



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

JOSÉ SEVERINO DE MENEZES

CONTRIBUIÇÕES DE UM MODELO DIDÁTICO SOBRE TRANSCRIÇÃO E
TRADUÇÃO PARA MELHORIA DO ENSINO-APRENDIZAGEM EM GENÉTICA

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2024

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

JOSÉ SEVERINO DE MENEZES

CONTRIBUIÇÕES DE UM MODELO DIDÁTICO SOBRE TRANSCRIÇÃO E
TRADUÇÃO PARA MELHORIA DO ENSINO-APRENDIZAGEM EM GENÉTICA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC2)
apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências
Biológicas da Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como
requisito para a obtenção do título de Licenciado
em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Claudia Rohde

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO
2024

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

Menezes, Jose Severino De.

Contribuições de um modelo didático sobre transcrição e tradução para
melhoria do ensino-aprendizagem em genética / Jose Severino De Menezes. -
Vitória de Santo Antão, 2023.

39 p. : il., tab.

Orientador(a): Claudia Rohde

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

Inclui referências, apêndices.

1. material didático . 2. metodologia de ensino . 3. genética molecular. I.
Rohde, Claudia . (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

JOSÉ SEVERINO DE MENEZES

CONTRIBUIÇÕES DE UM MODELO DIDÁTICO SOBRE TRANSCRIÇÃO E
TRADUÇÃO PARA MELHORIA DO ENSINO-APRENDIZAGEM EM GENÉTICA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC2)
apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências
Biológicas da Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como
requisito para a obtenção do título de Licenciado
em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 06/09/2023.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Érika Maria de Amorim (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. João de Andrade Dutra Filho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

MSc. Antônio Marcos de Oliveira Santos (Examinador Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre estar me abençoando, e por estar sempre do meu lado, independentemente do que esteja passando, Ele sempre me deu forças para me levantar.

Aos meus pais, que sempre me motivaram a estudar e ser o primeiro e único filho a chegar à universidade, sempre com apoio e carinho e principalmente acreditarem no meu potencial e coragem, que são as minhas fortalezas para que eu conquiste o que ainda desejo alcançar; e a minha irmã Sabrina por sempre admirar e acreditar em mim.

Ao meu companheiro e namorado Ruben, por sempre estar comigo e me apoiar no que eu desejo construir na minha vida, por me dar forças, me alegrar, e sempre acreditar nos meus sonhos, que em algum momento irei realizar.

Aos meus amigos e companheiros de universidade e da vida, por sempre me desejarem o melhor e se inspirarem em mim que é possível, através dos estudos, chegar onde hoje eu cheguei.

A minha especial orientadora, Claudia Rohde pela confiança, disponibilidade e ajuda, me orientando das melhores formas, com paciência e carinho durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Aos monitores do Laboratório de Genética, pela ajuda, disponibilidade durante a construção desse lindo trabalho.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma somaram na minha carreira.

RESUMO

É sabido que a disciplina de Genética traz consigo uma certa dificuldade de compreensão por parte dos estudantes, devido à natureza molecular dos processos de duplicação, transcrição e tradução do material genético, dentro da célula. Diante disso, este trabalho buscou elaborar um modelo didático ilustrativo das etapas envolvendo DNA, RNA e ribossomos que, ao ser visualizado pelos alunos, reproduz de maneira sequencial e ilustrativa os processos genéticos primordiais para a manutenção da vida: a estrutura do DNA, a transcrição de seus genes na forma de RNA, e o processamento da informação contida no código genético para a formação final das proteínas, essenciais ao funcionamento dos processos celulares. O modelo didático foi aplicado a estudantes de uma turma de Ensino Médio da Escola EREM Raimundo Honório no município de Bom Jardim, Pernambuco, demonstrando ser uma proposta metodológica que contribuiu para a melhoria do aprendizado dos alunos.

Palavras-chave: material didático; metodologia de ensino; genética molecular.

ABSTRACT

It is known that the discipline of Genetics brought with it a certain difficulty of understanding by two students, due to the molecular nature of two processes of duplication, transcription and translation of genetic material, inside the cell. Thus, this work sought to develop an illustrative didactic model of the stages involving DNA, RNA and ribosomes that, when visualized by students, reproduces in a sequential and illustrative way the primordial genetic processes for the maintenance of life: the structure of DNA, the transcription of its genes in the form of RNA, and the processing of information contained in the genetic code for the final formation of proteins, essential to the functioning of cellular processes. The didactic model was applied to students of High School of Escola EREM Raimundo Honório in the municipality of Bom Jardim, in Pernambuco, proving to be a methodological proposal that contributed to the improvement of the learning of two students..

Keywords: teaching material; teaching methodology; molecular genetics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Esquema demonstrando a molécula de DNA dupla hélice e as diversas etapas de condensação até que sejam formadas as estruturas cromossômicas (DNA combinado a proteínas). 13
- Figura 2 - Esquema da dupla hélice de DNA (em cinza) que é antiparalela devido a composição química das suas extremidades (uma 3' para 5'; e uma 5' para 3'). 14
- Figura 3 - Esquema representativo da presença de éxons e íntrons na molécula de DNA e de RNA recém transcrito. 15
- Figura 4 - Representações esquemáticas (A e B) de ribossomos e suas ligações com o RNA mensageiro (RNAm), RNA transportador (RNAt), aminoácidos e proteínas nascente (ou cadeias polipeptídicas). 15
- Figura 5 - Esquema sequencial do fluxo da informação genética na célula, ou Dogma Central da Biologia Molecular. 16
- Figura 6 - Apresentação das combinações de trincas (ou códons) do código genético, relacionados diretamente a escolha do aminoácido a ser incluída na cadeia da proteína. 17
- Figura 7 - Modelos didáticos representativos dos processos gerais da duplicação, transcrição e tradução do material genético, que serão fonte para a elaboração do modelo didático mais complexo e interativo que será elaborado no presente estudo. 20
- Figura 8 - Modelo didático construído para demonstrar a estrutura dupla hélice do DNA (A), a fita molde (B e C) e a enzima RNA polimerase (D). 23
- Figura 9 - Modelo didático da estrutura do RNA mensageiro contendo íntrons e éxons (A) e contendo apenas éxons (B), respectivamente, antes e depois do processamento do RNA mensageiro (C). 24
- Figura 10 - Modelo didático representativo do ribossomo, subunidades maior e menor. 25
- Figura 11 - Modelos didáticos 27
- Figura 12 - Detalhes dos demais componentes do modelo didático de tradução e transcrição. 28
- Quadro 1 - Lista de materiais utilizados na confecção do modelo didático. 19
- Quadro 2 - Questionário para a coleta das impressões sobre o modelo didático, aplicado na turma do 1 Ano na Escola Erem Raimundo Honório na cidade de Bom Jardim-PE. 28

Gráfico 1 - Questão 1.	29
Gráfico 2 - Questão 2.	30
Gráfico 3 - Questão 3	30
Gráfico 4 - Questão 4	31
Gráfico 5 - Questão 5	32
Gráfico 6 - Questão 6	32
Gráfico 7 - Questão 7	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Ensino de Genética e a importância dos Modelos Didáticos	10
1.2 Transcrição e Tradução do material genético	12
2 OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral	18
2.2 Objetivos Específicos	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Material	19
3.2 Métodos	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

1.1 Ensino de Genética e a importância dos Modelos Didáticos

Desde o princípio, é notório a necessidade do estudo sobre nós seres humanos. Desse modo, a busca incessante por conhecimento nos permitiu obter inúmeras descobertas durante toda evolução. Hoje, com o desenvolvimento cada vez mais intenso da Ciência, acentua-se a sua importância para o constante aprimoramento da humanidade. E quando se discute sobre a Genética - campo da ciência que estuda os genes e a hereditariedade nos organismos biológicos – destaca-se o fato de ter crescido a partir de informações sobre o sequenciamento genético de diversos organismos, mas com mais destaque, o sequenciamento do genoma humano (Goés; Oliveira, 2014). Por conseguinte, todos os estudos desenvolvidos nesse campo da ciência contribuíram não só para o fortalecimento do conhecimento, mas também para a vida.

Assim, é inegável a vastidão e a importância da área da Genética, que se estabeleceu nas últimas décadas como uma temática muito relevante para a sociedade, sendo necessário que os estudantes tenham uma base sólida de conhecimentos e se aprofundem em seus conceitos. Todavia, quando se propõe um momento de reflexão aos estudantes, percebe-se que há muitas dificuldades na compreensão sobre essa temática específica, já que emprega conceitos bastante abstratos e trabalha com aspectos de nível microscópico, ou molecular. Disso resulta que a assimilação por parte dos discentes de Ensino Médio é, muitas vezes, abaixo do esperado, conforme destaca Araújo *et al.* (2018). Segundo os autores, 64% dos alunos do Ensino Médio de escola da rede pública do Piauí, região Nordeste do Brasil, apresentaram dificuldades com os termos científicos de Genética, bem como em aplicá-los. Nesse contexto do estudo, os assuntos gerais de Biologia, incluindo os de Genética, foram repassados de forma superficial aos estudantes, resultando em uma educação de baixa qualidade (Araújo *et al.*, 2018).

Essa situação de baixo nível de aprendizado ocorre, principalmente, em Escolas de Rede Pública (Freitas *et al.*, 2018), onde os professores, por muitas vezes, não se aprofundam nos assuntos de suas aulas, ou por motivo de falta de preparo profissional pelo cargo que exercem, ou pela carência de tempo reservado ao cronograma de aulas, ou, até mesmo, pela carência de recursos físicos e estruturais para as aulas. Essa falta de estrutura pode ser a falta de laboratórios e materiais para aulas práticas produtivas, que, infelizmente, são uma

realidade comum no setor público da contemporaneidade, de acordo com Vilhena *et al.* (2010):

[...]devido à quase ausência desses equipamentos de alto custo na maioria das escolas brasileiras, a utilização de modelos didático-pedagógicos que possam dar uma visão mais aproximada do conteúdo estudado, além de facilitar o processo de ensino e de aprendizagem, torna-se uma ótima opção de recurso didático.

O Educador que passa pouco tempo desenvolvendo e aplicando modelos didáticos auxiliares ao Ensino de seus alunos, permite que sejam desenvolvidos momentos didáticos apenas conceituais e teóricos, o que, com certeza, limita o pleno desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem dos estudantes (Pereira, 2019).

Nessa perspectiva, é primordial que o Educador - como fonte principal de conhecimento - desenvolva com seus alunos da disciplina de Genética não só os aspectos teóricos, com ajuda de *slides* e textos, mas que aproxime o mais possível o estudante da compreensão efetiva dos processos que ocorrem a nível molecular. Também é necessário conectar os processos, desde as demonstrações práticas até os conceitos teóricos, para que ao passar todas essas informações, o Educador tenha êxito na estruturação de excelentes aulas, e que ele busque sempre meios que facilitem as trocas de conhecimento com metodologias eficientes, incluindo as digitais (Pereira, 2019).

Além disso, há que relembrar da alta concorrência no mercado de trabalho, de forma que muitos jovens tendem a priorizar cada vez mais sua inserção e aprovação em Cursos Superiores. Nessa perspectiva, o ensino e aprendizagem obedecem uma hierarquia, tanto de conteúdos, quanto de metodologias, visando aprovação e ingresso em Universidades, como destacam Mascarenhas *et al.* (2017, p. 8):

O ensino de Biologia vem sendo marcado por uma dicotomia que constitui um desafio para os educadores. Seu conteúdo e sua metodologia no Ensino Médio estão voltados, quase que exclusivamente, para preparar os alunos para os exames Vestibulares.

Assim, é preciso que os professores, como mestres do conhecimento, busquem alternativas que facilitem o entendimento dos alunos, que não só sigam o calendário pensando em provas de vestibulares com memorizações pequenas, mas que contribuam para o entendimento e agregação do conjunto de informações da disciplina que ministram. E todo mecanismo que facilite esse processo de amplo entendimento tem nos modelos didáticos um facilitador, seja por meio de aulas dinâmicas e participativas, por meio de brincadeiras ou

competições envolvendo os tópicos da disciplina, ou qualquer outro método que torne as aulas mais didáticas e construtivas, sempre com o objetivo de desenvolver suas individualidades.

Assim, a junção de aulas ministradas com algum recurso didático que permita a melhor agregação do conhecimento pode trazer aos discentes mais clareza, aprendizado e fixação do conteúdo (Vilhena *et al.*, 2010; Anselmo, 2014; Frota, 2019; Custodio Neto, 2020). Pode, ainda, despertar a ligação do estudante com uma futura profissão na área, aproximando-o desse novo conhecimento, que antes de tudo, deve ser passado de forma efetiva, competente e prazerosa, como afirma Pereira (2019, p. 15):

Nesse contexto tem-se como metodologia ativa a utilização de modelos didáticos no ensino, que são consideradas ferramentas bastante sugestivas e eficazes para prática pedagógica, que além de facilitarem o conhecimento, permitem ao professor despertar o interesse, tornando a aula mais prazerosa e motivando-os a participarem e se envolverem no processo de ensino e aprendizagem.

Assim, é inegável que o uso de novos métodos é essencial para as aulas ministradas em todos os temas, com destaque para a Genética, uma vez que, como mencionado, é um assunto em que a maioria dos educandos têm algum grau de dificuldade. Ademais, optar pela construção de modelos como ferramentas metodológicas em sala não só faz bem ao aluno, que consegue usufruir melhor da aula, mas revela também o trabalho, habilidade do professor e preocupação com o desenvolvimento intelectual de seus alunos perante os problemas de infraestrutura de uma instituição escolar (Madureira *et al.*, 2016).

1.2 Transcrição e Tradução do material genético

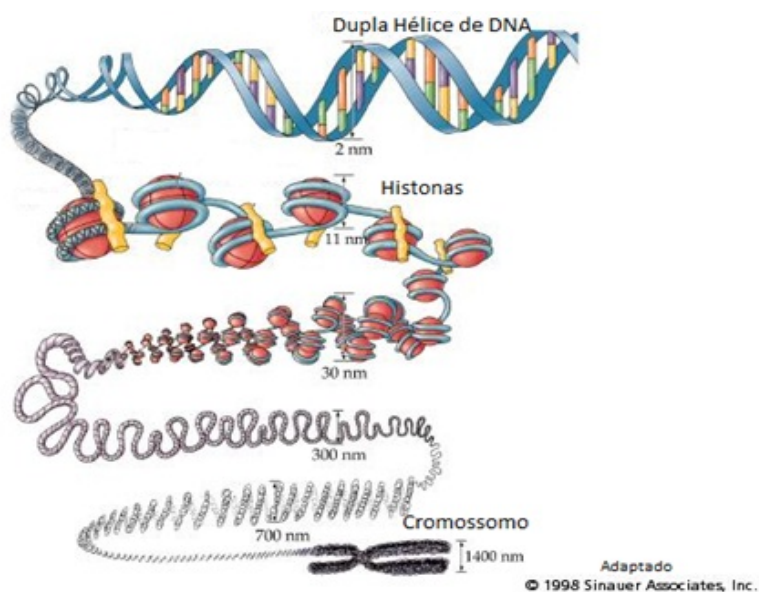
Na célula de organismos eucariotos há dois ambientes funcionais bem distintos, o núcleo e o citoplasma. No núcleo está contida a molécula do DNA (Ácido Desoxirribonucleico), que tem a importante função de guardar as informações genéticas para a formação de vários tipos de RNA (Ácido Ribonucleico) e transmitir às células e organismos descendentes essas mesmas informações.

O DNA contém a base de todas as informações que vêm a formar as características físicas e funcionais dos organismos, definidas pela composição de nucleotídeos da sua molécula dupla hélice, e pelos processos de regulação gênica associados a essa importante molécula. E essas informações tão importantes estão contidas nos *genes*, as unidades funcionais de codificação da informação genética. Embora existam várias interpretações e definições para genes, Salzberg (2018) as define como qualquer intervalo ao longo do DNA

cromossômico que é transcrito em uma molécula de RNA funcional ou que é transcrito em RNA e depois traduzido em uma proteína funcional. No aprofundamento dessa definição, Salzberg (2018) ainda destaca que gene inclui também: i) genes de RNA não codificantes, ii) genes codificadores de proteínas, e iii) todas as variantes de *splicing* alternativo em um único locus, contando-as como variantes no mesmo gene. Em números, são estimados que na espécie humana devam existir 22.287 genes codificadores de proteínas e 34.214 genes de transcrição de RNA funcionais (Salzberg, 2018).

O DNA é formado por uma dupla fita de nucleotídeos, conectadas entre si por pontes de hidrogênio. Cada fita possui nucleotídeos que se ligam fortemente entre si por meio de ligações fósforo-diésteres. Por conter grande quantidade de nucleotídeos responsáveis pela caracterização diferenciada de cada gene, seja pela composição e ordem dos nucleotídeos ao longo da fita, seja pelo tamanho da sequência (número total de nucleotídeos), o DNA necessita se condensar, pois o genoma humano possui aproximadamente 1 metro de comprimento e está acomodado dentro dos limites do núcleo da célula (Correia, 2021). Como mostrado na **Figura 1**, o nível mais condensado do DNA são os cromossomos, que estão dentro da célula eucariótica (células que contêm um núcleo), especificamente no núcleo.

Figura 1 - Esquema demonstrando a molécula de DNA dupla hélice e as diversas etapas de condensação até que sejam formadas as estruturas cromossômicas (DNA combinado a proteínas).

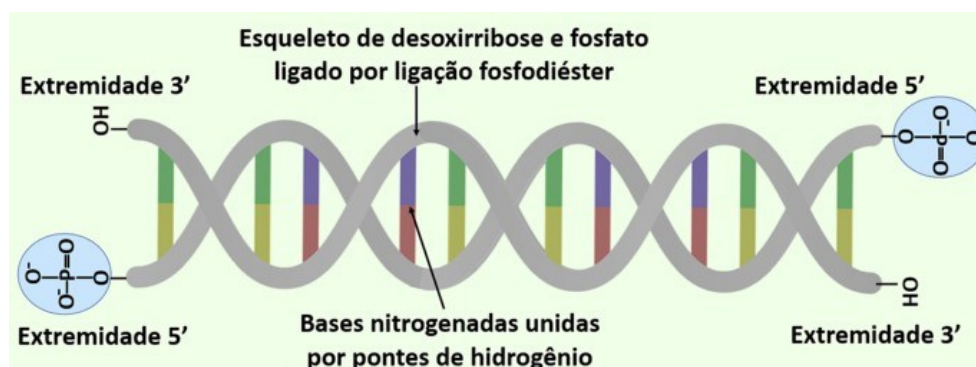


Fonte: Genéticaagronômica (2009)

Quando o DNA é descondensado, ou desespiralizado, nos deparamos com a cromatina, que reflete o empilhamento dos nucleossomos, que são octâmeros de moléculas de Histonas (proteínas) que permitem que o DNA se enrole, e que o processo de empacotamento do DNA ocorra. É importante ressaltar que, quando o DNA está compactado, sua codificação ou formação de um RNA (a *transcrição*) a partir dos genes não é possível, por causa de um bloqueio estrutural às enzimas envolvidas no processo.

Além de o DNA codificar proteínas de funções estruturais, enzimáticas e reguladoras, ele também forma as enzimas RNA polimerases (RNAPol), que desempenham a função de síntese de RNAs. Ao se deslocar ao longo da fita molde de DNA, de sentido 3' para 5' (**Figura 2**), a RNAPol lê e transcreve a informação para uma nova fita, encaixando os nucleotídeos correspondentes para formar o RNA. Este, por sua vez, é um Ácido ribonucleico composto por apenas uma fita de nucleotídeos, e é capaz de passar a informação retirada de um gene específico do DNA, que está no núcleo da célula, até o seu citoplasma. A partir dessa transcrição da informação do DNA para a forma de um RNA mensageiro (RNAm), a molécula passará pelo processo de maturação ou *splicing*, quando ocorrerá a retirada dos íntrons (partes não codificadoras) e a junção dos éxons (regiões codificantes do gene). Como observado na **Figura 3**, depois dessa maturação, o RNA mensageiro levará para fora do núcleo uma cópia da informação de um gene, sendo direcionado para a organela responsável pela tradução dessa informação, o ribossomo.

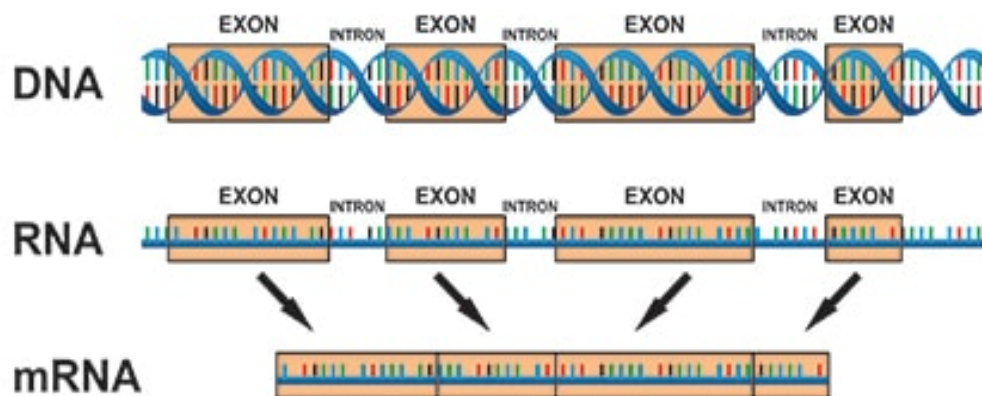
Figura 2 - Esquema da dupla hélice de DNA (em cinza) que é antiparalela devido a composição química das suas extremidades (uma 3' para 5'; e uma 5' para 3').



A extremidade 3 linha (3') é formada pelo carbono 3 da pentose ligado a uma molécula de hidroxila (OH); e a extremidade 5 linha (5') é formada pelo carbono 5 da pentose ligado ao grupo fosfato (HPO_4). As barras coloridas verticais representam os quatro diferentes nucleotídeos do DNA, que formam o par adenina - timina, e o par citosina - guanina da dupla hélice.

Fonte: Todamateria (2021)

Figura 3 - Esquema representativo da presença de éxons e íntrons na molécula de DNA e de RNA recém transcrito.

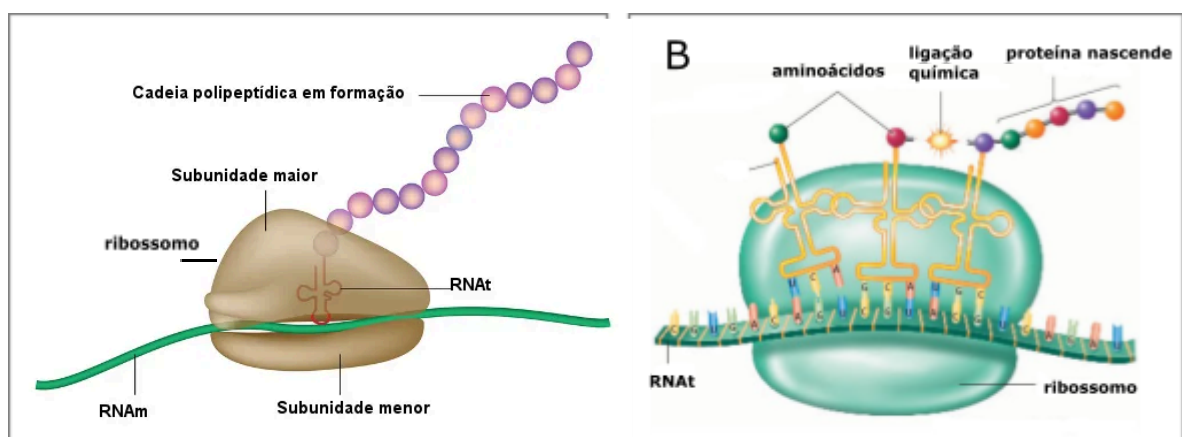


Após o processamento, o RNA mensageiro (RNAm) conterá apenas as sequências correspondentes aos éxons ou uma variante dessa informação genética (processamento alternativo).

Fonte: Bioquimicabrasil (2015)

No citoplasma é onde encontram-se as organelas (estruturas envolvidas por membranas e que apresentam funções especializadas) e estruturas tal como os ribossomos, sem membranas. Estes se caracterizam como pequenas partículas (entre 20 e 30 nanômetros) formados por proteínas e RNA ribossomal (RNAr) (**Figura 4**).

Figura 4 - Representações esquemáticas (A e B) de ribossomos e suas ligações com o RNA mensageiro (RNAm), RNA transportador (RNAt), aminoácidos e proteínas nascente (ou cadeias polipeptídicas).



Fonte: A) Brasil Escola, B) Protein synthesis translation (Google sites)

A função dos ribossomos é viabilizar a síntese (produção) de proteínas na célula. Tal como demonstrado na **Figura 1**, o ribossomo é um complexo formado por uma subunidade maior e uma menor de RNA. Internamente, esse complexo forma quatro sítios de ligação distintos, cada um com uma função específica: um sítio para ligação da molécula de RNA mensageiro (presente na unidade menor) e três sítios na subunidade maior: um onde se liga o RNA transportador (RNAt), junto à cadeia nascente do polipeptídio; um sítio para receber do próximo RNAt que será ligado; e um sítio de RNA transportadores, descarregados de seus aminoácidos específicos e que deixam o ribossomo.

DNA, RNA e ribossomo são partes essenciais o *dogma central da biologia molecular*, de Francis Crick em 1958, que explica como ocorre o *fluxo de informações do código genético*, e que envolve os processos de Replicação, Transcrição e Tradução. O fluxo da informação genética segue o seguinte sentido: DNA → RNA → PROTEÍNAS (**Figura 5**), e nunca o contrário.

Figura 5 - Esquema sequencial do fluxo da informação genética na célula, ou Dogma Central da Biologia Molecular.



Fonte: Mundo educação (2015)

O processo de tradução se atém à informação contida em trincas de nucleotídeos, o chamado Código Genético (**Figura 6**). Quando o RNA se encontrar com o ribossomo, este último fará uma ‘leitura’ das trincas (códon) presentes na molécula, abrindo espaço para que um RNAt específico se alinhe e descarregue um aminoácido específico a cadeia nascente da

proteína. O processo de Tradução consiste na união de aminoácidos, obedecendo à ordem de códons apresentados em um RNA mensageiro.

Figura 6 - Apresentação das combinações de trincas (ou códons) do código genético, relacionados diretamente a escolha do aminoácido a ser incluída na cadeia da proteína.

CÓDIGO GENÉTICO					
SEGUNDA BASE					
PRIMEIRA BASE	U	C	A	G	
	UUU FENIL ALANINA UUC UUA LEUCINA UUG	UCU SERINA UCC UCA UCG	UAU TIROSINA UAC UAA STOP CODON UAG	UGU CYSTEINE UGC UGA STOP CODON UGG TRYPTOPHAN	U C A G
	CUU LEUCINA CUC CUA CUG	CCU PROLINA CCC CCA CCG	AAU HISTIDINA AAC AAA GLUTAMINA AAG	CGU ARGININA CGC CGA CGG	U C A G
	AUU ISOLEUCINA AUC AUA AUG METIONINA	ACU TREONINA ACC ACA ACG	CAU ASPARAGINA CAC CAA LISINA CAG	AGU SERINA AGC AGA ARGININA AGG	U C A G
	GUU VALINA GUC GUA GUG	GCU ALANINA GCC GCA GCG	GAU ÁCIDO ASPÁRTICO GAC GAA ÁCIDO GAG GLUTÂMICO	GGU GLICINA GGC GGA GGG	U C A G
TERCEIRA BASE					

Para um mesmo aminoácido, os códons podem variar nas posições da primeira, segunda ou terceira base do nucleotídeo (U=Uracila, C=Citosina, A=Adenina, G=Guanina).

Fonte: O autor (2023)

Os processos de Transcrição e Tradução são complexos e envolvem a participação simultânea de várias moléculas. Devido à natureza abstrata e molecular das moléculas de DNA, de RNA e de proteínas, as etapas não são bem compreendidas pelos alunos (Arcanjo, 2009). Surge daí a necessidade de melhorar essa compreensão por meio da criação de modelos didáticos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar um modelo didático que demonstre a interatividade dos processos de transcrição e tradução da informação genética, do DNA à formação de proteínas, contribuindo com a melhoria dos processo de ensino-aprendizagem em aulas de Genética.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um modelo didático eficiente, de baixo custo e interativo para demonstrar como ocorrem os processos de transcrição e tradução do material genético dentro da célula;
- Evidenciar a eficácia do uso do modelo didático, bem como seus benefícios para a melhoria do ensino de Genética no Ensino Médio.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Esse trabalho teve o intuito de tornar as aulas de Genética mais dinâmicas por meio da aplicação de um mecanismo didático escolar bem eficiente para o processo de ensino aprendizagem, e que fosse representativo dos eventos de transcrição e tradução que ocorrem na célula. Primeiramente, o modelo foi confeccionado com os materiais descritos na **Tabela 1**, que foram arame, massas de *biscuit* coloridas, bolas de isopor, bases de isopor, cola de isopor, tintas, pom pom de cinco diferentes cores, miçangas coloridas, alfinetes coloridos, velcro e bases de *biscuit* como suporte.

Quadro 1 - Lista de materiais utilizados na confecção do modelo didático.

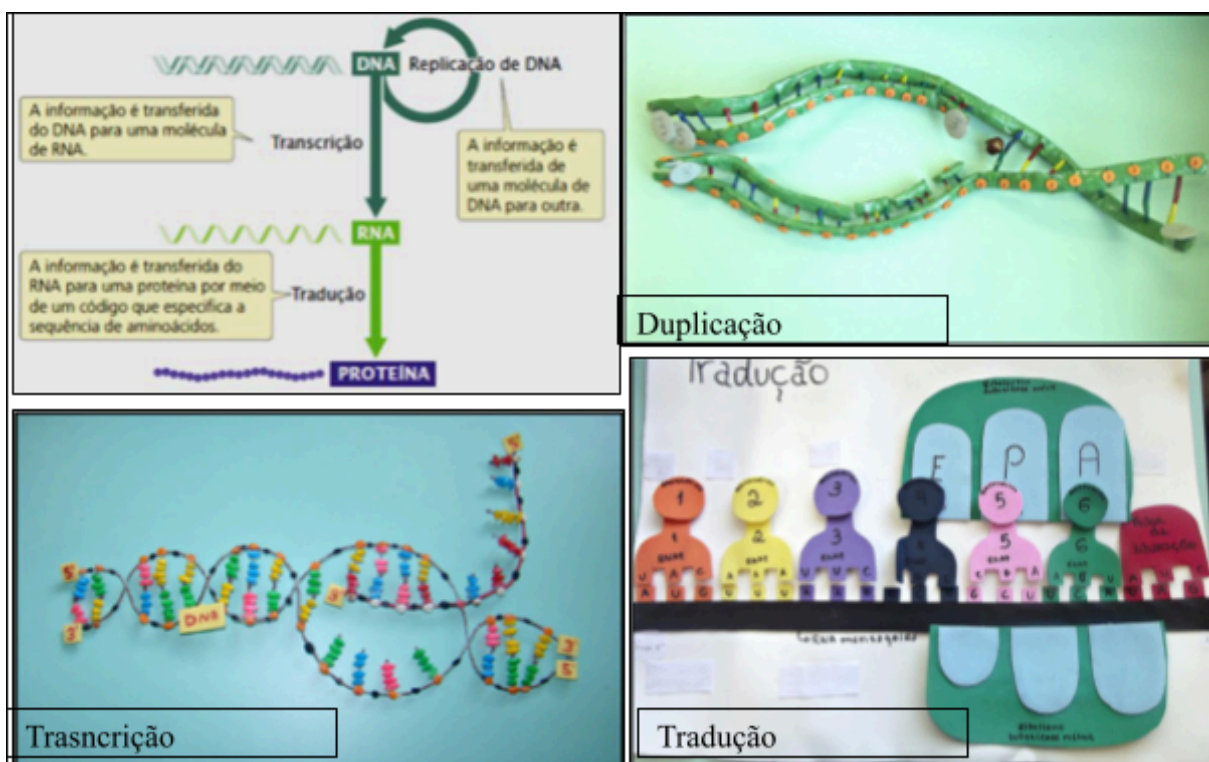
Materiais	Quantidade	Cores
bola de isopor (250 mm)	1	Branca
bola de isopor (20 mm)	4	Branca
massa de biscuit	2	Vermelho
	1	Marrom
	1	Branca
	1	Azul
base de isopor	1	Branca
Arame galvanizado	2 metros	
tinta	1	Vermelha
	1	Azul
	1	Marrom
	1	Verde
	1	Amarela
velcro	3 metros	Branco
Bolinhas coloridas (pom pom)	35	Verde
	35	Grafite
	19	Rosa
	37	Branca
	17	Roxa
	37	Preta
Pincel fino	1	
cola de isopor	2	Branca
miçangas	36	Verde
	43	Branca
	29	Grafite
	33	Roxa
Plaquinhas	4	Pretas
Alfinetes	30	coloridos

Fonte: O autor (2023).

3.2 Métodos

A construção do modelo didático foi feita manualmente, com estruturas de sustentação feitas de arame e bases de *biscuit* para dar o apoio necessário e se baseou em imagens prévias, colhida da literatura e internet (**Figura 7**).

Figura 7 - Modelos didáticos representativos dos processos gerais da duplicação, transcrição e tradução do material genético, que serão fonte para a elaboração do modelo didático mais complexo e interativo que será elaborado no presente estudo.



Fonte: Google sites

A partir das ideias das figuras acima e do material *online* (imagens e texto) da professora Thelma S. Okay, da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - USP (Okay, 2009), foram criadas e montadas representações de nucleotídeos, enzimas, RNA, ribossomo, RNAs transportadores, aminoácidos, e de uma proteína nascente.

O modelo final construído no presente estudo reúne e integra dois processos moleculares distintos, normalmente apresentados de forma desconectada: a **Transcrição** e a **Tradução**. Foi feito um esforço para reunir as informações para obter um modelo-didático mais completo, que demonstrasse de forma esquemática a **estrutura do gene**, **formação do RNA mensageiro**, **estrutura do RNA transportador** e **formação da proteína** nascente, integrando dois processos em um único modelo didático, para facilitar a compreensão dos estudantes.

Personalizar o modelo didático de forma a imergir o discente na proposta pode ser um dos desafios mais interessantes a ser superado pelos docentes. Destacamos alguns aspectos que devem ser observados na elaboração de modelos didáticos sobre o tema transcrição e tradução, em células eucariotas:

- a) que o processo da **Replicação** do DNA ocorre no núcleo das células;
- b) que a **Transcrição** inicia no núcleo e se estende até que o RNA se desloque até o citoplasma;
- c) que a **Tradução** ocorre exclusivamente no citoplasma, onde se encontram os ribossomos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

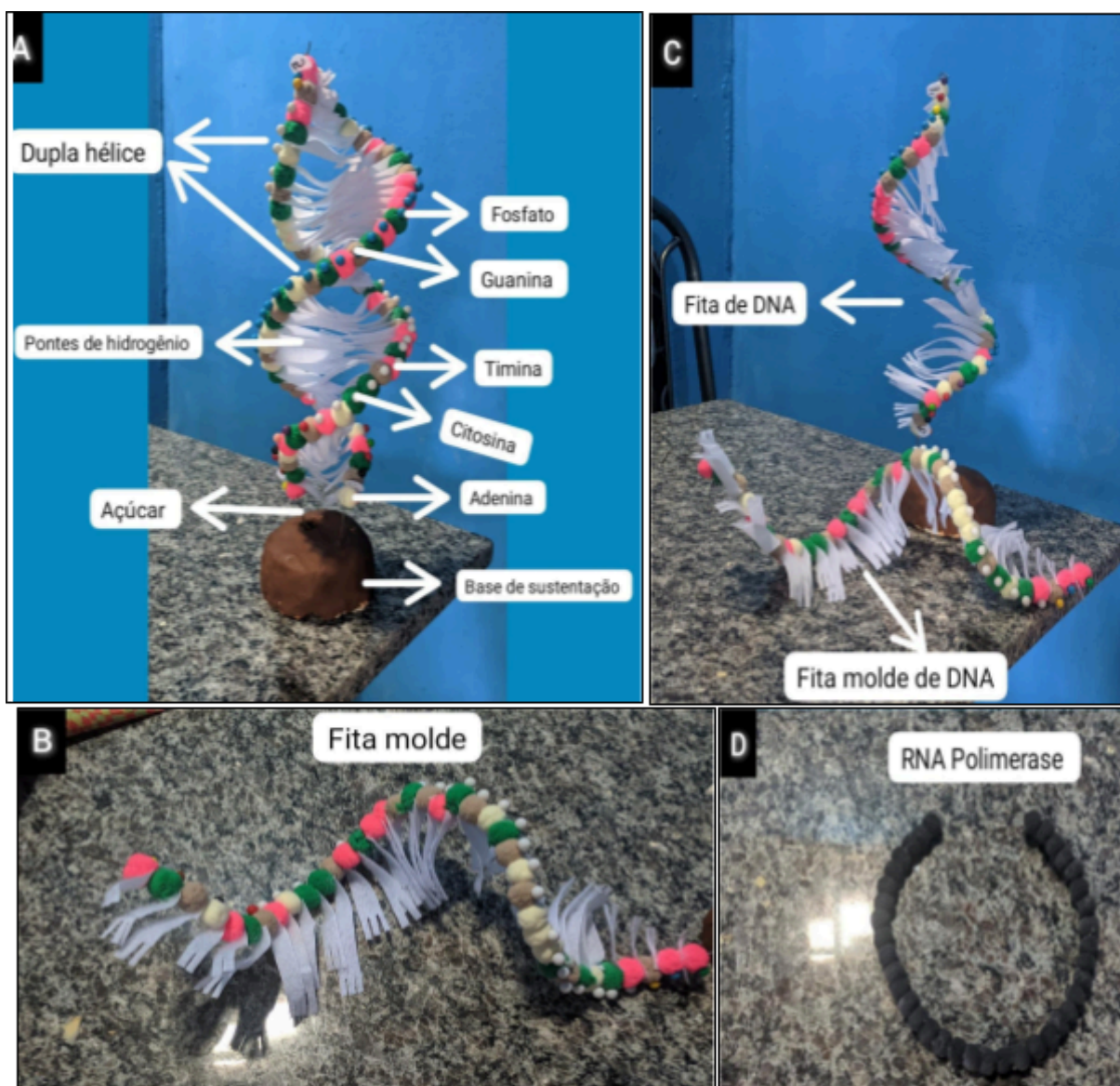
A construção do modelo didático sobre transcrição e tradução do DNA, seguindo a ordem de acontecimento desse fenômeno na célula, e estão descritos ao longo de cinco etapas detalhadas abaixo, e de uma sexta etapa, de aplicação e avaliação por parte dos estudantes do Ensino Médio.

Etapas 1. Construção dos modelos de DNA e RNA

Para ilustrar a estrutura do DNA, a dupla fita foi construída seguindo o modelo antiparalelo, uma em relação outra. Para dar sustentação, o arame o arame foi fixado em uma base feita de massa de *biscuit* (**Figura 8A**). De acordo com a figura, as bases nitrogenadas foram representadas por pompons coloridos, sendo cada cor representante de uma base nitrogenada diferente (verde a citosina, branca a adenina, rosa a timina e cor grafite a guanina). As pontes de hidrogênio que ligam as bases nitrogenadas foram feitas com velcro, cortado em duas ou três pontas dependendo do número de pontes de hidrogênio. Foram utilizados alfinetes para representar o grupamento fosfato da fita de DNA.

Para facilitar a compreensão do estudante, uma das fitas de DNA (a fita molde) pode ser removida da dupla hélice a fim de demonstrar a função da enzima RNA polimerase (**Figuras 8B e 8C**). Neste caso, a enzima RNA polimerase foi construída com arame moldado na forma de um círculo com pompons na cor preta (**Figura 8D**), e um mecanismo de abertura permite que a enzima se encaixe na fita de DNA, na sua região promotora, iniciando a etapa da Transcrição.

Figura 8 - Modelo didático construído para demonstrar a estrutura dupla hélice do DNA (A), a fita molde (B e C) e a enzima RNA polimerase (D).



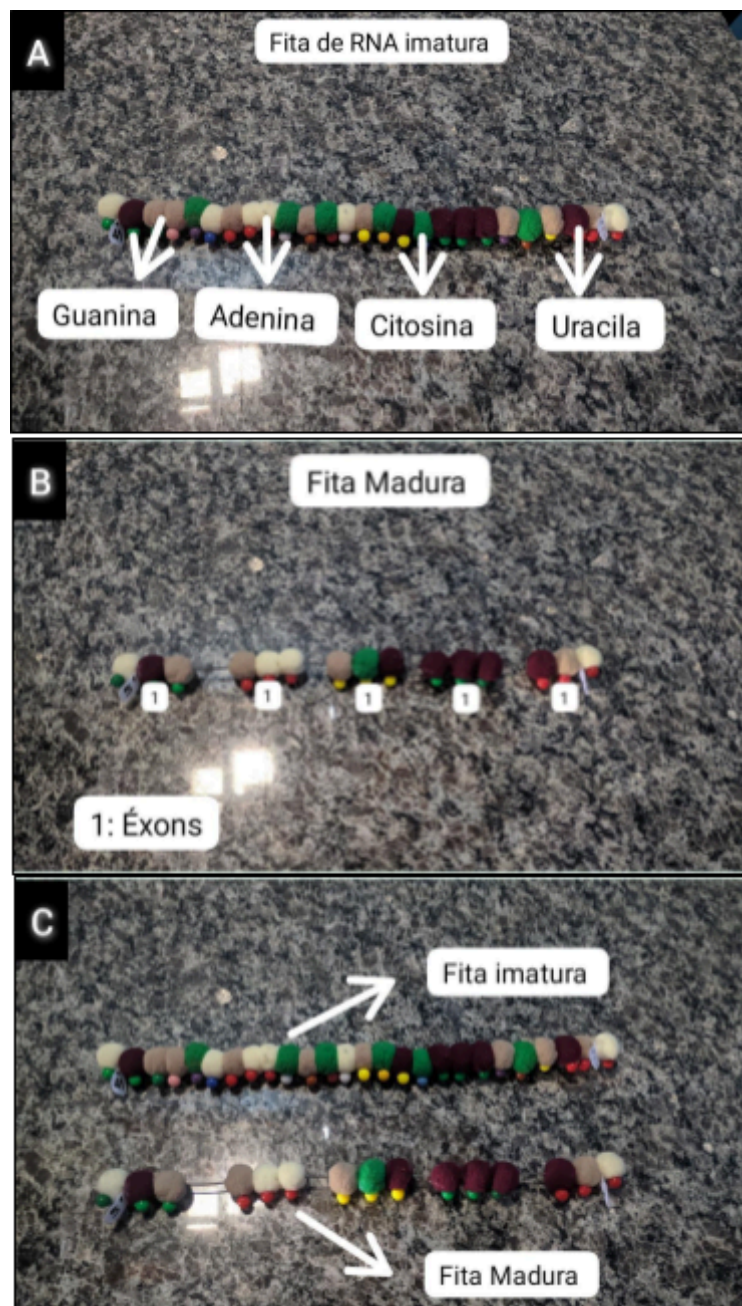
Fonte: O autor (2024).

Etapa 2. Construção da fita de RNA mensageiro

O modelo didático demonstrando a construção da fita de RNA foi feito de duas formas, uma representando o RNA imaturo (**Figura 9A**), onde estão inseridas as cópias dos íntrons e éxons da fita de DNA molde; e outra fita representando o RNA maduro (**Figura 9B**), contendo apenas os éxons após o processo de *splicing*. Ambas fitas de RNA foram colocadas bem próximas para o estudante observar melhor essas diferenças da presença e ausência dos íntrons.

As fitas de RNA foram confeccionadas com arame linear de dois tamanhos: o RNA mensageiro imaturo com 46 cm; e o RNA mensageiro maduro, com 30 cm. Para ilustrar as bases nitrogenadas no RNA também foram usados pompons coloridos, seguindo sempre o mesmo padrão utilizado no DNA, apenas substituindo a cor rosa da Timina (ausente no RNA) pela cor roxa, representando a Uracila.

Figura 9 - Modelo didático da estrutura do RNA mensageiro contendo íntrons e éxons (A) e contendo apenas éxons (B), respectivamente, antes e depois do processamento do RNA mensageiro (C).



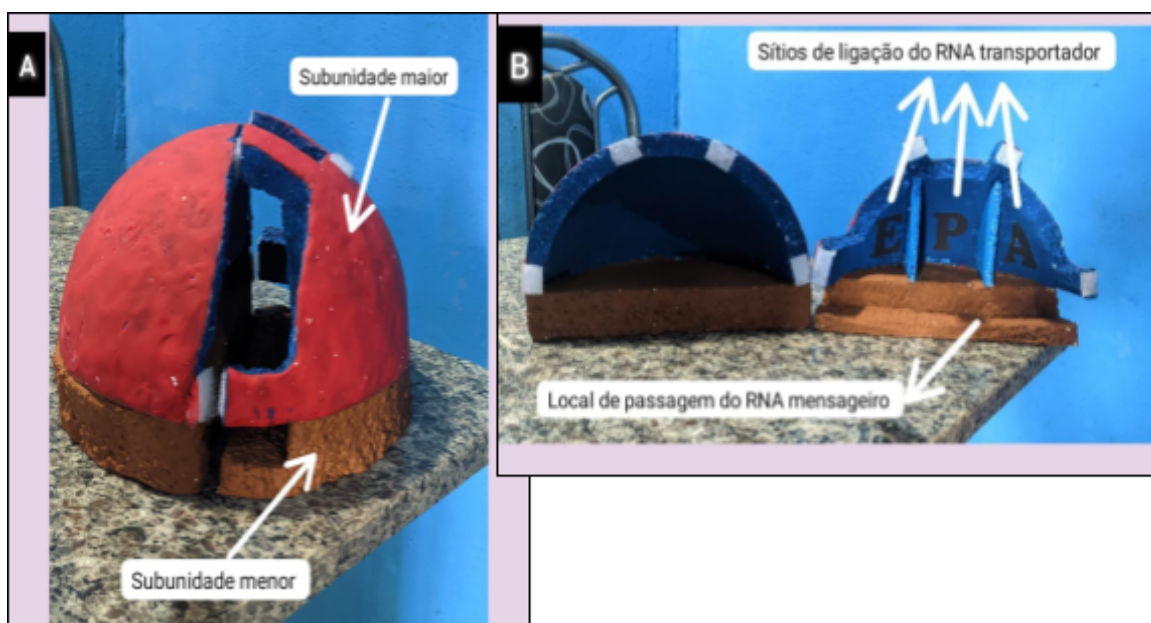
Fonte: O autor (2023).

Etapa 3. Construção do ribossomo

Nessa etapa foi reproduzido um modelo do ribossomo, organela formada por RNA ribossomal e que é responsável por viabilizar a **tradução** do RNA mensageiro e **formação** das proteínas. Para representar a estrutura química e tridimensional do ribossomo foi utilizada uma bola de isopor oca para representar a subunidade maior (**Figura 10A**), que foi coberta com massa de *biscuit* vermelha para dar maior rigidez ao modelo. Essa base maior do ribossomo se encaixa perfeitamente na base de isopor da subunidade menor do ribossomo, pintada em marrom

A estrutura da subunidade maior, quanto da menor, foram cortadas ao meio para poder dar uma visão 3D de como o processo de tradução ocorre no interior do ribossomo (**Figura 10B**). Para juntar as duas partes, foi usado velcro branco, indicado na Figura 10. Internamente, a subunidade maior do ribossomo foi pintada em azul, e foi dividida em 3 partes com uso de isopor mais fino para evidenciar os **sítios E, P e A** (**Figura 10B**), que recebem o RNA transportador. Outro ajuste feito no modelo didático do ribossomo foi criar um espaço na subunidade menor para contato do ribossomo com o RNA mensageiro (que é o molde de construção da futura proteína); e criar espaços na parte superior da subunidade maior do ribossomo (em E, P e A) para demonstração da chegada do RNA transportador junto com um aminoácido para o início da formação da proteína nascente.

Figura 10 - Modelo didático representativo do ribossomo, subunidades maior e menor.



Fonte: O autor (2023).

Etapa 4. Construção do modelo didático do RNA transportador e etapa da Tradução

Modelos didáticos da etapa da transcrição raramente incluem detalhes da estrutura particular dos RNAs transportadores, mesmo estas sendo estruturas muito interessantes e cuja função é transportar os aminoácidos que serão utilizados na síntese das proteínas. Por conterem uma sequência de nucleotídeos de RNA (adenina, uracila, citosina e guanina) e uma região denominada anticódon, composto por 3 nucleotídeos, cada RNA transportador tem capacidade se juntar quimicamente a apenas um dos 20 diferentes aminoácidos que existem.

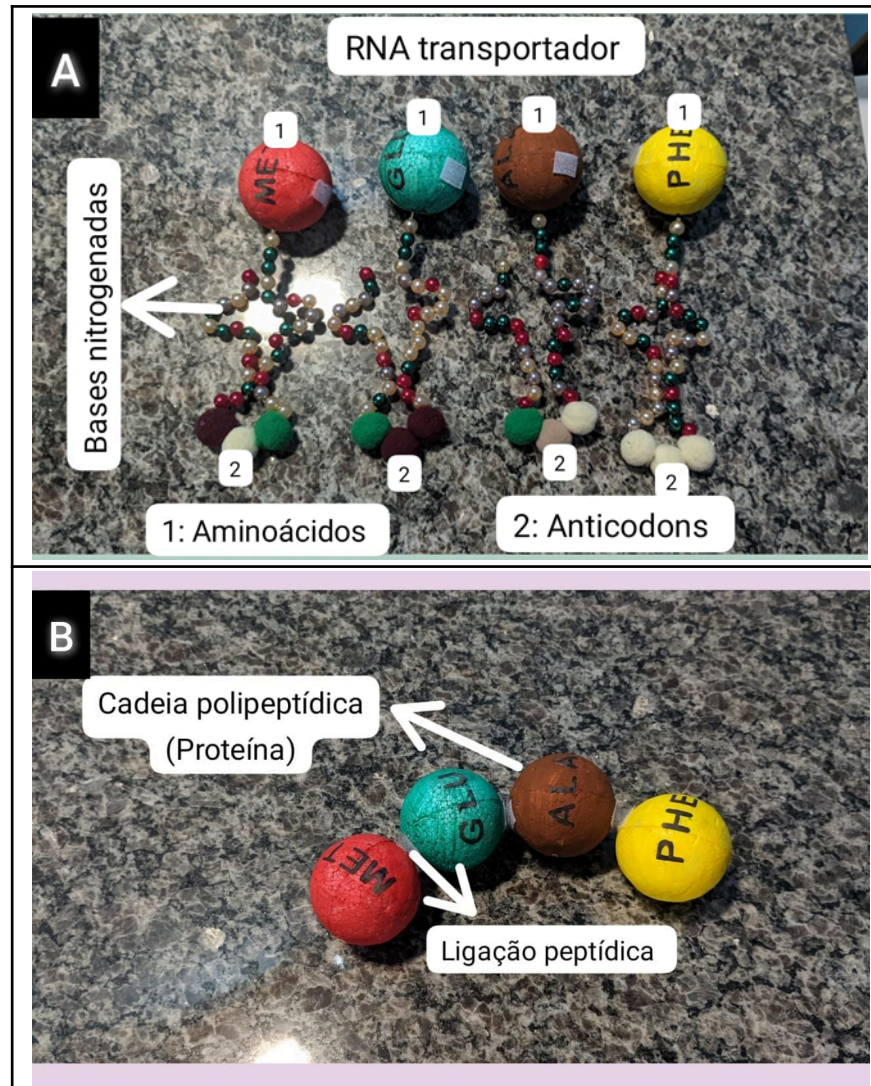
Para demonstrar mais claramente a etapa de tradução das proteínas aos estudantes foram construídos quatro modelos de RNA transportador diferentes (**Figura 11A**), sendo um ligado à Metionina (que é o primeiro aminoácido das proteínas), e outros três ligados a Glicina, Alanina ou Fenilalanina. Neste caso, foi usado arame para dar a forma e estrutura dimensional aos RNA transportadores, e miçangas com as mesmas cores dos pompons do RNA mensageiro, foram usadas para representar as unidades de nucleotídeos do RNA (**Figura 11A**).

Para representar a região anticódon do RNA transportador (local de seu pareamento com a sequência molde do RNA mensageiro) foram usados 3 pompons coloridos, de maior tamanho que as miçangas, dando uma espécie de *zoom* aos nucleotídeos dessa importante região do RNA transportador. Por fim, na extremidade oposta desse RNA foi agregado o respectivo aminoácido, feito de bolas pequenas de isopor, nas cores vermelha, verde, marrom e amarelo (**Figura 11A**). E em cada aminoácido foi colado um velcro para demonstrar a ocorrência das ligações fosfodiéster entre eles, para a formação da cadeia polipeptídica nascente (proteína).

Etapa 5. Construção dos demais componentes do modelo didático

Nesta etapa foram elaborados outros detalhes do modelo (**Figura 12**) e legendas, como os pompons usados para definir os diferentes nucleotídeos do DNA e dos RNAs (Figura 12.1), as enzimas que atuam nos processos (Figura 12.2) e a proteína de fator de liberação (Figura 12.3), confeccionada com massa de *biscuit* azul, e que se liga ao códon que sinaliza parada de tradução.

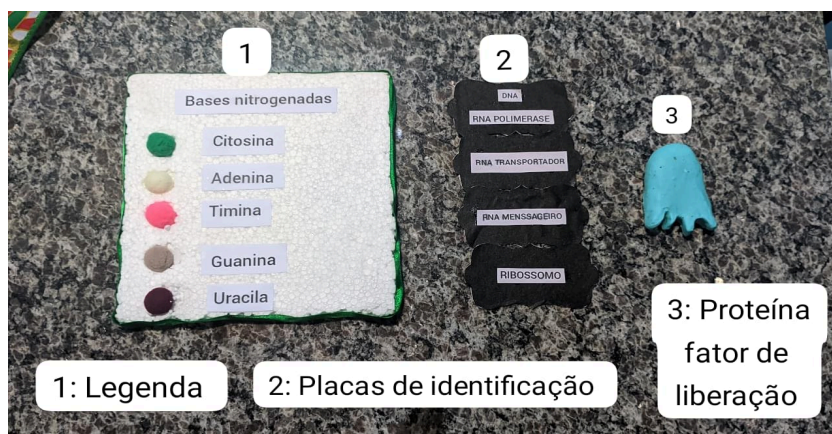
Figura 11 - Modelos didáticos



A) quatro diferentes RNAs transportadores combinados com seus aminoácidos específicos (1) com detalhes das regiões anticódon (2), representando a trinca de nucleotídeos que se ligam no RNA mensageiro. B) esquema do modelo didático de quatro aminoácidos (Metionina, Glicina, Alanina e Fenilalanina), ligados entre si por ligações peptídicas.

Fonte: O autor (2023).

Figura 12 - Detalhes dos demais componentes do modelo didático de tradução e transcrição.



Fonte: O autor (2023).

Etapa 6. Aplicação do modelo didático a estudantes do Ensino Médio

A aplicação do modelo didático como auxiliar das aulas teóricas foi feita com alunos da Escola EREM Raimundo Honório, de Belo Jardim, Pernambuco, em agosto/2023. Com auxílio de um questionário, os estudantes do 1º ano da Escola se manifestaram sobre o entendimento, clareza e efetividade do modelo. O modelo foi apresentado a 21 alunos, após a Professora concluir as aulas teóricas sobre os conteúdos. O questionário objetivou pontuar a opinião pessoal dos jovens sobre a efetividade do modelo como auxiliar do aprendizado dos assuntos de transcrição e tradução do RNA. As perguntas do questionário estão apresentadas no **Quadro 1** e foram respondidas pelos estudantes de forma escrita, o que permitiu as análises das perguntas e elaboração dos gráficos que seguem abaixo.

Quadro 2 - Questionário para a coleta das impressões sobre o modelo didático, aplicado na turma do 1 Ano na Escola Erem Raimundo Honório na cidade de Bom Jardim-PE.

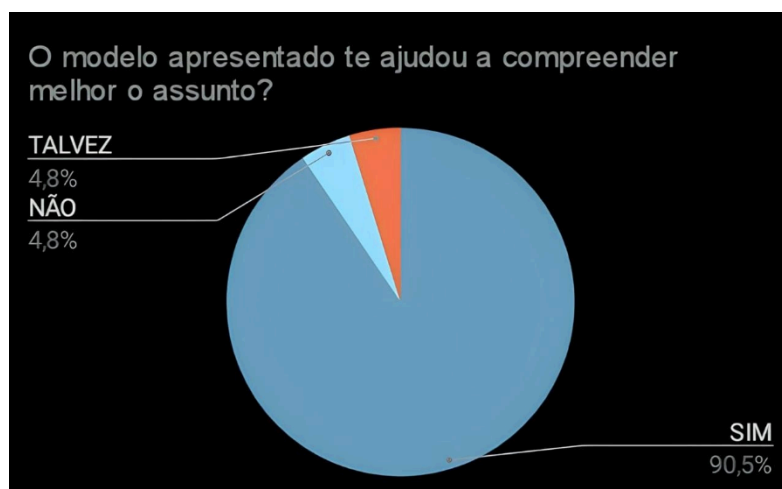
O modelo apresentado te ajudou a compreender melhor o assunto? a) Sim b) Não c) Talvez	Na sua opinião o uso dessas ferramentas ajudariam a compreender melhor assuntos que sejam complexos? a) Sim b) Não c) Talvez
Para você os professores deveriam usar mais essas ferramentas de ensino? a) Sim b) Não c) Talvez	Você acha que com o uso desses mecanismos de aprendizagem, o aluno se interessa mais pelo assunto? a) Sim b) Não c) Talvez

Você acha que as aulas poderiam ser mais interativas e dinâmicas com uso de outros instrumentos de aprendizagem? a) Sim b) Não c) Talvez	Você concorda que as aulas devem ser apresentadas apenas com uso de slide e quadro? a) Sim b) Não c) Talvez
O uso de mecanismos de aprendizagem como modelos, jogos, aula de campo, músicas, etc, estimulam os alunos a gostar mais das aulas. Você concorda com essa frase? a) Sim b) Não c) Talvez	

Fonte: O autor (2023).

Respostas de 21 estudantes, organizadas na forma de gráficos, e discussão:

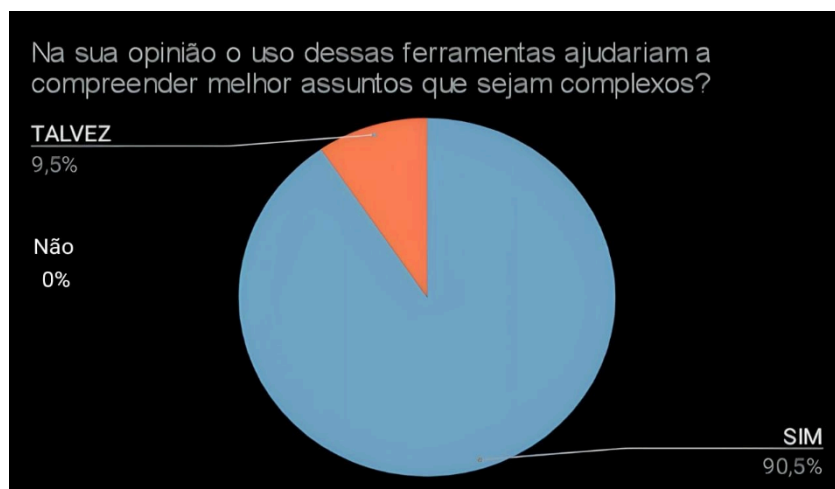
Gráfico 1 - Questão 1.



Fonte: O autor (2023).

Na questão número 1, onde os alunos foram questionados sobre a efetividade do modelo sobre a melhor compreensão cerca de 90% dos alunos afirmaram que o modelo facilitou a compreensão do assunto, e outros 4,8% responderam que talvez, e outros mesmos 4,8% responderam que não, logo, houve sim uma efetividade positiva do modelo.

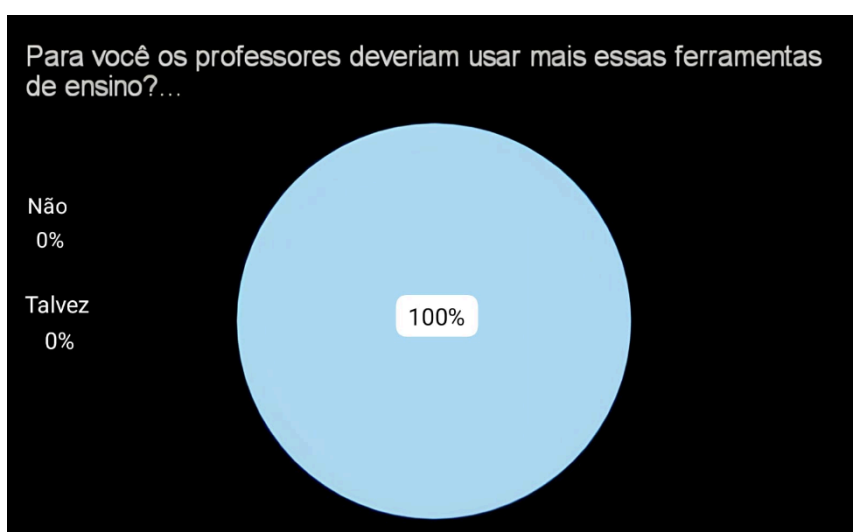
Gráfico 2 - Questão 2.



Fonte: O autor (2023).

Na questão número 2, os alunos foram questionados se o uso desses mecanismos ajudam a entender assuntos difíceis, obteve-se os seguintes resultados, para 90,5% da turma a resposta foi sim, ou seja é possível notar que os alunos realmente gostam e aprendem mais com ajuda de outras formas lúdicas de ensino, não só com aulas tradicionais onde os mesmo são passivos do seu próprio aprendizado, para 9,5% da turma responderam que talvez, ou seja, mesmo que para esses entrevistados o lúdico não é 100% efetivo, nota-se do aluno uma incerteza, mas que pode ser alcançado e melhorado. Nenhum estudante discordou da afirmação feita na questão 2, demonstrando que todos concordam, seja totalmente ou não, sobre a efetividade de aulas mais dinâmicas.

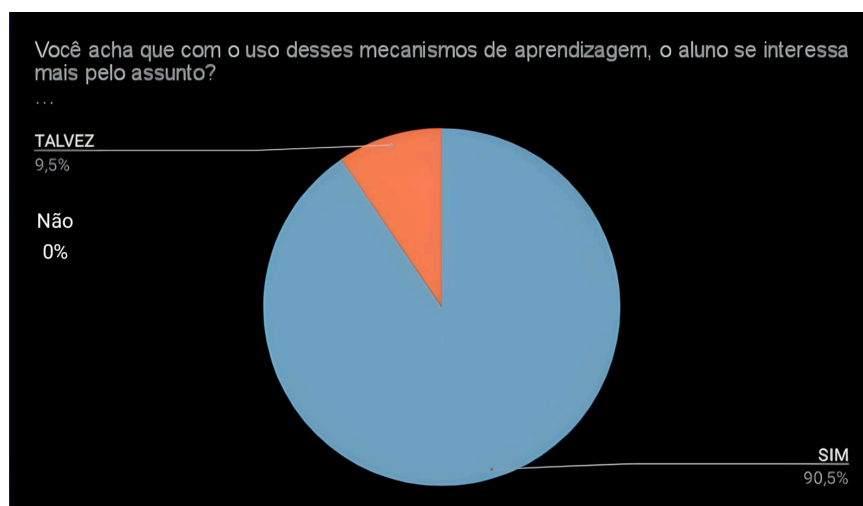
Gráfico 3 - Questão 3



Fonte: O autor (2023).

Na questão 3, os alunos foram questionados se os professores deveriam usar mais dessas metodologias, por unanimidade 100% dos entrevistados concordaram com a pergunta. Dessa forma, ficou evidente a vontade dos alunos para algo mais lúdico, dinâmico e divertido de aprender, sem a pressão de sala de aula o tempo inteiro e sempre de maneira redundante e desgastante de aprender, ainda mais quando se trata de assuntos difíceis de entendimento.

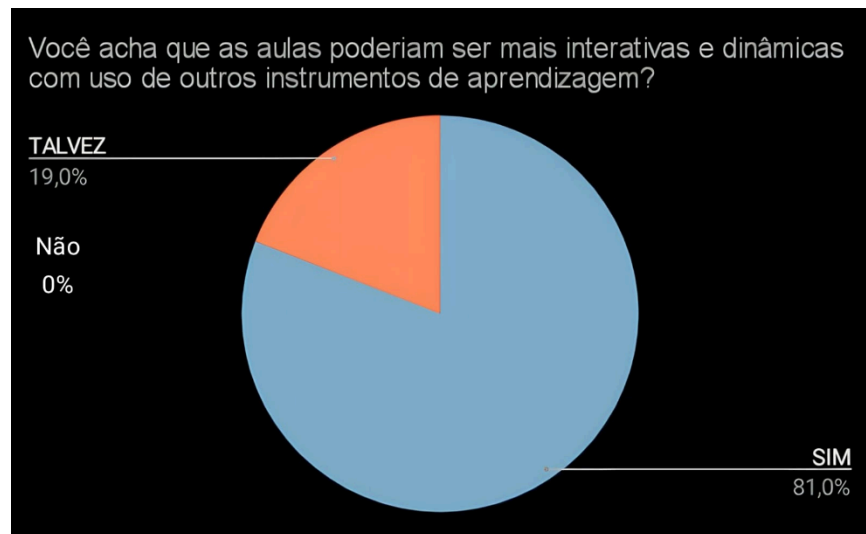
Gráfico 4 - Questão 4



Fonte: O autor (2023).

Nesta questão 4 os alunos foram provocados a se expressarem sobre o interesse aos assuntos com metodologias didáticas diferentes, e 90,5% disseram que sim, o que indica que o uso dessas ferramentas prende a atenção dos estudantes e os provoca a querer entender, a participar mais, e a se desafiarem. Com isso, os modelos despertam a vontade em estar em aula, não só para aprender e cumprir com as provas bimestrais, mais para desejar aprender mais, a fixar seus conhecimentos de maneira mais saudável e, principalmente, despertar o amor ao conhecimento. Isso se baseia no fato que apenas 9,5% dos estudantes responderam que talvez possam se interessar, enquanto que nenhum aluno respondeu que não.

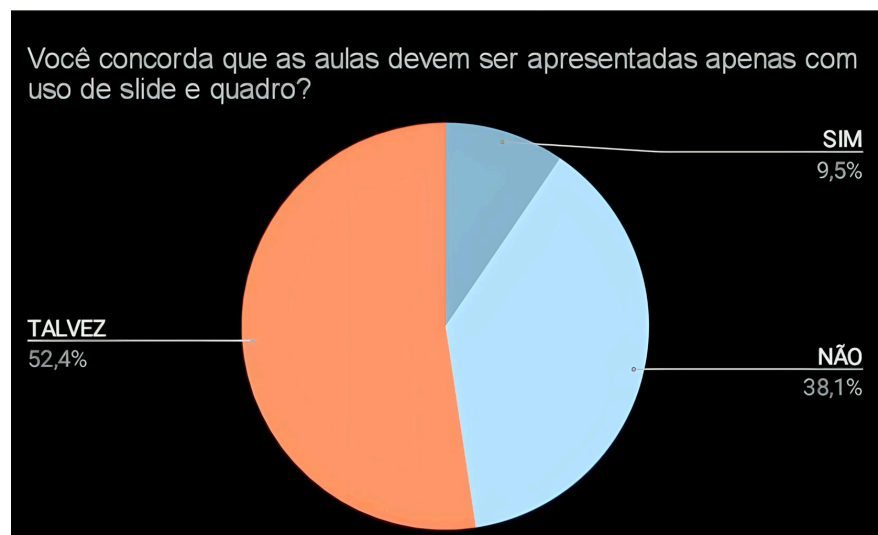
Gráfico 5 - Questão 5



Fonte: O autor (2023).

Nesta pergunta, os entrevistados foram inquiridos se para eles as aulas poderiam ser mais interativas, dinâmicas com outros instrumentos, e 81% disseram que sim, enquanto que 19,0% deles acham que talvez. Esses dados nos fazem perceber que é válido mudar as metodologias em sala de aula, pois nesta pergunta 0% dos estudantes discordaram dessa ideia. Nota-se um desejo por parte dos alunos em algo mais diferente e inovador para o campo da aprendizagem.

Gráfico 6 - Questão 6



Fonte: O autor (2023).

Nesta pergunta, os alunos foram questionados se as aulas deveriam ser apresentadas de maneira tradicional, apenas com quadro branco e slides. Para 38,1% a resposta foi que não, ou seja, há aí um interesse de mudança de metodologias de ensino, por parte dos alunos. Outros 52,4% da turma afirmaram que “talvez” e esse resultado parece indicar que os alunos estão acostumados com o meio tradicional de ensino, e que por mais que desejem algo mais interativo e dinâmico, como indicado nas respostas das questões anteriores, essas metodologias tradicionais estão enraizadas na suas rotinas de sala de aula. Também há que se considerar que 9,5% dos estudantes responderam que sim, o que pode ser reflexo da plena aprovação dos estudantes quanto às boas práticas dos professores que ministram as aulas teóricas, por eles serem, de fato, muito bons educadores, na opinião desses estudantes.

Gráfico 7 - Questão 7



Fonte: O autor (2023).

Nesta pergunta, os alunos foram indagados se os diferentes meios didáticos lúdicos de ensino estimulam o estudante a simpatizar mais pelas aulas. Por unanimidade, todos afirmaram que sim, ou seja, algo inovador traz sim ao aluno um gosto melhor para as aulas, indicando a evidente efetividade de instrumentos diferentes utilizados pelos educadores, na construção de conhecimentos dos alunos.

5 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi feito um esforço em criar um modelo didático completo e de fácil confecção para auxiliar ao entendimento dos estudantes de Ensino Médio sobre as etapas da transcrição e tradução dos genes e formação das proteínas em eucariotos. O modelo foi composto da estrutura dupla hélice do DNA, do RNA mensageiro, RNA transportador, ribossomo e proteína. Priorizamos demonstrar, de forma lúdica, a forma e função das estruturas químicas básicas desses processos celulares, com destaque para as trincas de nucleotídeos do DNA, as regiões homólogas do RNA mensageiro, as trincas anticódon do RNA transportador, e os aminoácidos da proteína final formada. O modelo permite demonstrar a tridimensionalidade do DNA, do ribossomo e do RNA transportador, e de como essas estruturas interagem entre si, no núcleo e no citoplasma da célula. Conclui-se que se trata de um modelo de fácil confecção, fácil manipulação e fácil transporte, que pode auxiliar muito aos professores a demonstrarem os processos complexos de replicação, transcrição e tradução, com chances de serem incluídas mais melhorias, de acordo com o interesse dos educadores. Por fim, as respostas de 21 estudantes validam a efetividade do modelo para o melhor entendimento dos conceitos e processos complexos apresentados. Assim, apresentamos um recurso didático acessível e efetivo para incentivar os professores a adotarem práticas mais lúdicas em sala de aula, permitindo que o aluno lápide seus conhecimentos de maneira mais completa, e desenvolvendo outros sentidos, como observação, imaginação, ideia de interação, tridimensionalidade, etc.

Desenvolver a força de vontade para aprender no estudante, para ele não apenas memorizar os conteúdos e buscar apenas notas maiores em boletins, é uma grande conquista e objetivo do professor. Os recursos didáticos são aliados na busca por preencher essa lacuna da falta de recursos e práticas nas escolas públicas, que trazem prejuízos no ensino e na aprendizagem escolar (Lima; Centurion, 2021). Após o entendimento de que é necessário mudar as estratégias de ensino com uso de modelos, como o apresentado aqui para um melhor aprendizado, fica claro que é importante investir ainda mais em outros meios de apresentar o assunto a ser abordado, buscando sempre o melhor aprendizado, absorção e fixação do conhecimento, além de que tornar as aulas e os momentos em sala de aula muito mais atrativos, divertidos e interessantes para os alunos (Oliveira *et al.* 2021).

REFERÊNCIAS

- ANSELMO, Michele S. **Modelo didático sobre o dogma central da biologia molecular**. 2014. 26 f. Monografia (Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/46878/r%20-%20e%20-%20michele%20d%20siqueira%20anselmo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 jan. 2023.
- AQUINO, Silvania Pereira. **O ensino de genética utilizando modelos didáticos: uma proposta metodológica na formação inicial de professores**. 2018. 132 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade de Goiás, 2018. Disponível em: <https://www.bdt.ueg.br/bitstream/tede/112/2/disserta%c3%87%c3%83o%20silvania.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2024.
- ARAÚJO, Maurício dos Santos; FREITAS, Wanderson Lopes dos Santos; LIMA, Sintiane Maria de Sá; LIMA, Michelle Mara de Oliveira. A genética no contexto de sala de aula: dificuldades e desafios em uma escola pública de Florianópolis. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 19–30, 2018. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/encima/article/view/1300>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- ARCANJO, Jucineide Gabriel. **Síntese proteica: um estudo sobre a formação de conceitos**. 2009. 131 f. Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: <https://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/bitstream/tede2/7496/2/Jacineide%20Gabriel%20%20Arcanjo.pdf>. Acesso em 29 ago. 2023.
- CORREIA, Jonathan. **Distribuição dos tamanhos de DNA humano codificante via teoria da informação**. 2021. 77 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/33330/1/DistribuicaotamanhosDNA_Correia_2021.pdf. Acesso em: 23 jan. 2023.
- CUSTODIO NETO, Arlindo Martins. **Abordagem investigativa no ensino de biologia: um modelo didático para o estudo do DNA**. 2020. 66 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2020.
- LIMA, Judith Santa de; CENTURION, Diosnel. Efetividade dos métodos didáticos no ensino de conteúdo de citologia com alunos do sistema modular em Tracajutuba I Macapá/AP. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 7., 2021, [s. l]. **Anais [...]** Campina Grande: Realize, 2022. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/80076>. Acesso em: 18 jan. 2024.
- FREITAS, Wanderson; LIMA, Sintiane; LIMA, Michelle. A genética no contexto de sala de aula: Dificuldade e desafios em uma escola pública de Florianópolis. **Revista Pós**, São Paulo-SP, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2018. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/encima/article/view/1300>. Acesso em: 6 jan. 2023.
- FROTA, W. A. M. **Tradução proteica: contribuições de um modelo didático para fixação de conteúdos em Biologia Molecular**. 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino

de Biologia) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2019. Disponível em: <https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/01/TCM-2.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2023.

GÓES, Andréa Carla de Souza; OLIVEIRA, Bruno Vinicius Ximenes de. Projeto Genoma Humano: um retrato da construção do conhecimento científico sob a ótica da revista Ciência Hoje. **Ciência & Educação**, Bauru-SP, v. 20, n. 3, p. 561-577, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/6NMQtBZN8C98xyFcZSgsWFn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 jan. 2024.

KARASAWA, Marines Marli Gniech. 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, e36910817383, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17383>. Acesso em: 8 mar. 2023.

MADUREIRA, Herika; MORTINHO, Maria; OLIVEIRA, Carlos; AZEVEDO, Laís; CARMO, Leandro. O uso de modelagens representativas como estratégias didáticas no ensino da biologia molecular: Entendendo a transcrição do DNA. **Revista Científica Interdisciplinar**, Campos dos Goytacazes-RJ, v. 1, n. 1, p. 17-25, 2016. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?oi=bibs&cluster=8280899553101047976&btnI=1&hl=en>. Acesso em: 8 mar. 2023.

MASCARENHAS, Márcia; SILVA, Vanessa; MARTINS, Paula; FRAGA, Elmary; BARROS, Maria. Estratégias para o ensino de genética em escolas públicas. Estratégias para o ensino de genética em escolas públicas. **Pesquisa em Foco**, São Luís-MA, v. 21, n. 2, ed. 2, p. 1-20, 2016. Disponível em: https://ppg.revistas.uema.br/index.php/PESQUISA_EM_FOCO/article/view/1216. Acesso em: 8 jan. 2023.

OKAY, Thelma. **Replicação, transcrição e tradução da informação genética**. [S. l.: s. n], 2003. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2549685>. Acesso em: 16 jan. 2023.

PEREIRA, Francisco. **O ensino de genética na educação básica**: Revisão bibliográfica e produção de modelos didáticos. 2019. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade estadual do Piauí: Centro de Ciências da Natureza, Universidade Estadual do Piauí, Terezina, 2019. Disponível em: <https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2020/12/tcm-francisco-pires-pereira.pdf>. Acesso em: 6 jan. 2023.

SALZBERG, S.L. Open questions: How many genes do we have? **BMC Biology**, Internacional, v. 16, n. 94, p. 2-4, 2018.

VILHENA, Nariane; PONTES, Altem; PEREIRA, Andreza; BARBOSA, Camilo; COSTA, Verena. Modelos didáticos pedagógicos estratégias inovadoras para ensino de biologia. **Revista da SBEnBio**, Florianópolis-SC, v. 1, n. 3, ed. 1, p. 1-11 2010. Disponível em: https://www.sbenbio.org.br/publicacoes/anais/III_Enebio/C122.pdf. Acesso em: 9 jan. 2023.