, podem tornar as aulas dinâmicas. Além disso, pode viabilizar diferentes usos para o professor em sala de aula, ou seja, podem ser utilizados para exposição, competições entre os discentes, atividades práticas, entre outras formas que podem ser adotadas pelo professor em sua prática pedagógica.

Ademais, os modelos didáticos propostos, das moléculas de DNA e mRNA, possuem alta durabilidade para uso em sala de aula por um longo período de tempo, sendo possível realizar aulas expositivas, aulas práticas com os modelos, atividades em grupo, entre outras dinâmicas em sala, tendo em vista que é um recurso excelente para o professor utilizar em sua prática pedagógica. Diante disso, é de suma importância a elaboração desse manual com todas as etapas de construção dos modelos didáticos, como forma de facilitar o acesso dos docentes de Biologia do ensino médio.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, F. W. A desvalorização e desprofissionalização docente: o olhar de coordenadores de cursos de licenciatura em Ciências da Natureza. **Revista Cocar**, Belém-PA, v. 16, n. 34, p. 1-19, 2022.
- ALBERTS, B. *et al.* **Biologia Molecular da Célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- ALEXANDRE, J. S.; MENDONÇA, V. A.; MENDONÇA, M. C. F. B. Construção de modelo didático para o ensino de ciências: sistema urinário. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá-MT, v. 12, n. 7, p. 100-107, 2017.
- AGUILAR-ALEIXO, L. Diversificação das estratégias no ensino e aprendizagem de citogenética. **Revista Triângulo**, Uberaba-MG, v. 14, n. 3, p. 1-20, 2021.
- ARAÚJO, M. S. *et al.* A genética no contexto de sala de aula: dificuldades e desafios em uma escola pública de Floriano-PI. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo-SP, v. 9, n. 1, p. 19-30, 2018.
- ARAÚJO, M. S.; LEITE, A. S. “O caminho das ervilhas”: recuso didático no ensino da genética mendeliana. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, São Paulo, v. 11, n. 6, p. 514-529, 2020.
- ASSIS, I. I. *et al.* O modelo didático da molécula de DNA: construção e utilização no ensino da biologia. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 4., 2019, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize Editora, 2018.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base – Ensino médio**. Brasília: MEC, p. 150, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase>. Acesso em: 05 mar. 2023.
- CATELAN, S. S.; RINALDI, C. A atividade experimental no ensino de ciências naturais: contribuições e contrapontos. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá-MT, v. 13, n. 1, p. 306-320, 2018.
- COELHO, M. L. R. A. **Uma revisão bibliográfica sobre o ensino de genética no ensino médio**. 2021. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Exatas e da Natureza, João Pessoa, 2021.
- CUSTÓDIO NETO, A. M. **Abordagem investigativa no ensino de Biologia: um modelo didático para o estudo do DNA**. 2020. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- DUARTE, A. C. O.; SANTOS, L. C. Uso de modelos tridimensionais no ensino superior nas disciplinas de embriologia, citologia, genética e biologia molecular. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista - SP, v. 11, n. 12, p. 1-19, 2022.
- FELIX, R. S. *et al.* Uso de modelo didático tridimensional como aproximação da realidade microscópica das estruturas nas aulas de ciências da escola estadual de ensino fundamental

João Ursulo, Santa Rita (PB). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 4., 2019, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize, 2019.

GERPE, R. L. Modelos didáticos para o ensino de Biologia e Saúde: produzindo e dando acesso ao saber científico. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro-RJ, v. 20, n. 15, p.1-5, 2020.

GOMES, J. V. A. *et al.* A utilização de modelos tridimensionais no ensino de biologia. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS LICENCIATURAS, 5., 2018, João Pessoa – PB. **Anais [...]** João Pessoa: PDVL, 2018.

GOMES, M. S. *et al.* Modelos didáticos tridimensionais como instrumento no ensino de citologia. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 4., 2019, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize, 2019.

GOMES, T. H. S. S.; LAGE, D. A. Modelos didáticos como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem do sistema cardiovascular dos vertebrados. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Espanha, v. 21, n. 3, p. 442-465, 2022.

GONÇALVES, T. M. DNA, histonas e cromossomos: uma modelagem tridimensional de baixo custo para o ensino e aprendizagem da compactação do dna eucariótico nas disciplinas de biologia molecular e genética clássica. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 5., 2020, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize Editora, 2020.

GONÇALVES, T. M.; KARASAWA, M. M. G. Modelo didático de baixo custo da compactação do DNA e mecanismos epigenéticos da cromatina eucariótica. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista - SP, v. 11, n. 12, p. 1-15, 2022a.

GONÇALVES, T. M.; KARASAWA, M. M. G. O Óperon lac gigante: a proposta de um modelo didático tridimensional de baixo custo para o ensino da regulação gênica de procariontes na disciplina de genética. **Conjecturas**, [s.l.], v. 22, n. 13, p. 832–845, 2022b.

GRIFFITHS, A. J. F. *et al.* **Introdução à Genética**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

KARASAWA, M. M. G. Criação e uso de modelo didático da molécula de DNA com materiais de baixo custo. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista - SP, v. 10, n. 8, p. 1-11, 2021.

LARENTIS, L. T. *et al.* Proposta de material didático para o ensino de genética: cromossomos de tecido. **Revista Arquivos do Mudi**, Maringá-PR, v. 24, n. 2, p. 42-77, 2020.

LIMA, R. C. G. *et al.* A importância dos modelos didáticos tridimensionais para o ensino de ciências. **Brasilian Journal of Development**, Curitiba, v.6, n.8, p. 61684-61694, 2020a.

LIMA, L. C.; MANCINI, K. C.; GONTIJO, A. B. P. L. Aprendendo genética molecular a partir de métodos alternativos. **Brasilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p.60206-60223, 2020b.

LIMA, S. L. *et al.* Modelo didático para compreender variações genéticas humanas. **Revista Genética na Escola**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 103-113, 2022.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. Aplicação de modelo didático para identificação genética do sexo em tucanos com a utilização de enzima de restrição na análise de sequenciamento de DNA. **Revista Biodiversidade**, Mato Grosso, v. 22, n. 2, p. 80, 2023.

MELO, M. E. G. *et al.* A utilização de modelos didáticos como auxílio nas aulas sobre o sistema digestório. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 5., 2018, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize Editora, 2018.

OLIVEIRA, E. M. *et al.* Análise sobre as dificuldades apresentadas por alunos do ensino médio nos conteúdos de genética. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 5., 2018, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize Editora, 2018.

PAIXÃO, B. S.; *et al.* Utilização de modelos didáticos como facilitador no ensino de biologia celular. **Revista de Extensão da UNIVASF**, Petrolina, v. 6, n. 1, p. 124-127, 2018.

PEREIRA, A. J. *et al.* Modelos didáticos de DNA, RNA, Ribossomos e processos moleculares para o ensino de genética do ensino médio. **Revista da SBEnBio**, [s.l.], n. 7, p.564-571, 2014.

PEREIRA, A. S. *et al.* **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria, RS: UFSM, NTE, 2018.

PIERCE, B. A. **Genética: Um enfoque conceitual**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2004.

PINHEIRO, J. C. **História da genética e ensino de biologia: um estudo visando proporcionar subsídios para a reflexão sobre formação de professores**. 2021. 199f. Dissertação (pós-graduação) – Faculdade de Ciências, Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, SP, 2021.

RECIFE. Secretaria de educação e esportes. **Currículo de Pernambuco – Ensino Médio**. Recife: Secretaria de educação e esportes, 2021. 699p. Disponível em: http://www.educacao.pe.gov.br/portal/upload/galeria/523/CURRICULO_DE_PERNAMBUCO_DO_ENSINO_MEDIO_2021_ultima_versao_17-12-2021.docx.pdf. Acesso em: 04 mar. 2023.

SANTIAGO, S. A. CARVALHO, H. F. Modelo tridimensional para o ensino da divisão celular. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 138–145, 2019.

SANTOS, V. M. A. **Análise sobre as dificuldades apresentadas por alunos do ensino médio nos conteúdos de genética**. 2017. 22f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Instituto Federal do Piauí – Campos Cocal, Cocal, 2017.

SILVA, G. C. F.; SÁ, D. M. C.; NASCIMENTO, Y. N. Modelo didático tridimensional aplicado ao ensino sobre os besouros (Insecta: coleóptera). **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 26, p. 1-9, 2021a.

SILVA, J. S. *et al.* Modelos didáticos de DNA no ensino de genética: experiência com estudantes do ensino médio em uma escola pública do Piauí. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista - SP, v. 10, n. 2, p. 1-9, 2021b.

SILVA, L. M. S.; PINTO, B. C. T.; MORADO, C. N. Internet: impacto das fake news no processo de ensino e aprendizagem de biologia. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, v.19, n.55, p. 203-222, 2023.

SILVA, M. G. S.; SOUSA, J. L. F.; MATOS, E. P. N. B. Uso de modelos didáticos tridimensionais em aulas de Biologia: contribuição do PIBID na formação docente. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA, 8, 2020, Fortaleza. **Anais [...]** Fortaleza: [s. n.], 2020.

SILVA, T.G.; MORBECK, L. L. B. Utilização de Modelos Didáticos como Instrumento Pedagógico de Aprendizagem em Citologia. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, Jaboatão dos Guararapes-PE, v. 13, n. 45, p. 594-608, 2019.

TEMP, D. S.; CARPILOVSKY, C. K.; GUERRA, L. Cromossomos, gene e DNA: utilização de modelo didático. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 9–11, 2011.

TOSTA, E. M.; GONTIJO, A. B. P. L.; CORTE, V. B. Extração e observação de molécula de DNA - Ferramenta para auxiliar no ensino de Biologia. **Health and Biosciences**, São Mateus-ES, v.1, n.3, p.68-77, 2020

VAZ, J. M. C.; *et al.* Material Didático para Ensino de Biologia: Possibilidades de Inclusão. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 81–104, 2012.

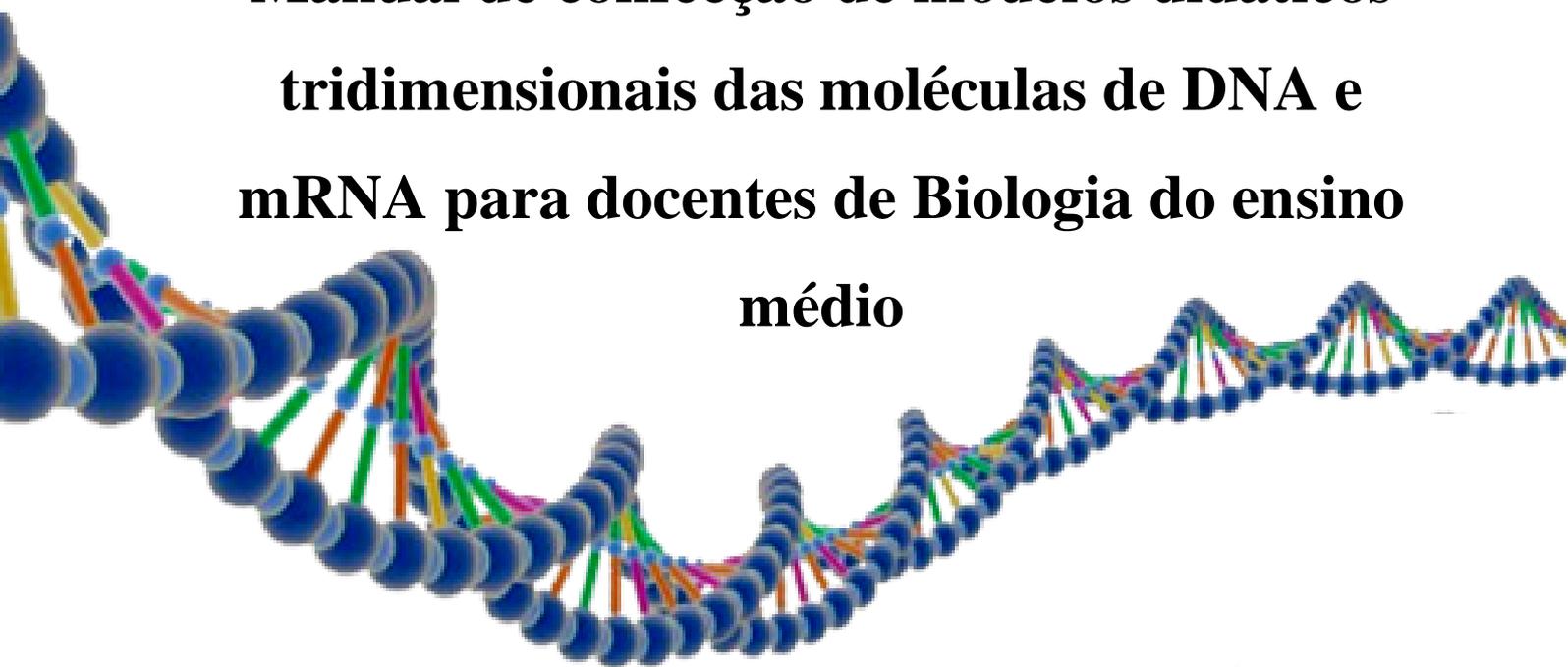
WELTER, G. M.; RETUCI, V. S.; SOARES, I. A. Concepção dos professores de biologia das escolas estaduais do município de planalto-PR, quanto a utilização de modelos didáticos como ferramenta para o ensino de genética. **Revista Faz Ciência**, Francisco Beltrão-PR, v. 21, n. 33, p. 09-23, 2019.

**APÊNDICE A - MANUAL DE CONFEÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS
TRIDIMENSIONAIS DAS MOLÉCULAS DE DNA E mRNA PARA DOCENTES DE
BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**Manual de confecção de modelos didáticos
tridimensionais das moléculas de DNA e
mRNA para docentes de Biologia do ensino
médio**



VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2023

Manual de confecção de modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA para docentes de Biologia do ensino médio

Nivaldo Bernardo de Lima Junior

Doutorado em Biociência Animal pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, Docente do Núcleo de Biologia da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória.

Cristiano Aparecido Chagas

Doutorado em Ciências Médicas pela Universidade Estadual de Campinas. Docente do Núcleo de Biologia da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória.

Josefa Verônica de Moura Vieira

Graduanda em Ciências Biológicas - Licenciatura pela Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória

APRESENTAÇÃO

Esse material está organizado em formato de manual, o qual é produto de um Trabalho de Conclusão de Curso 2 de graduação em Ciências Biológicas / Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, tendo como título: “**Modelos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA: criação de recursos didáticos para o ensino médio**”. O objetivo de organização desse trabalho nesse formato foi para fornecer um material com instruções e ilustrações das etapas envolvidas na construção desses modelos que facilitará o acesso para público docente de Biologia da Educação Básica – ensino médio.

Diante disso, o presente manual poderá auxiliar professores de biologia do Ensino Médio a confeccionar moléculas de DNA e mRNA com materiais resistentes, com alta durabilidade e acessíveis, selecionados e pensados na relação custo-benefício. Assim, poderão contribuir no processo de ensino-aprendizagem de modo materializado, uma vez que tornará macroscópica a representação dessas estruturas que são moleculares. Para isso, o manual explica o passo a passo da elaboração dos dois modelos didáticos tridimensionais, que possuem algumas partes montáveis/desmontáveis com o intuito de tornar as aulas mais interativas e despertar o interesse dos estudantes em participar ativamente desse processo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	43
2 OBJETIVO.....	43
3 PÚBLICO-ALVO	44
4 HABILIDADES DA BNCC	44
5 MATERIAIS	44
6 DIMENSÕES DOS MODELOS DIDÁTICOS.....	45
7 ETAPAS DE ELABORAÇÃO	46
7.1 Biossegurança.....	46
7.2 Etapa 1: cortes, medidas e tamanho das estruturas das moléculas de DNA e mRNA com ferro de estribo.....	47
7.3 Etapa 2: montagem da estrutura das moléculas de DNA e mRNA com ferro de estribo...47	
7.4 Etapa 3: preparação da base de cimento e acabamento das estruturas das moléculas de DNA e mRNA	49
7.5 Etapa 4: acabamento das estruturas com fio plástico do tipo espaguete	50
7.6 Etapa 5: bases nitrogenadas e ligação de hidrogênio com fio de plástico do tipo espaguete	50
7.7 Etapa 6: caixa organizadora pequena de papel para guardar as peças.....	53
REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A utilização de modelos didáticos tridimensionais tem apresentado-se eficaz, pois colabora para motivar os estudantes e favorece o entendimento de diferentes conteúdos. No caso da genética são imprescindíveis para que o aluno consiga visualizar estruturas mais aproximadas da realidade, tendo em vista que mesmo se houver laboratório na instituição de ensino, dificilmente será disponibilizando microscópio eletrônico que seria o ideal para visualizar a estrutura das moléculas de DNA e mRNA no nível do modelo didático. Esses modelos servem de aporte aos professores que atrelados aulas teóricas às práticas, colaboram na aprendizagem de conteúdos densos e promovem melhoria na contextualização de temas moleculares complexos (Felix *et al.*, 2019; Tosta; Gontijo; Corte, 2020).

A molécula de DNA possui nucleotídeos ligados entre si por ligação fosfodiéster entre os átomos de carbono 5' e 3', é composta por açúcares do tipo pentose, ligados a um ou mais grupos fosfatos e uma base nitrogenada, formando estrutura helicoidal dupla, contendo quatro subunidades nucleotídicas, que são: adenina – A, citosina – C, guanina – G e timina – T. Essas bases nitrogenadas estão conectadas por ligações de hidrogênio: adenina com timina por duas ligações; e a citosina com guanina por três ligações de hidrogênio. O ácido ribonucleico (RNA) possui cadeia de nucleotídeos de fita simples, e grupo hidroxila (OH) ligado ao carbono 2', além disso não possui a timina (T), mas sim a base pirimidínica uracila (U) que se liga a adenina (A), é produzido a partir da transcrição do DNA sendo complementar a sequência de bases da cadeia de DNA molde (Griffiths *et al.*, 2013; Alberts *et al.*, 2017).

Essas moléculas são fundamentais para o entendimento da biologia, visto que participam do armazenamento de informações hereditárias, além de diversos outros processos biológicos como a síntese proteica. Contudo, nos estudos que abordam sobre modelos didáticos do DNA e RNA, estes apresentam-se em geral como uma estrutura imóvel sem possibilitar que os alunos possam interagir de forma dinâmica com o recurso (Alberts *et al.*, 2017; Gomes *et al.*, 2019; Welter; Retuci; Soares, 2019; Larentis *et al.*, 2020; Gonçalves; Karasawa, 2022b).

Dessa forma, os modelos didáticos tridimensionais elaborados podem estimular o interesse, a assimilação, a participação e a interação dos discentes, influenciando diretamente no processo de ensino-aprendizagem, por meio da visualização macroscópica das moléculas de DNA e mRNA (RNA mensageiro) e do manuseio dinâmico, já que algumas partes desses modelos são desmontáveis e montáveis.

2 OBJETIVO

Disponibilizar um manual com todas as etapas de construção dos modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA, utilizando materiais com alta durabilidade, acessíveis e de alto custo-benefício, direcionado para os docentes de Biologia do ensino médio.

3 PÚBLICO-ALVO

Professores de Ciências da Natureza (Biologia) da Educação Básica.

4 HABILIDADES DA BNCC

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

5 MATERIAIS

Os modelos didáticos podem ser confeccionados com materiais de baixo custo e acessíveis para professores de Ciências da Natureza (Biologia) da Educação Básica. Esses materiais encontram-se listados no quadro 1.

A seleção desses materiais ocorreu após o levantamento de estudos que abordavam sobre modelos didáticos das moléculas de DNA e RNA já publicados, sendo aprimorado a qualidade do material visando a resistência e durabilidade ao uso em sala de aula.

Quadro 1: Sugestões de materiais que podem ser utilizados para a confecção dos modelos didáticos tridimensionais das estruturas moleculares do DNA e do mRNA.

ITEM	QUANTIDADE / ESPECIFICAÇÃO
Ferro de estribo	1 Ferro de estribo – 6 metros
Tinta spray	Tinta spray cinza, secagem rápida
Cola instantânea	1 Cola rápida e resistente – 20g
Cimento	500g de cimento para construção
Areia	500g de areia para construção
Gesso em pó	1kg de gesso em pó
Fio plástico do tipo espaguete nas diferentes tonalidades: Laranja, verde escuro, verde claro, branco, amarelo e roxo.	Fio plástico, 50cm de cada cor
Fio plástico do tipo espaguete nas diferentes tonalidades: cinza e azul escuro	Fio plástico, 2 metros cada.
Caixa de papel com divisões	2 caixas de papel

Fonte: A autora (2023).

6 DIMENSÕES DOS MODELOS DIDÁTICOS

A unidade de medida sugerida para a confecção dos modelos foi o centímetro (cm), levando em consideração as três dimensões (altura, raio e diâmetro), além disso, os tamanhos foram antepostos visando uma melhor visualização em sala de aula, tendo em vista a disposição de alta quantidade de aluno e tamanho da sala em uma escola pública.

As medidas das estruturas das moléculas de DNA e mRNA, ambas feitas com ferro estão especificadas no quadro 2, as bases nitrogenadas, ligações de hidrogênio, grupos fosfato e açúcares no quadro 4. Por fim, as medidas dos suportes que apoiam as estruturas de ferro estão no quadro 3.

Quadro 2: Dimensões sugeridas para as estruturas (cm) de ferro de estribo, utilizadas na construção dos modelos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA.

ESTRUTURA	ALTURA	RAIO	DIÂMETRO
Para suporte da fita dupla e fita simples	80,0	0,25	0,5
Para suporte das bases nitrogenadas	9,0	0,25	0,5

Fonte: A autora (2023).

Quadro 3: Dimensões sugeridas para os suportes (cm) de cimento, utilizadas para apoiar as estruturas das moléculas de DNA e mRNA.

ESTRUTURA	ALTURA	RAIO	DIÂMETRO
Suporte para o DNA	5,5	8,0	16,0
Suporte para o mRNA	7,0	5,75	11,5

Fonte: A autora (2023).

Quadro 4: Dimensões (cm) sugeridas para as bases nitrogenadas, ligações de hidrogênio, grupos fosfatos e açúcares, feitos de fio plástico do tipo espaguete para as moléculas de DNA e mRNA.

ESTRUTURA	ALTURA	RAIO	DIÂMETRO
Bases nitrogenadas do DNA	3,0	0,4	0,8
Bases nitrogenadas do RNA	5,5	0,4	0,8
Ligações de hidrogênio do DNA	2,0	0,4	0,8
Grupos fosfato	2,0	0,4	0,8
Riboses e desoxirriboses (açúcares)	7,0	0,4	0,8

Fonte: A autora (2023).

7 ETAPAS DE ELABORAÇÃO

7.1 Biossegurança

Antes de iniciar qualquer etapa de elaboração desses modelos, faz-se necessário atentar-se para a importância de biossegurança como os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) destinados a evitar possíveis riscos suscetíveis a saúde e segurança de quem estiver fazendo a montagem dos modelos didáticos, como por exemplo o uso de óculos de proteção contra

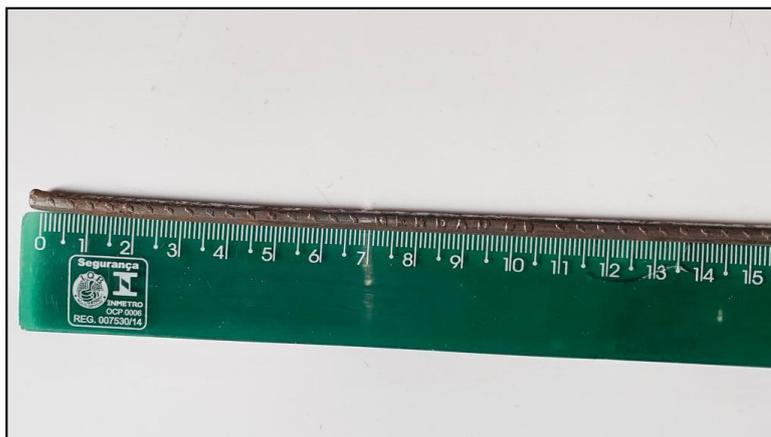
possíveis resíduos dos materiais, luvas e máscara evitando contato direto com substâncias como a tinta e a massa utilizada na elaboração.

7.2 Etapa 1: cortes, medidas e tamanho das estruturas das moléculas de DNA e mRNA com ferro de estribo

Inicialmente, com o ferro de estribo em mãos e o auxílio de um arco serra, sugere-se que sejam cortados quatro pedaços iguais com 80cm cada, em seguida, foram cortados 22 pedaços com 9cm cada (Fig 1). Deve ser crucial atender-se as medidas corretas para não ocorrer desencontros dos ferros durante a montagem.

Em situação onde o professor não considere viável a utilização do ferro de estribo para as estruturas do DNA e mRNA, é necessário fazer a substituição para outro material como o arame, que por sua vez não fomenta o quesito de maior resistência, mas consegue suprir a necessidade dessa substituição.

Figura 1 – Ferro de estribo sendo medido para corte de 22 pedaços com 9cm cada.



Fonte: A autora (2023).

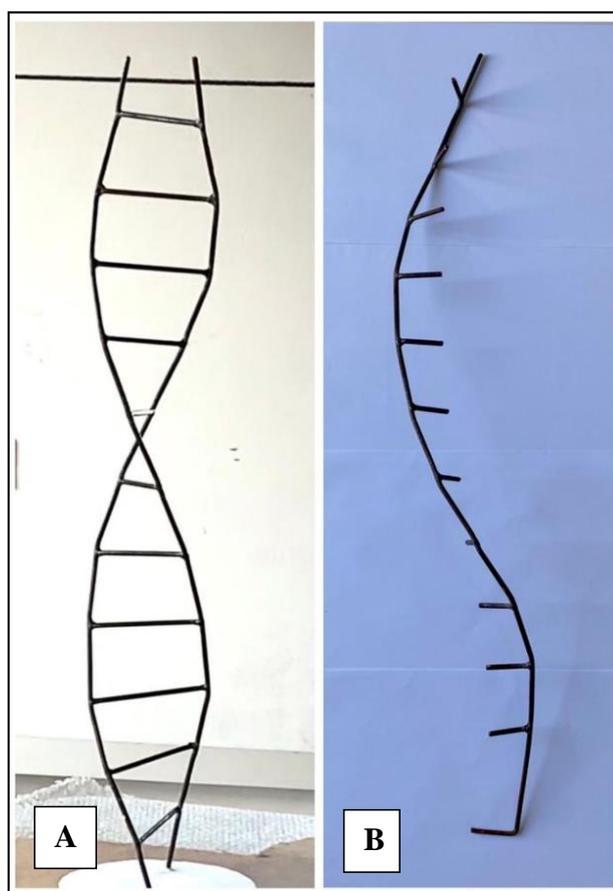
7.3 Etapa 2: montagem da estrutura das moléculas de DNA e mRNA com ferro de estribo

Para essa etapa é fundamental a ajuda de um soldador, para ser firmado os pedaços menores em suas extremidades aos pedaços maiores, de modo a formar duas estruturas parecidas com duas escadas, cada uma com 11 “degraus” (ferros com 9cm).

Outra possibilidade para essa etapa caso não seja possível a realização da solda, seria utilizar arame como material principal para as estruturas do DNA e mRNA, porém não será um recurso tão resistente se comparado ao ferro de estribo.

Após cerca de 30 minutos, quando os ferros estiverem frios, será necessário prender uma das extremidades dessa “escada” em algum objeto forte, como um torno, para que fosse torcido a parte solta que ficará acima, de modo a formar a dupla hélice DNA, sendo necessárias cerca de 2 torções de 360°, até assemelhar-se a estrutura do DNA (Fig.2), vale ressaltar que caso seja necessário, pode-se solicitar o auxílio de um profissional que trabalhe com ferro ou mesmo em alguma oficina que consiga exercer a ação de torcer o ferro de estribo.

Figura 2 – Estrutura feita com ferro de estribo já retorcida. Representando a molécula de DNA (A); e a molécula de mRNA (B).



Fonte: A autora (2023).

É importante mencionar que, mesmo que uma das estruturas seja um mRNA, deve ser definida à medida necessária que até aqui sejam confeccionados de maneira iguais, o que conseqüentemente, ao final formem duas peças duplas hélices. Com uma das peças em mãos já

retorcidas para formar a estrutura em hélice, é preciso serrar ao meio longitudinalmente, onde formam as bases de modo geral, separando duas fitas e assim formar a estrutura base do mRNA.

7.4 Etapa 3: preparação da base de cimento e acabamento das estruturas das moléculas de DNA e mRNA

Com auxílio de dois recipientes redondos, o maior com 7,75cm de diâmetro e 4,5cm de altura; o menor com 5,5cm de diâmetro e 6cm de altura, sugere-se elaborar a partir destes moldes, a base do DNA e mRNA, respectivamente.

Em seguida, deve ser preparada a massa com areia, cimento e gesso em pó em um recipiente a parte, após isso, posicionou-se as estruturas dentro dos seus respectivos recipientes moldes, os quais devem ser preenchidos com a massa. A secagem leva cerca de 30 minutos devido ao gesso ter secagem rápida. Com as moléculas tomando forma e sustentação, é sugerido dar acabamento com tinta spray na cor cinza metálico, para evitar a oxidação na estrutura de ferro (Fig.3).

Figura 3 – Após secagem das estruturas bases feitas de areia, cimento e gesso, foram pintadas com tinta spray cinza metálico.

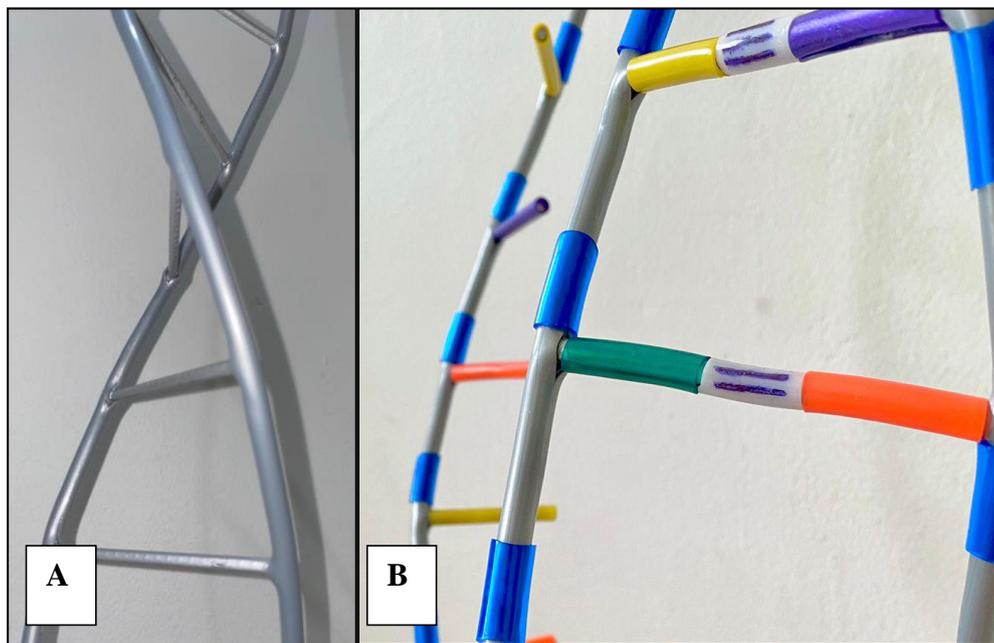


Fonte: A autora (2023).

7.5 Etapa 4: acabamento das estruturas com fio plástico do tipo espaguete

Cada fita das moléculas, sendo duas do DNA e uma do mRNA, deve ser revestida com o fio plástico em cinza evidenciando nesta cor o açúcar (desoxirribose e ribose, respectivamente) e em azul escuro representando o grupo fosfato que compõe a estrutura do nucleotídeo. Os fios plásticos precisam ser cortados longitudinalmente para um melhor encaixe na peça e em seguida com o auxílio da cola instantânea, fechar o fio plástico nos locais de abertura (Fig.4). Em caso de alunos daltônicos, sugere-se que seja fixado no fio plástico a inicial de cada base nitrogenada, como forma de relacionar a cor à estrutura representada.

Figura 4 – Estrutura das moléculas revestida com fio plástico do tipo espaguete na cor cinza, evidenciando os açúcares desoxirribose e ribose (A); fio plástico na cor azul representando o grupo fosfato (B)



Fonte: A autora (2023).

7.6 Etapa 5: bases nitrogenadas e ligação de hidrogênio com fio de plástico do tipo espaguete

Os demais fios plásticos do tipo espaguete coloridos, devem ser cortados em tamanhos iguais de 3 centímetros (cm) para representarem as bases nitrogenadas, da seguinte forma: laranja, para a adenina (A); verde escuro, para a Timina (T); roxo, para a Guanina (G); amarelo, para a Citosina (C); e verde claro, para a Uracila (U). Para o DNA, os fios plásticos precisam ser cortados longitudinalmente (Fig.5).

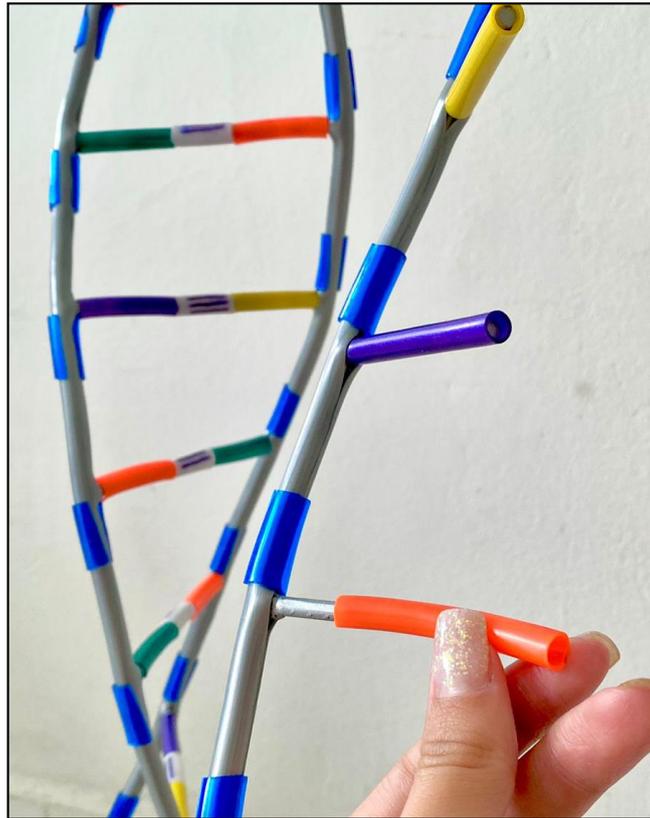
Figura 5 – Fios plásticos cortados longitudinalmente e colocados na estrutura da molécula de DNA, indicando as bases nitrogenadas, as ligações duplas e triplas de hidrogênio.



Fonte: A autora (2023).

No caso das bases do mRNA, sugere-se o corte de pedaços maiores com 4,5 cm, pois como essa molécula não tem representações de ligações de hidrogênio, suas bases podem ser exemplificadas em tamanho maior. Além disso, os fios plásticos não precisam ser cortados, visto que a estrutura da molécula facilita o encaixe do fio plástico (Fig.6).

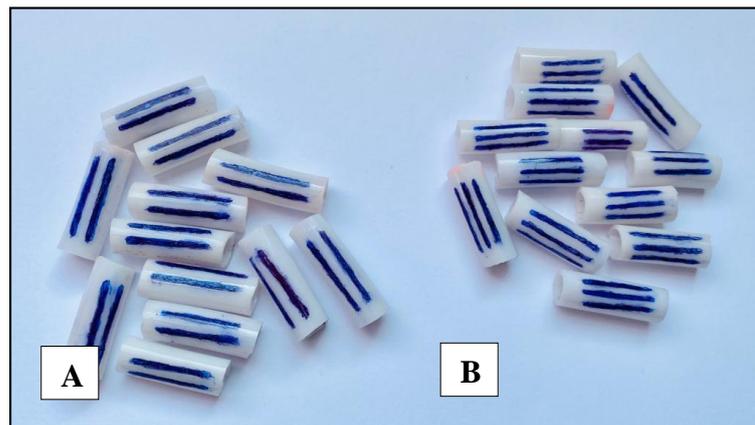
Figura 6 – Fio plástico do tipo espaguete representando as bases nitrogenadas da molécula de mRNA.



Fonte: A autora (2023).

Na representação das ligações de hidrogênio, sugere-se a utilizado fio plástico do tipo espaguete branco cortado com 2cm e diferenciado com dois traços para as que são de ligação dupla e com três traços, para as ligações triplas feitos com o auxílio de uma caneta esferográfica preta (Fig.7).

Figura 7 – Ligações de hidrogênio duplas (A) e triplas (B).

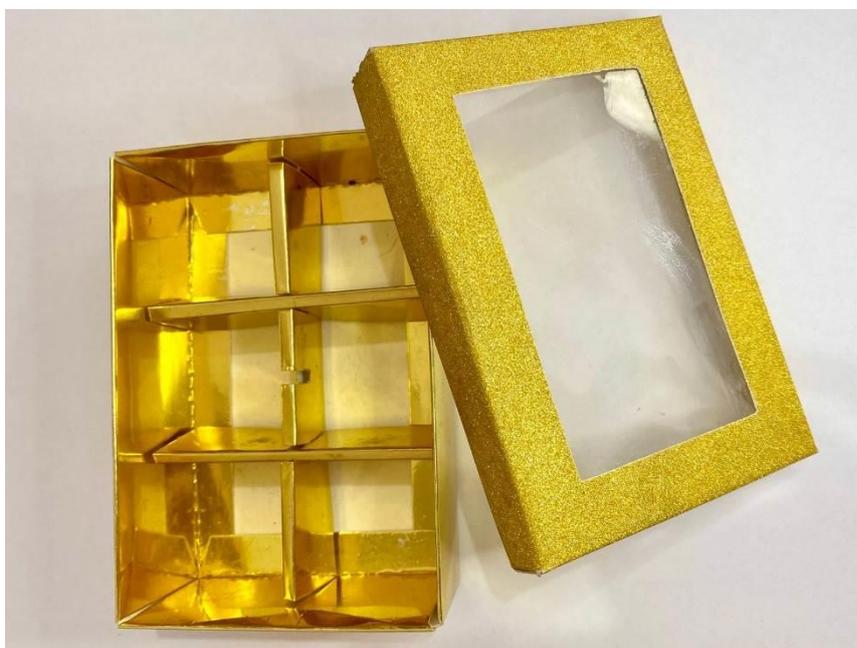


Fonte: A autora (2023).

7.7 Etapa 6: caixa organizadora pequena de papel para guardar as peças

Para guardar as peças representativas das bases nitrogenadas e das ligações de hidrogênio, sugere-se a utilização de caixas organizadoras pequenas de papel, com seis divisões e com tampa possuindo transparência para visualização rápida do material que estiver dentro da caixa (Fig.8). Nas tampas das caixinhas, sugere-se a identificação das bases e das ligações por escrito e na cor de cada peça representada, como forma de manter a organização, além de auxiliar como legenda para os alunos, em casos especiais de daltônicos, essa sugestão pode suprir a necessidade de relacionar a cor à estrutura.

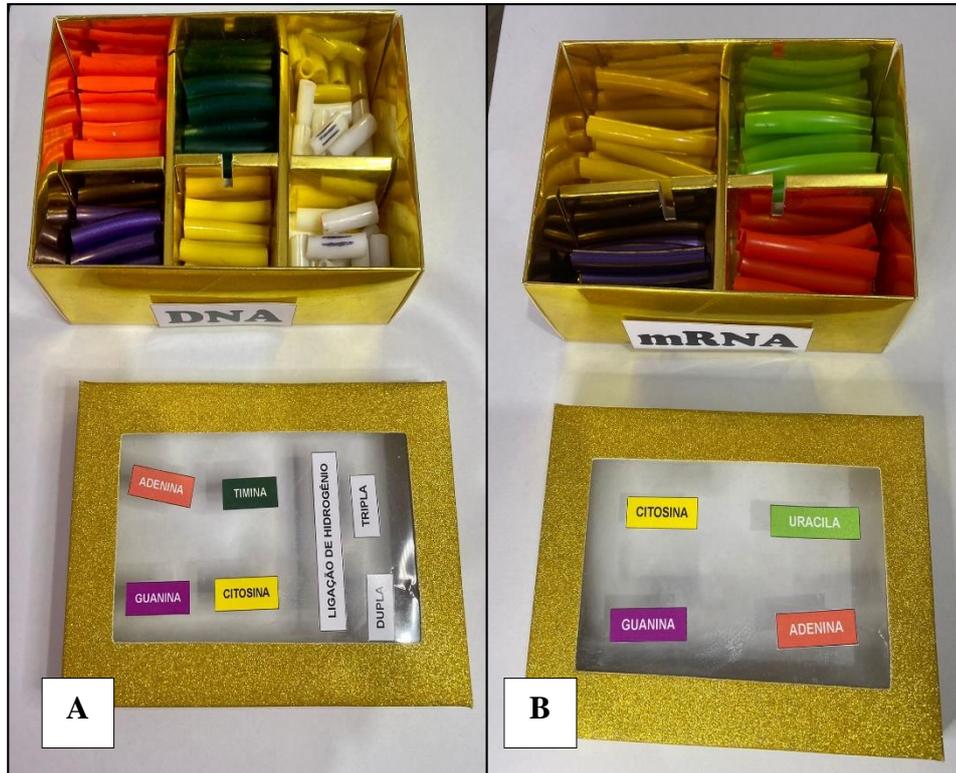
Figura 8 – Caixa organizadora de papel com seis divisões e tampa com transparência.



Fonte: A autora (2023).

No caso do DNA, devem ser mantidas as seis divisórias, sendo quatro espaços para as bases e dois espaços a mais para separar os tipos de ligação de hidrogênio, dupla e tripla. Já para o mRNA, sugere-se adaptar a caixinha retirando uma das divisões, de modo a ficarem quatro espaços maiores que o anterior para as bases nitrogenadas que neste modelo estão representadas em tamanho maior, por isso a caixa precisa ter divisões maiores em tamanho (Fig.9).

Figura 9 – Caixa organizadora de papel com tampa transparente, contendo as bases nitrogenadas e ligações de hidrogênio duplas e triplas da molécula de DNA (A); e bases nitrogenadas da molécula de mRNA (B).



Fonte: A autora (2023).

Após a execução de todas as etapas apresentadas no passo a passo, devem ser obtidos os modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA e mRNA, ambas com altura de 75cm cada modelo (Fig.10).

Figura 10 – Modelos didáticos tridimensionais das moléculas de DNA (A) e mRNA (B); Açúcares (desoxirribose e ribose) apresentadas na cor cinza; e em azul escuro o grupo fosfato. Bases nitrogenadas apresentadas por cores, são elas: Adenina (A) laranja; Citosina (C) amarelo; Timina (T) verde escuro; Uracila (U) verde claro; Guanina (G) roxo.



Fonte: A autora (2023).

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. *et al.* **Biologia Molecular da Célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

FELIX, R. S. *et al.* Uso de modelo didático tridimensional como aproximação da realidade microscópica das estruturas nas aulas de ciências da escola estadual de ensino fundamental João Ursulo, Santa Rita (PB). In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 4., 2019, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize, 2019.

GOMES, M. S. *et al.* Modelos didáticos tridimensionais como instrumento no ensino de citologia. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 4., 2019, Campina Grande. **Anais [...]** Campina Grande: Realize, 2019.

GONÇALVES, T. M.; KARASAWA, M. M. G. O Óperon lac gigante: a proposta de um modelo didático tridimensional de baixo custo para o ensino da regulação gênica de procariotos na disciplina de genética. **Conjecturas**, [s.l.], v. 22, n. 13, p. 832–845, 2022b.

GRIFFITHS, A. J. F.; *et al.* **Introdução à Genética**. 10ªed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

LARENTIS, L. T. *et al.* Proposta de material didático para o ensino de genética: cromossomos de tecido. **Revista Arquivos do Mudi**, Maringá-PR, v. 24, n. 2, p. 42-77, 2020.

TOSTA, E. M.; GONTIJO, A. B. P. L.; CORTE, V. B. Extração e observação de molécula de DNA - Ferramenta para auxiliar no ensino de Biologia. **Health and Biosciences**, São Mateus-ES, v.1, n.3, p.68-77, 2020

WELTER, G. M.; RETUCI, V. S.; SOARES, I. A. Concepção dos professores de biologia das escolas estaduais do município de planalto-PR, quanto a utilização de modelos didáticos como ferramenta para o ensino de genética. **Revista Faz Ciência**, Francisco Beltrão-PR, v. 21, n. 33, p, 09-23, 2019.