



**INSTITUTO
FEDERAL**
Paraíba

Campus
Cabedelo

**INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS CABEDELO
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

JONATHA SEBASTIÃO DA SILVA

Do Abstrato ao Concreto: Desenvolvimento e Análise do Potencial Pedagógico
de Modelos Didáticos de Baixo Custo sobre o Dogma Central da Biologia
Molecular: Replicação, Transcrição e Tradução

CABEDELO-PB

2025



**INSTITUTO
FEDERAL**
Paraíba

Campus
Cabedelo

**INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS CABEDELLO
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

JONATHA SEBASTIÃO DA SILVA

Do abstrato ao concreto: Desenvolvimento e Análise do Potencial Pedagógico
de Modelos Didáticos de Baixo Custo sobre o Dogma Central da Biologia
Molecular: Replicação, Transcrição e Tradução

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da
Paraíba (IFPB) - Campus Cabedelo,
como requisito para conclusão do Curso
de Licenciatura em Ciências Biológicas.

**Orientador: Dra. Maria Angélica
Ramos da Silva**

CABEDELLO-PB

2025

Dados Internacionais de Catalogação – na – Publicação – (CIP)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB

S586a Silva, Jonatha Sebastião da.

Do abstrato ao concreto: Desenvolvimento e análise do potencial pedagógico de modelos didáticos de baixo custo sobre o dogma central da biologia molecular: Replicação, transcrição e tradução / Jonatha Sebastião da Silva – Cabedelo, 2025.

63 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB.

Orientadora: Profª. Dra. Maria Angélica Ramos da Silva.

1. Dogma Central da Biologia Molecular. 2. Modelos Didáticos. 3. Biologia Molecular. I. Título.


CDU 37.02:577

FOLHA DE APROVAÇÃO


JONATHA SEBASTIÃO DA SILVA

Do Abstrato ao Concreto: Desenvolvimento e Análise do Potencial Pedagógico de Modelos Didáticos de Baixo Custo sobre o Dogma Central da Biologia Molecular: Replicação, Transcrição e Tradução


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARIA ANGELICA RAMOS DA SILVA**
Data: 16/04/2026 16:37:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Maria Angélica Ramos da Silva
Orientador – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB

Documento assinado digitalmente
 **THIAGO LEITE DE MELO RUFFO**
Data: 18/04/2026 07:39:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Thiago Leite de Melo Ruffo
Membro interno – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB

Documento assinado digitalmente
 **ANA MARIA BARBOSA NEVES**
Data: 14/04/2026 14:19:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me Ana Maria Barbosa Neves
Membro externo – Secretaria de educação do estado de Pernambuco

Aprovada em: 04/12/2025

Cabedelo, 14, de abril de 2026.

Dedico essa monografia à minha mãe, mulher guerreira que sempre me apoiou; ao meu pai que sempre acreditou em mim; à minha esposa que me ajudou nessa empreitada e a minha filha Esther que é a minha inspiração.

AGRADECIMENTOS

É com profunda felicidade que agradeço a Deus por ter me dado forças, por ter me sustentado, me amparado nos momentos difíceis para que eu pudesse hoje realizar o meu sonho de alcançar a formação que por muitas vezes pensei que não seria possível. Deus faz o impossível se tornar possível; capacita os incapacitados e dá forças aos que estão fracos. Seria impossível eu chegar aqui sem o poder de Deus na minha vida. Qualquer coisa que eu escreva aqui ainda será pouco para retribuir a Graça do Deus altíssimo.

A jornada de uma graduação trouxe momentos de alegria, tristeza, cansaço e desafios que deixaram em evidência as pessoas que sempre estiveram do meu lado. Acredito que Deus coloca determinadas pessoas em nossas vidas para nos ajudar a enfrentar os percalços que a vida nos impõe e é nesse contexto que eu agradeço a minha mãe Estela pelo apoio que sempre me deu e que ainda continua dando. Essa mulher é um exemplo de superação, e como docente também sempre me inspirou e incentivou a me tornar professor. Indiscutivelmente minha mãe é uma grande inspiração para mim, pois quando acho que as coisas estão difíceis para mim, lembro pelo que ela passou e percebo que devo honrar o seu esforço.

Agradeço também ao meu pai Jailton que na sua simplicidade sempre torceu por mim e me incentivou a terminar o curso, sempre me elogiou com palavras tão simples mas tão firmes. Esse apoio fez toda a diferença, pois quando eu me sentia fraco ele demonstrava o contrário, e eu percebia que estava errado.

Dedico também a minha gratidão a minha irmã, minhas sobrinhas, minha avó e todos aqueles de minha parentela que sempre torceram pela minha formação acadêmica. Os amo, todos vocês são uma benção que Deus permitiu em minha vida.

Não poderia deixar de agradecer a minha esposa Sylvania que me ajudou a concretizar esse sonho. Sempre me apoiou e acreditou no meu potencial, se sacrificou muitas vezes para me dar apoio nessa jornada acadêmica, sempre esteve ajoelhada aos pés da cruz orando por mim e contribuindo em tudo. A admiro não

apenas como uma mulher forte, mas como uma mulher inspiradora, que corre atrás dos objetivos e os alcança com raça.

A Esther, a minha filhinha agradeço por ser o meu remédio nos momentos de tanta aflição. Eu não consigo achar nada difícil quando olho o sorriso da minha princesinha que ainda nem sabe falar mas que já diz tantas coisas ao meu coração. Essa formação é por você. Te amo minha pequenininha.

Aproveito a oportunidade para expressar minha gratidão a todos os docentes que fizeram parte da minha formação, em especial ao professor Thiago Ruffo o qual tenho muita admiração e respeito e que em momentos decisivos me ajudou.

Sou grato à professora Maria Angélica não apenas pela orientação do presente trabalho, mas também pelas ótimas aulas na disciplina de Genética, as quais me inspiraram a abordar o tema desse TCC. Ademais, expresso aqui a minha admiração a grande profissional que fez parte da minha trajetória.

Dedico também a minha gratidão à instituição de modo geral por ser tão acolhedora e compreensível além de oferecer uma educação de qualidade. A cultura do IFPB é expressada pelas ótimas atitudes de todos que fazem parte da instituição. Terminei minha jornada sabendo que é só o começo e tendo a certeza de que o IFPB me capacitou para ser um ótimo profissional.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta pedagógica para o ensino do Dogma Central da Biologia Molecular (DCBM), composto pelos processos de Replicação, Transcrição e Tradução por meio do desenvolvimento de um kit de modelos didáticos de baixo custo. O trabalho parte do pressuposto de que a natureza abstrata de conceitos como a replicação, transcrição e tradução representam um desafio para a aprendizagem significativa em turmas do Ensino Médio. O objetivo geral foi propor a construção e analisar o potencial pedagógico de modelos didáticos táteis e acessíveis, visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem do DCBM. O estudo é de natureza qualitativa e relaciona o uso dos modelos didáticos com a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2000) e a Flexibilidade Cognitiva de Spiro et al. (1988). O produto educacional desenvolvido é um kit composto por seis modelos manipuláveis, feitos com materiais de baixo custo (como palitos de picolé e zíperes), que representam de forma sequencial o fluxo completo da informação genética. Os resultados incluíram a descrição detalhada da proposta de construção dos modelos e uma análise teórico-comparativa do seu potencial para conferir concretude aos processos moleculares, superando a dificuldade da abstração. Além disso, foi sugerida a aplicação dos modelos em sala de aula. Conclui-se que o kit de modelos didáticos de baixo custo constitui uma ferramenta pedagógica relevante e replicável, capaz de democratizar o acesso a recursos de ensino da Biologia Molecular e de contribuir efetivamente para a formação de conceitos científicos sólidos e duradouros.

Palavras-chave: Dogma Central da Biologia Molecular; Modelos Didáticos; Aprendizagem Significativa; Flexibilidade Cognitiva; Biologia Molecular.

ABSTRACT

This research presents a pedagogical proposal for teaching the Central Dogma of Molecular Biology (CDMB) through the development of a low-cost didactic model kit. The work is based on the assumption that the abstract nature of concepts such as replication, transcription, and translation represents a challenge for Meaningful Learning in high school classes. The general objective was to propose the construction and analyze the pedagogical potential of accessible, tactile didactic models, aiming to improve the teaching-learning process of the CDMB. The study is qualitative in nature and relates the use of didactic models to David Ausubel's Theory of Meaningful Learning and Cognitive Flexibility. The educational product developed is a kit composed of six manipulable models, made from low-cost materials (such as popsicle sticks and zippers), which sequentially represent the complete flow of genetic information. The results included a detailed description of the model construction proposal and a theoretical-comparative analysis of their potential to provide concreteness to molecular processes, overcoming the difficulty of abstraction. Furthermore, the application of the models in the classroom was suggested. It is concluded that the low-cost didactic model kit constitutes a relevant and replicable pedagogical tool, capable of democratizing access to Molecular Biology teaching resources and effectively contributing to the formation of solid and lasting scientific concepts.

Keywords: Central Dogma of Molecular Biology; Didactic Models; Meaningful Learning; Cognitive Flexibility; Molecular Biology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo didático da estrutura do DNA helicoidal	25
Figura 2 - Modelo didático de replicação	27
Figura 3 - Representação da Forquilha de Replicação	28
Figura 4 - Representação da complementaridade de bases da duplicação	29
Figura 5 - Simulação da replicação descontínua na fita lenta	31
Figura 6 - Modelo de mRNA imaturo com zonas de íntrons e éxons	32
Figura 7 - Representação de mRNA maduro após splicing	32
Figura 8 - Modelo representando o Ribossomo	33
Figura 9 - Modelo representando o tRNA com aminoácido	34
Figura 10 - Modelo representando cadeia polipeptídica	35
Figura A.1 - Detalhe da estrutura do DNA (Modelo A)	56
Figura A.2 - Modelo de Replicação do DNA (Modelo B) com Zíper	58
Figura A.3 - Simulação do Splicing no mRNA (Modelo D)	59
Figura A.4: Complexo de Tradução em Ação (Modelos C, D, E e F).	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	Aprendizagem Significativa
DCBM	Dogma Central da Biologia Molecular
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
FC	Flexibilidade Cognitiva
GM	Genética Molecular
mRNA	RNA mensageiro
RNA	Ácido Ribonucleico
tRNA	RNA transportador

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1 O DCBM e a abstração no ensino.....	15
3.2 Modelos didáticos: fundamentos epistêmicos e cognitivos.....	17
4 METODOLOGIA	21
5 RESULTADOS	23
5.1 Desenvolvimento e descrição detalhada do kit de modelos didáticos	23
5.1.1 Modelo A: estrutura e complementaridade do DNA.....	24
5.1.2 Modelo B: replicação do DNA.....	26
5.1.3 Transcrição e splicing (modelos B e D).....	31
5.1.4 Tradução e síntese proteica (modelos C, D, E e F).....	32
6 PROPOSTA DE APLICAÇÃO	37
6.1 Princípios fundamentais para a aplicação didática	38
6.2 Estratégias de mediação: concretizando o fluxo da informação	39
6.3 Sugestões para avaliação formativa e sistematização	41
7 DISCUSSÃO	42
7.1 Análise teórico-comparativa do potencial pedagógico	42
7.1.1 Critério I: tangibilidade e manipulação.....	42
7.1.2 Critério II: fidelidade conceitual.....	44
7.1.3 Critério III: aprendizagem significativa e flexibilidade cognitiva.....	44
7.2 Análise comparativa do kit com a literatura específica	47
8 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICES	55
APÊNDICE A - MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO KIT DE MODELOS DIDÁTICOS	55

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Biologia tem como característica abordagens de muitos assuntos que não fazem parte do cotidiano dos alunos. Assuntos de Genética Molecular, por exemplo, tratam de processos microscópicos como a replicação do DNA, transcrição e tradução. Para Paiva e Martins (2005) várias produções acadêmico-científicas expõem a realidade de que conceitos de Genética são considerados de difícil compreensão e portanto complexos de serem trabalhados em sala de aula.

De acordo com Araújo e Rolim (2019), apesar da importância da Genética, o ensino em nível médio é frequentemente superficial. Essa abordagem limitada é atribuída a dois fatores principais: a natureza abstrata dos conceitos genéticos, que dificulta a assimilação pelos estudantes, e o despreparo docente, visto que muitos educadores não tiveram contato aprofundado com esses temas relativamente recentes em sua formação inicial.

Nesse contexto, uso de modelos didáticos se destaca como uma ferramenta pedagógica eficaz. Segundo Martinand (1996) o modelo didático assume um papel central no processo de ensino-aprendizagem, pois permite a mediação de um ciclo de constante alternância entre a teoria e a prática. Esse processo dinâmico envolve a passagem do abstrato para o concreto, do teórico para o experimental, unindo, assim, observações e formulações conceituais.

Este trabalho desenvolveu uma proposta pedagógica para o ensino do Dogma Central da Biologia Molecular (DCBM) por meio de um kit de modelos didáticos de baixo custo. O kit é composto por seis modelos manipuláveis que representam as etapas-chave do fluxo da informação genética: a estrutura do DNA e sua capacidade de desnaturação, a replicação do DNA, a transcrição e a tradução.

Este estudo concentrou-se em responder à seguinte questão de pesquisa: De que forma a proposta de um kit de modelos didáticos de baixo custo pode contribuir para o processo de ensino-aprendizagem do DCBM em turmas do Ensino Médio? A proposta foi fundamentada na premissa de que a utilização desses modelos didáticos, que permitem a manipulação e a visualização dos processos moleculares, é capaz de aprimorar a compreensão e a retenção dos conceitos do DCBM. Conforme destaca Rezende e Gomes (2018), o emprego de modelos didáticos facilita a apresentação do conteúdo de Genética ao aluno de múltiplas formas e com ludicidade, resultando em um benefício significativo para a sua aprendizagem.

A presente proposta se justifica pela carência de recursos pedagógicos que abordem o ensino de Genética e Biologia Molecular de forma prática e acessível. Silva e Leão (2025) apontam que conteúdos que naturalmente tendem a ser mais abstratos necessitam da utilização de objetos concretos e/ou experimentos para impulsionar a compreensão dos estudantes acerca dos conteúdos, e a ausência de recursos didáticos aumenta a barreira entre o educando e a aprendizagem significativa, destacando portanto a importância da utilização de práticas e interatividade no ensino. Portanto, este estudo oferece uma alternativa de utilização de modelos didáticos de baixo custo que pode ser replicada em escolas com poucos recursos.

Este trabalho contribui para o campo da Didática da Biologia ao apresentar uma análise detalhada sobre o potencial de cada modelo para o ensino do DCBM, fornecendo a ferramenta, sua fundamentação teórica e um guia de aplicação, validando a importância da manipulação como estratégia pedagógica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Refletir sobre o potencial pedagógico de modelos didáticos de baixo custo voltados ao Dogma Central da Biologia Molecular.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever detalhadamente a construção de seis modelos didáticos que representam as etapas da replicação do DNA, da transcrição e da tradução.
- Analisar o potencial de cada modelo para facilitar a compreensão dos conceitos científicos correspondentes.
- Propor a utilização do kit em aulas de Biologia no ensino médio, considerando sua relevância didática e possibilidades de aplicação pedagógica.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente trabalho foi fundamentado em pressupostos teóricos que sustentam a proposta pedagógica sugerida sobre o DCBM justificando, à luz da didática das Ciências, o uso de modelos didáticos de baixo custo como mediadores da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

3.1 O DCBM e a abstração no ensino

A compreensão dos processos biológicos em nível molecular é definida pela Biologia Molecular que busca entender as interações e alterações estruturais das moléculas. Nesse contexto, o Dogma Central da Biologia Molecular atua como o conceito fundamental para o entendimento desses mecanismos essenciais. Contudo, estudos no Brasil apontam que, apesar de sua inclusão no currículo, a assimilação de um conhecimento aprofundado e significativo de Biologia Molecular, em particular, permanece deficiente no ambiente educacional (ANJOS et al., 2019).

A relevância do DCBM no currículo do Ensino Médio é inquestionável, pois ele estabelece a base para o entendimento de temas contemporâneos, como engenharia genética e biotecnologia (BRASIL, 2018). Contudo, a sua natureza intrinsecamente abstrata impõe um desafio central no processo de ensino-aprendizagem. O DCBM exige do estudante o desenvolvimento de um raciocínio multinível, requerendo a transição constante entre o nível macroscópico (fenótipo e características observáveis) e o molecular (a ação de enzimas, o pareamento de bases, a estrutura do ribossomo), uma demanda de abstração que resulta em dificuldades conceituais (FREITAS et al., 2020).

Essa complexidade intrínseca do DCBM é melhor compreendida à luz da Modelagem Científica. Essa abordagem, que compreende a ciência como uma atividade centrada na construção e uso de modelos, entidades que Giere (1999) argumenta serem representações abstratas e simplificadas do mundo, nos permite categorizar as demandas cognitivas impostas ao estudante.

Assim, a dificuldade inerente ao DCBM pode ser refletida aqui ao considerarmos três níveis de abstração que os estudantes precisam dominar para construir um modelo mental funcional do processo:

O primeiro nível é a abstração de escala ou o problema do "Invisível". Os processos (replicação, transcrição, tradução) ocorrem em escala molecular, inacessível à percepção visual direta. O segundo desafio é a abstração de dinâmica ou o problema da "ação". A compreensão do DCBM exige entender as interações e as funções das 'máquinas moleculares' (enzimas, ribossomo) como agentes ativos que se movem, se ligam e catalisam reações. Desta forma, é exigido que o aluno compreenda a temporalidade e a funcionalidade dos eventos moleculares em termos de movimento e mudança de conformação. Finalmente, o terceiro nível é a abstração de informação (lógica) ou o problema da "Lógica". A maior dificuldade reside na transição da informação de uma 'linguagem' química (sequência de nucleotídeos) para uma 'linguagem' proteica (sequência de aminoácidos). O conceito do Código Genético é, em si, uma abstração, pois exige entender uma regra lógica de correspondência (o códon) que não possui representação física direta.

Apesar de os livros didáticos de Biologia Molecular frequentemente incluírem figuras coloridas e detalhadas de todos os processos do DCBM, a simples observação desses desenhos não é suficiente para superar os desafios da abstração de escala e dinâmica. A limitação inerente a essas representações bidimensionais impede que o estudante crie uma imagem mental concreta das estruturas envolvidas e, principalmente, da dinâmica da ação molecular (movimento, encaixe e catálise) que ocorre nesses processos. Como resultado, o aprendizado permanece no nível da memorização de imagens, sem que o aluno assimile o conceito da inter-relação das macromoléculas celulares (ANSELMO, 2014).

Ainda segundo Anselmo (2014), o problema é notório em processos complexos que envolvem a participação simultânea de várias moléculas, como a replicação do DNA ou a tradução do DNA à partir do mRNA, que não se tornam imediatamente evidentes ou concretos. Desta forma, a apreensão das funções e inter-relações pode ser facilitada quando os alunos têm a oportunidade de construir, manipular e interagir livremente com estruturas tridimensionais ou semi-planas, ao invés da mera observação das figuras projetadas durante as aulas teóricas ou consultadas nos livros didáticos.

3.2 Modelos didáticos: fundamentos epistêmicos e cognitivos

O conteúdo de Genética Molecular (GM) ofertado no Ensino Médio na disciplina de Biologia é considerado como um tema de alta abstração. Devido às estruturas e processos que envolvem a GM ocorrerem em um nível microscópico ou submicroscópico, o aluno precisa ter um alto grau de abstração para conseguir aprender. Esta característica abstrata do conteúdo que de certa forma distancia os conceitos biológicos do entendimento do aluno reforça a justificativa da utilização de estratégias didáticas, como o uso de modelos didáticos. Para Karasawa et al. (2022) modelos didáticos tridimensionais são ferramentas muito importantes e eficientes para sanar a problemática da abstração na sala de aula. Oliveira (2015) discute que:

A confecção de modelos didáticos tridimensionais pode proporcionar ao professor uma importante ferramenta facilitadora do aprendizado, complementando o conteúdo teórico e as figuras planas e, muitas vezes, descoloridas dos livros didáticos. Além do aspecto visual, tal material permite a manipulação e interação tátil melhorando, assim, sua compreensão sobre o conteúdo abordado. (p.2).

Uma das principais vantagens do uso de modelos didáticos é o de possibilitar uma aprendizagem contextualizada e crítica, pois os modelos propiciam a reflexão, o debate e a participação dos discentes nas aulas, o que também favorece a criatividade, interatividade, capacidade de decisão e a pesquisa (CRUZ, 2018).

O uso de modelos que o aluno possa manipular com as mãos também favorece a parte cognitiva do mesmo, conforme proposto por Jean Piaget. Para o acadêmico, a inteligência procede da ação. Essa ação, quando coordenada e repetida, leva à formação de esquemas de ação que são as estruturas mentais que “organizam” o conhecimento. Conforme Piaget (1989, p. 114), “a operação nascente ainda está ligada à ação sobre os objetos e à manipulação efetiva, ou simplesmente mentalizada”. Dessa forma, a teoria de Piaget sustenta que o conhecimento não é meramente recebido ou transmitido, mas sim construído ativamente pelo sujeito através da ação e da interação com o objeto de estudo.

Estudos como os de Cavalcanti (2017) e Aquino (2018), ao analisarem a aplicação de modelos tridimensionais, demonstram que a interação manual permite aos alunos visualizar as diferenças estruturais e a dinâmica que envolve o DCBM,

trazendo portanto uma melhor compreensão por parte dos alunos. Ao concluir o estudo, Cavalcanti (2017) relata que:

Com a utilização dos modelos didáticos, a maioria dos estudantes foi capaz de: identificar com propriedade os vários componentes dos ácidos nucleicos (DNA e RNA) transformando os detalhes intrínsecos das moléculas em conhecimentos; perceber que no processo de replicação do DNA, cada fita serve de molde na formação de uma nova molécula, excluindo a hipótese de uma replicação conservativa e dispersiva; compreender as etapas da transcrição e tradução do código genético e sua importância para a produção de proteínas responsáveis, dentre outras funções, pela produção dos fenótipos dos indivíduos. (p.16).

Semelhantemente, Aquino (2018) constatou em seu estudo que após intervenção com modelos didáticos, houve uma melhora significativa na compreensão dos alunos de nível médio. “Os resultados do pós-teste destacam que o modelo facilitou a compreensão da localização, caracterização e definição de estruturas como os genes, os cromossomos e as moléculas de DNA e RNA”. (AQUINO, 2018, p.86).

A estratégia de ensino por meio de modelos didáticos também está alinhada intimamente com a Teoria da Aprendizagem Significativa (AS) de David Ausubel (2000). A AS defende a ideia de que o processo de ensino e aprendizagem se dá através dos conhecimentos pré-existentes dos alunos, o que Ausubel chama de subsunçores. Esses subsunçores darão sustentação para o surgimento de um novo conhecimento a ser adquirido pelo discente, como por exemplo, um educador ao iniciar uma aula apresentando um modelo tridimensional de DNA e sondando o conhecimento prévio através de perguntas sobre a estrutura do modelo; questionando se alguém já viu algo parecido; se alguém entende algo sobre peças que se encaixam ou sobre “hastes retorcidas”, Isso irá resgatar na mente do aluno conceitos sobre geometria, estrutura ou encaixe e isso servirá como âncora para o novo conceito de dupla hélice do DNA conforme expressado através de Ausubel que diz: “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1978, P.4 apud MOREIRA, 2006)

O modelo didático é entendido através da AS como um organizador prévio físico, conforme Ausubel (2000, p.12), "A principal função do organizador está em

preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta". Prado et al., (2011) diz que a aprendizagem é considerada significativa no momento em que um novo conhecimento é assimilado pelo aluno, adquirindo sentido prático e teórico. Esse processo depende da capacidade de conexão do novo conteúdo a ideias ou conceitos pertinentes que já fazem parte da estrutura cognitiva do aprendiz. Assim, a característica fundamental desse fenômeno reside na interação profunda e ativa entre o conhecimento recém-apresentado e a bagagem de conhecimento prévio do indivíduo.

Nogueira (2013) em suas considerações finais sobre o experimento executado na pesquisa com modelos didáticos à luz da AS relata que:

Além do ambiente descontraído e substancial, um outro aspecto observado foi a predisposição do aluno para aprender, fator fundamental para que ocorra Aprendizagem Significativa nos pressupostos de David Ausubel. Essa característica foi percebida na execução das atividades, na integração estabelecida, do pensamento e da ação, com conseqüente apropriação de termos científicos na escrita, nas apresentações dos modelos e no aprimoramento cognitivo com aplicação viável para situações-problemas do cotidiano e na construção de significados para o aprendiz. (p. 20-21).

Semelhantemente, Reis e Rezende (2013) expõem os benefícios observados a partir do estudo com modelos didáticos. Para o autor o uso desse recurso didático possibilitou uma maior interação dos discentes com as atividades propostas além de perceber uma melhor compreensão de conceitos da Biologia Celular, tornando a aprendizagem significativa e não cartesiana ou "mecanizada". (REIS; REZENDE, 2013).

Para além das dimensões de ancoragem e de ação, o ensino de temas sistêmicos como o DCBM exige que o aluno supere o desafio da abstração de informação ou da lógica, o que demanda o estímulo à Flexibilidade Cognitiva (FC). Conforme postulado por Greca e Moreira (2002), a FC é a habilidade de um indivíduo transitar entre diferentes representações conceituais, abandonando uma interpretação fixa e aplicando o mesmo conhecimento ou componente sob regras distintas em novos contextos de forma não rígida. Essa perspectiva fundamenta-se na Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), proposta originalmente por Spiro et al. (1988), que se volta para a aquisição de conhecimento em domínios mal estruturados, onde a aplicação dos conceitos varia conforme o cenário.

No contexto do DCBM, a FC é essencial, pois o aluno deve entender que um mesmo componente químico atua sob regras e funções completamente

diferentes na replicação, transcrição e tradução. A incapacidade de flexibilizar o raciocínio leva, inevitavelmente, à confusão conceitual sobre a finalidade de cada processo molecular. Para mitigar esse problema, Spiro et al. (1988) e Pessoa e Nogueira (2009) sugerem que o ensino deve promover as chamadas “paisagens cruzadas” (*criss-crossing landscapes*), permitindo que um tema complexo seja atravessado diversas vezes e por diferentes direções. No ensino de genética, isso ocorre quando o estudante revisita a informação biológica sob a ótica de cada um dos três processos do dogma, construindo uma rede de significados em vez de uma lista isolada de eventos.

Ademais, a TFC enfatiza a necessidade de evitar o “reducionismo modular”, uma crítica à simplificação excessiva que isola os conceitos e impede a percepção da interconectividade biológica. Ao buscar estratégias que combatam essa fragmentação, o docente permite que o aluno visualize o DNA e RNA não como temas apartados, mas como partes de um sistema dinâmico. Essa abordagem favorece o que os autores chamam de “assembleia de conhecimento”, onde o estudante deixa de ser um receptor passivo de informações prontas para se tornar capaz de organizar ativamente as regras de pareamento e síntese, “montando” o saber necessário para solucionar o desafio biológico que lhe é apresentado.

4 METODOLOGIA

O presente trabalho caracterizou-se como um estudo de natureza exploratória e descritiva, combinando a pesquisa bibliográfica com a elaboração de uma proposta de produto educacional (o Kit de Modelos Didáticos). O desenvolvimento metodológico seguiu as etapas de construção, descrição e análise técnico-pedagógica.

A primeira etapa consistiu na criação dos modelos didáticos que compõem o kit, envolvendo a seleção de materiais de baixo custo e fácil acesso, como palitos de picolé, zíper, fios de cobre e E.V.A. A concepção detalhada dos seis modelos manipuláveis priorizou garantir que a estrutura e a dinâmica dos processos centrais do Dogma Central da Biologia Molecular (DCBM) pudessem ser fisicamente simuladas pelos alunos, resultando no produto educacional objeto desta monografia. O manual de construção dos modelos está disponível no Apêndice A.

Após a criação, foi realizada a descrição detalhada de cada modelo e, para validar o potencial didático do recurso, procedeu-se com uma Análise Teórico-Comparativa. Este método consistiu no confronto sistemático entre as propriedades estruturais do kit e a literatura especializada sobre modelos para o ensino de genética, incluindo os trabalhos de Anselmo (2014), Calado (2019) e Almeida (2018). A análise fundamentou-se em categorias como o grau de tangibilidade da ação, a fidelidade à dinâmica molecular (em oposição a modelos puramente estáticos) e a acessibilidade dos materiais utilizados.

Nesta análise, os modelos foram correlacionados aos conteúdos de Replicação do DNA, Transcrição e Tradução gênica, visando atender à Competência Específica 3 da área de Ciências da Natureza da BNCC. De forma direta, o kit relaciona-se às habilidades **EM13CNT301**, ao representar e interpretar modelos explicativos para justificar conclusões, e **EM13CNT302**, que prevê a interpretação e a comunicação de sistemas de classificação e códigos biológicos. Assim, a análise justifica como o design dos modelos favorece a Aprendizagem Significativa (AS) através da ancoragem de subsunçores e estimula a Flexibilidade Cognitiva (FC), conforme os preceitos de Pessoa e Nogueira (2009).

Adicionalmente, cumpre registrar que todas as etapas de refinamento desta pesquisa — incluindo a estruturação da revisão bibliográfica, a sistematização das referências técnicas, o suporte na redação final e a edição das imagens dos modelos didáticos — contaram com o auxílio da ferramenta de Inteligência Artificial

Generativa Gemini, utilizada como recurso técnico auxiliar para aprimorar a clareza, a precisão e a apresentação visual deste trabalho.

5 RESULTADOS

Este item descreve o produto educacional desenvolvido, o Kit de Modelos Didáticos de baixo custo sobre o DCBM e a análise de seu potencial pedagógico. Conforme já foi dito na metodologia, o manual de construção dos modelos do kit está no Apêndice A.

5.1 Desenvolvimento e descrição detalhada do kit de modelos didáticos

Esse item tem como objetivo detalhar o desenvolvimento e a construção dos modelos didáticos, visando representar o fluxo completo do DCBM. A concepção

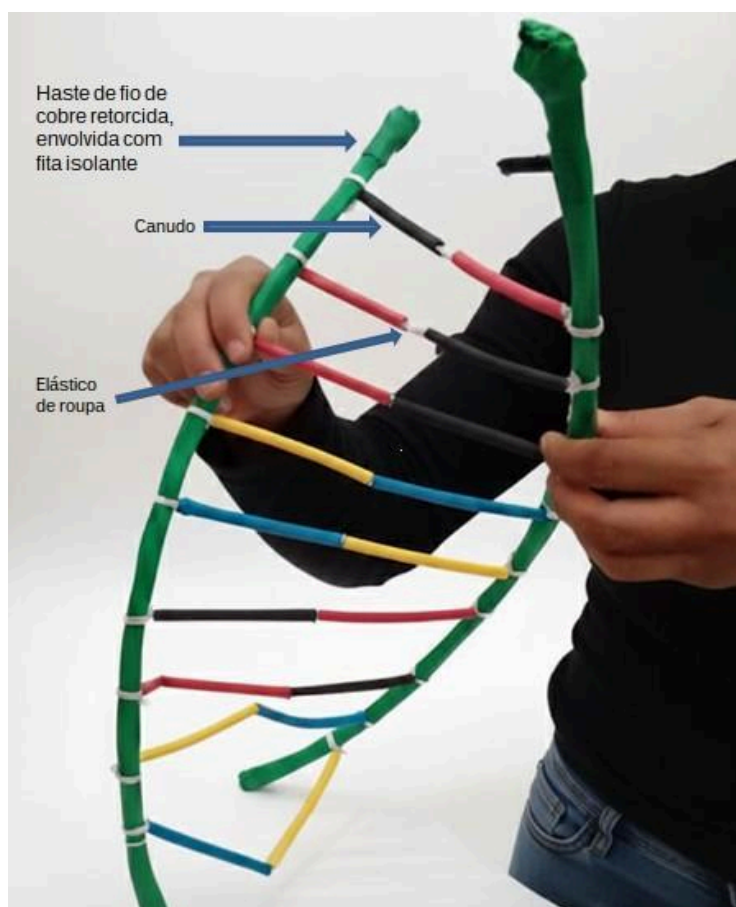
dos modelos priorizou a utilização de materiais acessíveis, como: palitos de picolé, elástico de roupa, tintas guache, zíper de roupa, cola, fios de cobre, emborrachado (E.V.A.), lápis hidrocor e esponja.

5.1.1 Modelo A: estrutura e complementaridade do DNA

O **Modelo A** representa a molécula de DNA em sua estrutura tridimensional. Foi elaborado com fios de cobre (para flexibilidade) e canudos (bases nitrogenadas) fixados por elástico de roupa. O design permite simular a característica helicoidal; demonstrar a complementaridade de bases e simular a ligação química (pontes de hidrogênio), uma vez que o elástico que une os canudos cria uma resistência visual à separação, mas permite que as fitas se afastem sem se soltar totalmente.

A partir desse modelo a ação da enzima topoisomerase é simulada na mudança de conformação estrutural da molécula, pois a flexibilidade do recurso didático permite que o mesmo possa ser “enrolado” e “desenrolado”, ficando portanto plano, contribuindo de forma lógica, conceitual e sequencial com o prosseguimento da representação da replicação com o **modelo B** que vem na sequência.

Figura 1 - Modelo didático da estrutura do DNA helicoidal

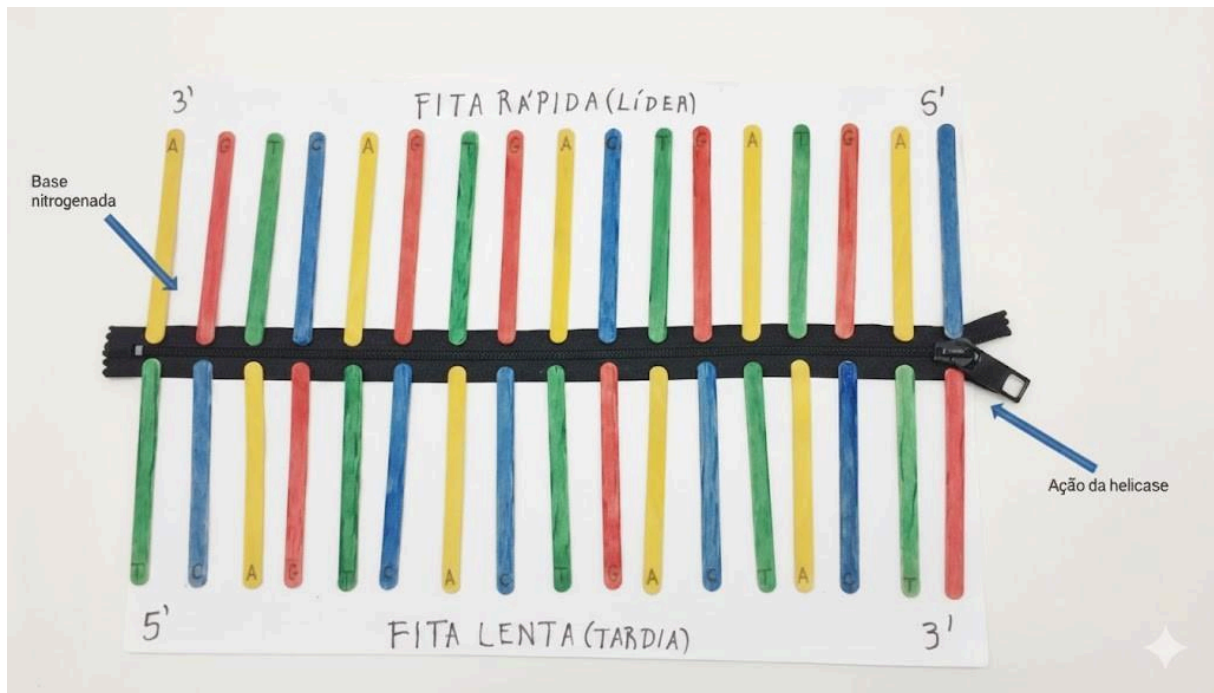


Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

5.1.2 Modelo B: replicação do DNA

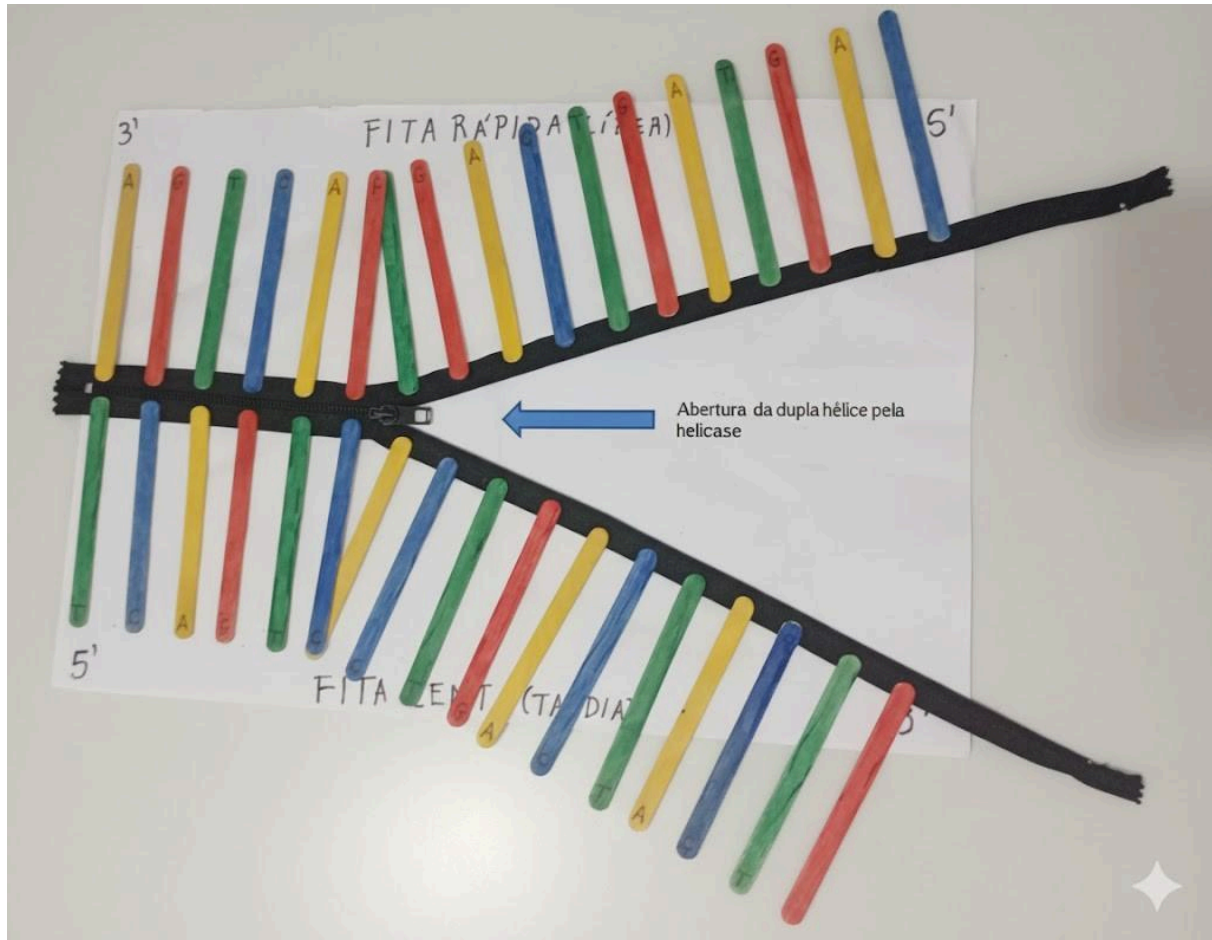
O **Modelo B** foi feito com a finalidade de detalhar o processo de replicação do DNA. A representação é planar e manipulável, utilizando palitos de picolé (pintados com as letras A, T, C, G) fixados em zíper de roupa. A ação de abertura do zíper simula a ação da enzima helicase, expondo as fitas moldes para demonstrar a duplicação. O modelo foi desenhado para demonstrar a complementaridade de bases que ocorrem na replicação e mostrar a Fita Líder como um processo contínuo e a Fita Lenta de forma descontínua, com a introdução de palitos não pintados (para representar primers de RNA) e a posterior construção e remoção dos Fragmentos de Okazaki. O modelo também demonstra o sentido da replicação 5' - 3' a partir de uma folha de papel branca com as indicações escritas com caneta da bidirecionalidade da replicação. O modelo B é colocado em cima do papel para demonstrar o sentido da replicação 5' - 3'.

Figura 2 - Modelo didático de replicação



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

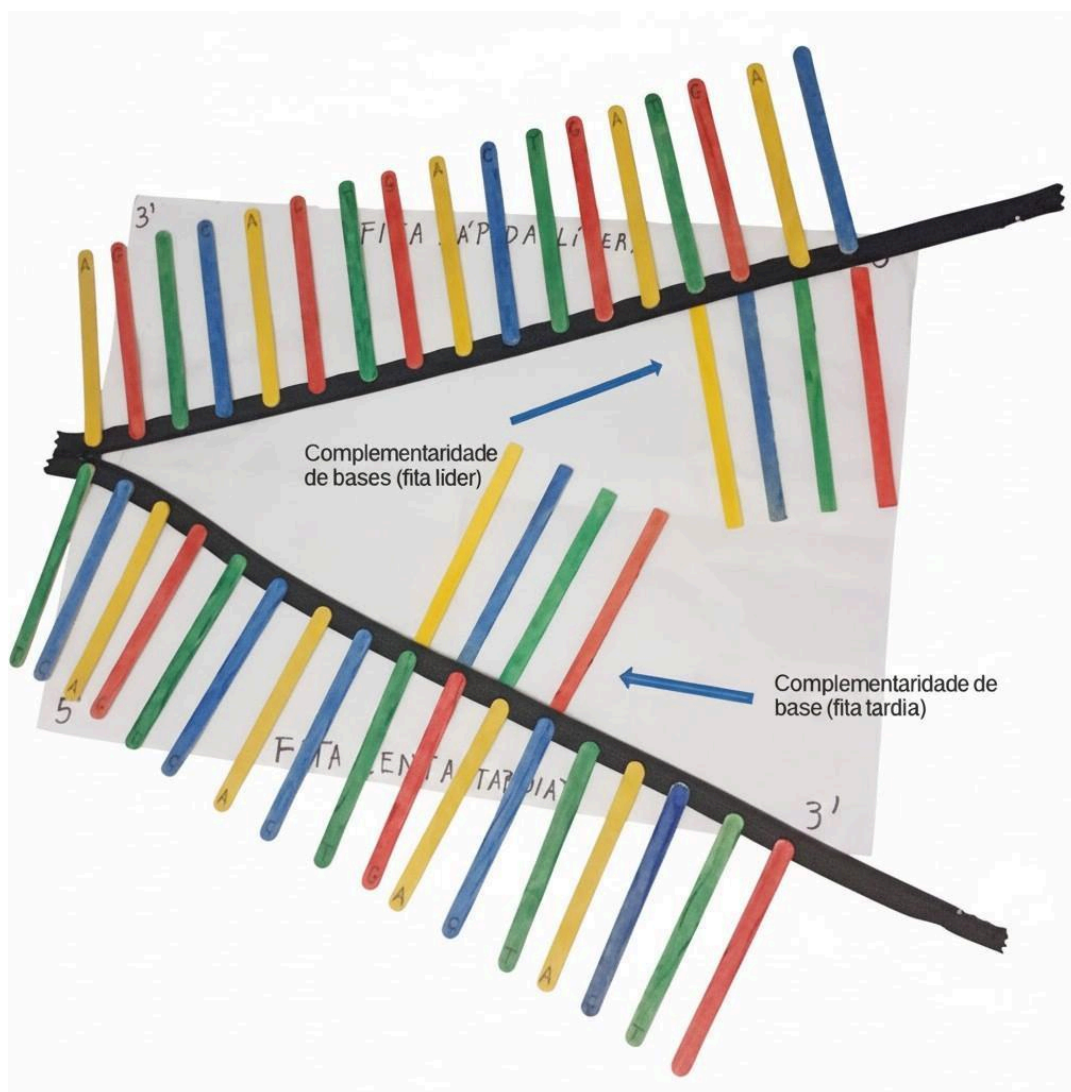
Esse modelo é capaz de representar as três fases estruturais do DNA que ocorrem no processo de replicação. Como observado na figura anterior, o modelo é apresentado de forma planar, representando o DNA após ação da enzima topoisomerase que “desenrola” o ácido nucleico para que a enzima helicase (**Figura 3**) abra a dupla fita a fim de continuar a duplicação, conforme pode ser observado abaixo:

Figura 3 - Representação da Forquilha de Replicação

Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

Na sequência da representação da duplicação, são adicionados palitos as duas fitas originais para simular a complementaridade de bases e a ação da enzima DNA Polimerase na adição das bases nitrogenadas correspondentes, conforme pode ser observado abaixo na **Figura 4**.

Figura 4 - Representação da complementaridade de bases da duplicação



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

Na sequência, o modelo busca mostrar a diferença da polimerização da fita líder e na fita tardia com a introdução de palitos não pintados que representam a ação da primase com a inserção dos primers de iniciação (**Figura 5**). Os palitos não pintados (primers) são adicionados em “pedaços” sempre um pouco à frente do sentido 3' para demonstrar a descontinuidade da polimerização que ocorre na fita tardia em comparação com a fita líder. A intenção é que os palitos pintados (nucleotídeos) sejam adicionados em porções no sentido 5' - 3' a partir dos primers. Logo em seguida os palitos não pintados (primers) devem ser removidos, simulando a ação da exonuclease para que a polimerização prossiga conforme demonstração na figura abaixo que mostra uma sequência de primer de iniciação e um fragmento de Okazaki no sentido 5' - 3'.

Figura 5 - Simulação da replicação descontínua na fita lenta

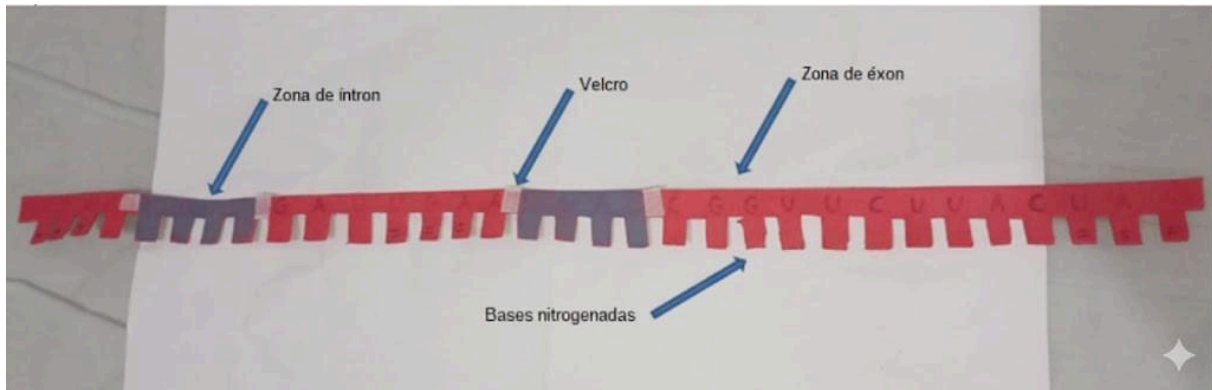


Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

5.1.3 Transcrição e splicing (modelos B e D)

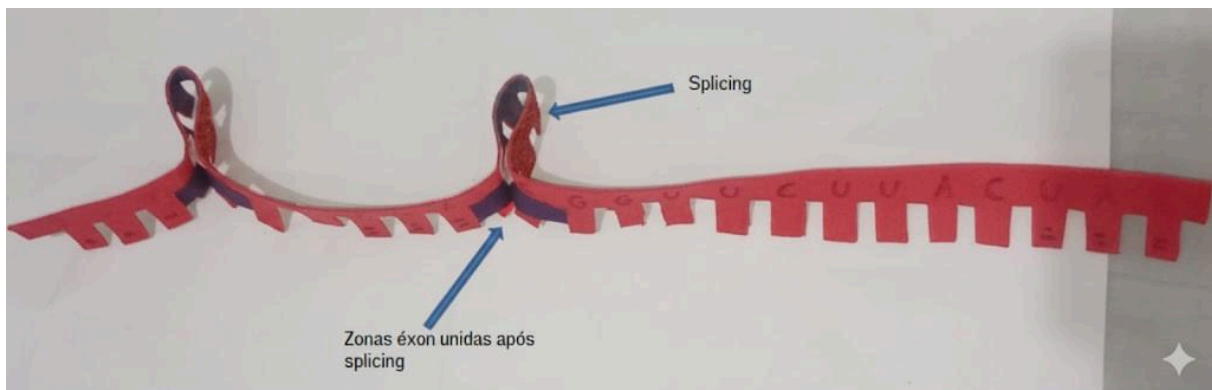
O processo de Transcrição é simulado com o **Modelo B**, utilizando uma das fitas como molde. A síntese do mRNA é realizada pela adição de palitos pintados com as bases complementares (A, U, C, G) da mesma forma que foi simulada a complementaridade de bases na replicação, porém dessa vez substituindo o palito T pelo palito U (uracila). A fita resultante é o **Modelo D** (mRNA imaturo), que é utilizado para simular o splicing: as marcas de tinta cinza simbolizam as zonas de íntrons que são “dobradas” para simular o splicing, com isso as sequências codificantes (éxons) são unidas por velcros “escondendo” as partes cinzas (íntrons) para simular o splicing, evidenciando a maturação do mRNA.

Figura 6 - Modelo de mRNA imaturo com zonas de íntrons e éxons



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

Figura 7 - Representação de mRNA maduro após splicing



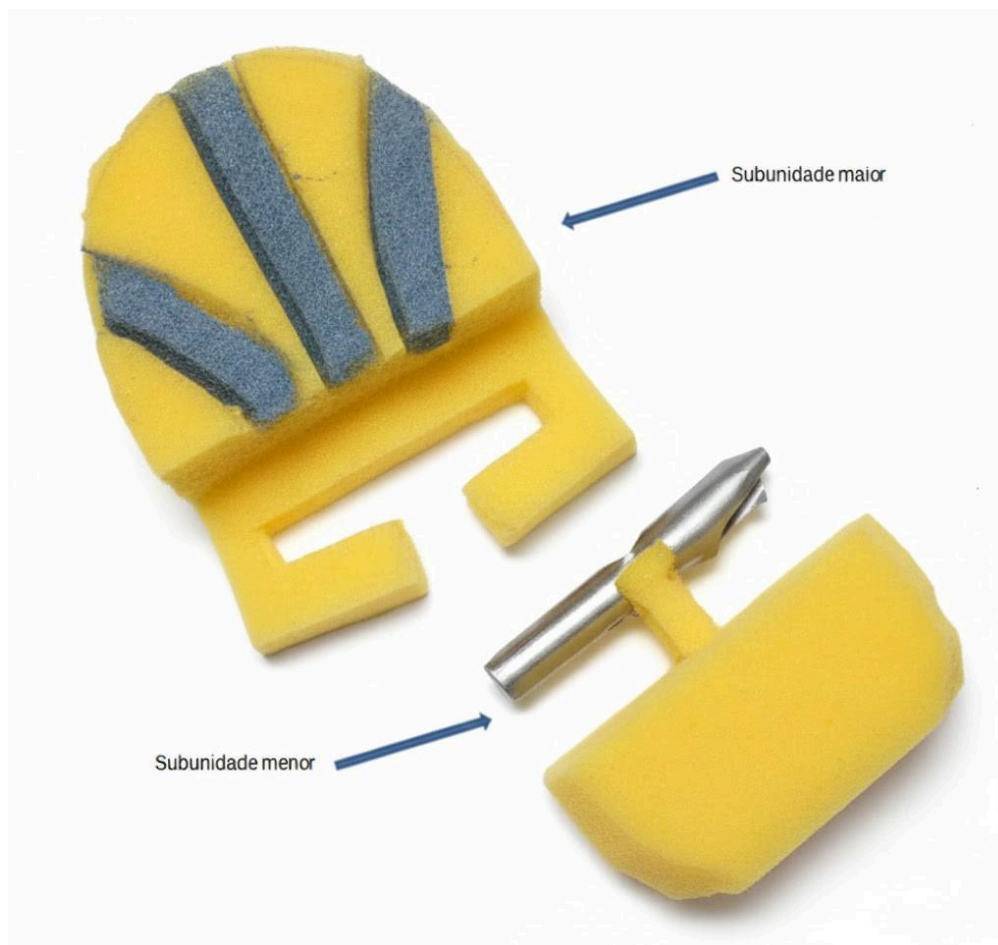
Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

5.1.4 Tradução e síntese proteica (modelos C, D, E e F)

Esta etapa aborda o processo de Tradução, e envolve quatro modelos didáticos do kit que se relacionam entre si para demonstrar como produto final a síntese proteica.

- **Modelo C (Ribossomo):** Construído com esponja amarela em duas partes distintas, (subunidade maior e menor) com três espaços internos pintados de cinza representando os Sítios A, P e E.

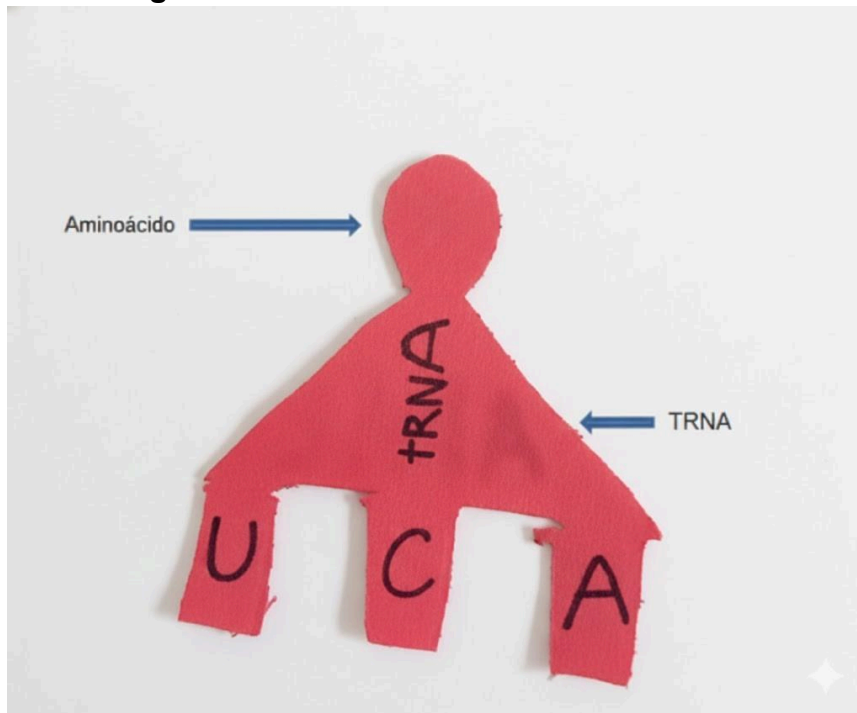
Figura 8 - Modelo representando o Ribossomo



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

- **Modelo D (mRNA):** É o mesmo modelo que foi utilizado para simular a transcrição. É encaixado no Ribossomo (Modelo C) para que os códons sejam visualizados e lidos.
- **Modelo E (tRNA e Aminoácidos):** Peças de emborrachado que demonstram o acoplamento do tRNA no sítio A, a formação da ligação peptídica no Sítio P e a translocação.

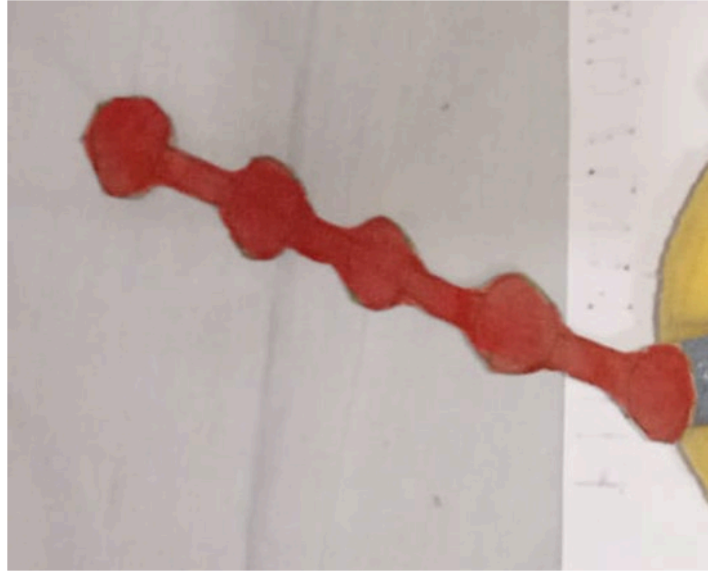
Figura 9 - Modelo E - tRNA com aminoácido



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

- **Modelo F (Cadeia Polipeptídica):** Representa o produto final, formado por emborrachado (aminoácidos) que são liberadas do sítio P do ribossomo, como será visto a seguir.

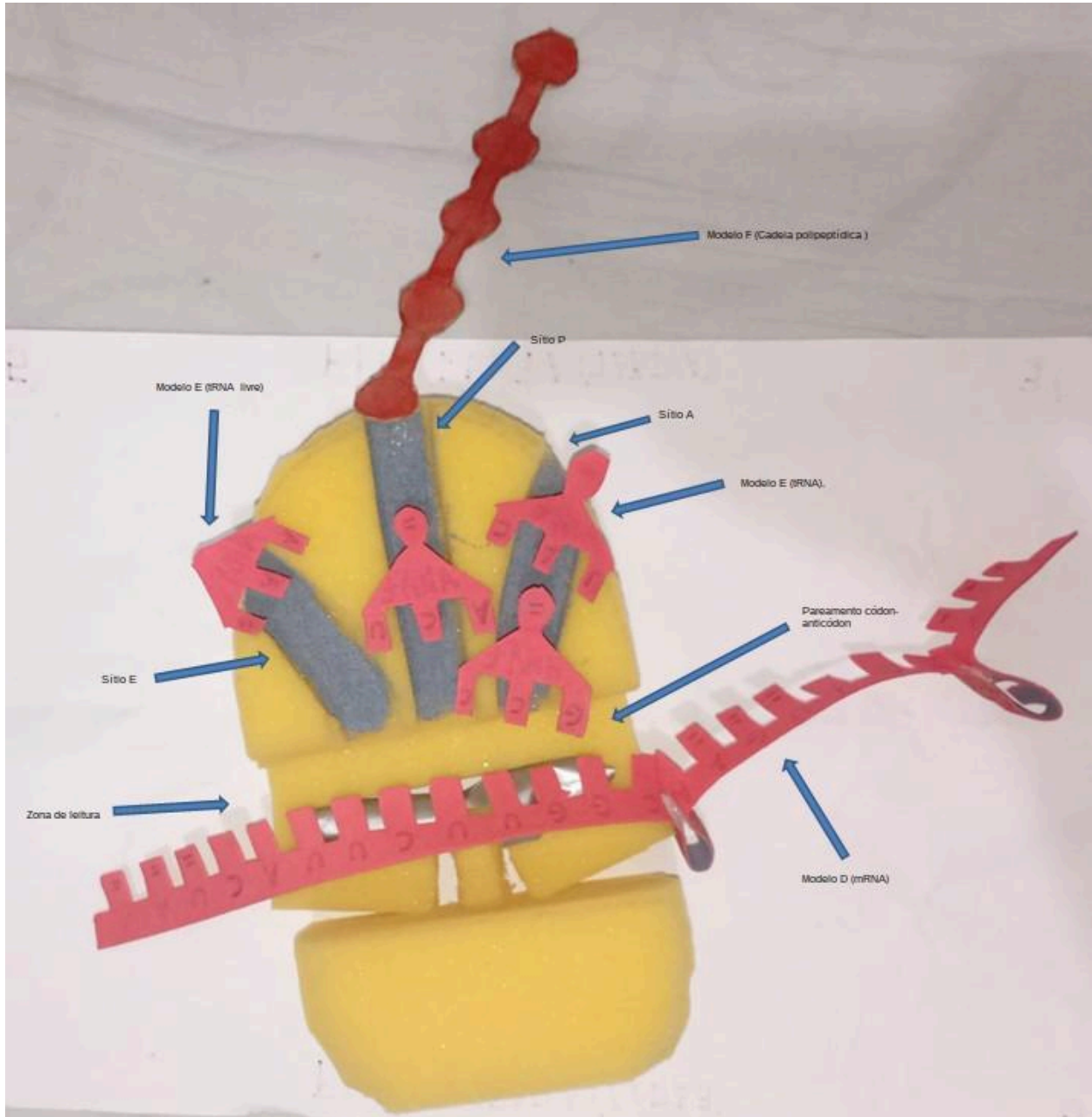
Figura 10 - Modelo representando cadeia polipeptídica



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

- **Modelos C, D, E, F (Tradução):** Os modelos em conjunto simulam de forma multifuncional o processo de tradução conforme representação na figura abaixo.

Figura 10 - Representação da tradução



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

6 PROPOSTA DE APLICAÇÃO

O Kit de modelos didáticos é proposto como um instrumento didático a ser utilizado em momentos estratégicos do planejamento curricular. Ele atua como um organizador prévio físico que traduz o invisível molecular em ação perceptível.

Reconhecendo a profundidade do tema, a aplicação é sugerida de forma flexível e distribuída em múltiplas aulas, garantindo o tempo necessário para que a manipulação promova a AS e o desenvolvimento da FC do estudante, exigindo que ele alterne entre as diferentes representações conceituais (estrutura → dinâmica → lógica) que o DCBM exige.

6.1 Princípios fundamentais para a aplicação didática

Para a aplicação efetiva do kit em um módulo de Genética, o professor deve basear-se em princípios que maximizam o potencial pedagógico dos modelos. Primeiramente, a intervenção deve ser guiada pela mediação ativa, garantindo que a manipulação do material pelo aluno seja reflexiva e não puramente mecânica. Em segundo lugar, o modelo deve sempre atuar na ancoragem de subsunçores, sendo introduzido no momento adequado para conectar o novo conceito à estrutura cognitiva prévia, como usar os modelos de replicação como base para introduzir a transcrição. Por fim, a aplicação deve intencionalmente destacar a multifuncionalidade das peças, enfatizando como os mesmos componentes (nucleotídeos por exemplo) são utilizados sob regras diferentes em cada processo, estimulando ativamente a flexibilidade cognitiva do aluno.

A utilização deste recurso didático está em estreita consonância com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para a área de Ciências da Natureza, que enfatiza a importância do letramento científico e da capacidade de interpretação de modelos explicativos. Ao propor uma atividade prática e tátil, o modelo permite que o estudante transcenda a simples memorização de termos biológicos, engajando-se em um processo de investigação que espelha o fazer científico. A BNCC valoriza justamente essa transição do conhecimento abstrato para a aplicação em contextos reais, onde o aluno é desafiado a manipular e comunicar processos complexos que regem a vida em nível molecular.

Essa abordagem prática é o que viabiliza a Aprendizagem Significativa, uma vez que o modelo atua como um recurso de ancoragem que facilita a conexão entre os conceitos teóricos e a estrutura cognitiva do aprendiz. Ao manusear as peças e visualizar o fluxo da informação genética, promove-se a Flexibilidade Cognitiva (FC), conforme discutido por Pessoa e Nogueira (2009). A dinâmica do kit exige que o aluno abandone interpretações fixas e aplique o mesmo conhecimento sob regras distintas — o que **Spiro et al. (1988)** denominam como o atravessamento de "paisagens cruzadas". Dessa forma, o estudante desenvolve a habilidade de

transitar entre a replicação, a transcrição e a tradução de forma não rígida, compreendendo a interdependência desses processos e evitando a fragmentação do conhecimento em "caixas" isoladas de informação.

6.2 Estratégias de mediação: concretizando o fluxo da informação

Sugere-se que o professor utilize os modelos em momentos didáticos distintos, conforme a introdução do conteúdo.

Mediação da Estrutura e da Replicação do DNA

Este momento didático foca em estabelecer a base estrutural e a dinâmica da duplicação da informação genética, superando as abstrações de escala e dinâmica. O professor deve começar apresentando o Modelo A (estrutura e complementaridade do DNA), cuja manipulação reforça o pareamento de bases (A-T, G-C) e a estrutura molecular, servindo como o subsunçor estrutural inicial. Em seguida, o Modelo B (Replicação do DNA) é introduzido. Os alunos simulam a duplicação semiconservativa, manipulando o zíper para representar a ação da enzima helicase e a abertura da fita. É fundamental dedicar tempo para guiar a manipulação da Fita Líder (síntese contínua) e principalmente da Fita Lenta (síntese

descontínua, com Fragmentos de Okazaki). Para evitar interpretações errôneas ou novas abstrações, é fundamental que o docente ao mediar a simulação da replicação com o modelo B, fale das ações enzimáticas que ocorrem no processo. Devido a ausência de modelos complementares que representem enzimas como a helicase, a DNA Polimerase, Primase, etc, o professor deve abordar tais enzimas.

Mediação da Transcrição e do Processamento do mRNA

Este momento visa diferenciar o DNA do RNA e introduzir o conceito de cópia seletiva e de maturação do transcrito, exercitando a flexibilidade cognitiva do aluno. O professor orienta a síntese do RNA utilizando o Modelo B (DNA) como molde de leitura.

A manipulação do kit é fundamental para que o aluno perceba e aplique a mudança de regra: a substituição da Timina (T) pela Uracila (U). Essa alteração prática incentiva o aluno a flexibilizar o raciocínio e diferenciar os propósitos dos dois processos. A fita resultante é o Modelo D (mRNA Imaturo), utilizado para simular o splicing. O professor instrui os alunos a simularem o processo de splicing nas porções não codificantes (íntrons) e unirem as sequências codificantes (éxons). A manipulação do splicing combate a abstração de informação, demonstrando o processamento ativo do gene.

Semelhantemente à simulação da replicação, é importante que o professor destaque as ações enzimáticas envolvidas na transcrição apresentando os nomes de tais enzimas e informando onde elas atuam. O modelo D por exemplo demonstra o splicing das zonas de íntrons do mRNA, mas no kit não há um modelo que represente o complexo spliceossomo por exemplo. A RNA Polimerase também não é representada, mas como uma enzima que faz função semelhante a DNA Polimerase e o próprio nome se assemelha é importante que o educador medie e descreva a existência e função específica para combater interpretações errôneas.

Mediação da Tradução e da Síntese de Proteínas

A fase final utiliza o maior número de modelos para abordar a decodificação da informação genética, com foco na abstração de lógica (o Código Genético). Os alunos montam o complexo de tradução, utilizando o Modelo C (Ribossomo) com o

Modelo D (mRNA maduro), e identificam os sítios A, P e E. A atividade principal é a simulação da Tradução, na qual os alunos utilizam o Modelo E (tRNA e aminoácidos) para parear o anticódon com o códon do mRNA. A manipulação sequencial nos sítios ribossomais e a visualização do Modelo F (cadeia polipeptídica) no sítio P demonstram a formação da proteína, concretizando a transição da "linguagem" de nucleotídeos para a proteica. No encerramento deste conteúdo, o professor deve promover uma discussão reflexiva, pedindo aos alunos para rastrearem o uso de um componente específico em suas diferentes regras e funções ao longo de todo o DCBM. Esta revisão da multifuncionalidade consolida a compreensão sistêmica e flexível dos processos.

6.3 Sugestões para avaliação formativa e sistematização

Para a avaliação, o professor pode utilizar o kit como ferramenta de checagem do aprendizado, garantindo que o resultado da intervenção seja uma aprendizagem significativa. O professor pode solicitar aos alunos que tracem o percurso de um componente específico desde o DNA até a proteína, explicando como a sua função e regra mudaram em cada etapa. Isso valida a compreensão da multifuncionalidade e do domínio da flexibilidade cognitiva. Outra estratégia é a construção de um mapa conceitual sistêmico que demonstre a hierarquia e a interconexão entre os modelos e processos do DCBM, comprovando que houve a integração dos conceitos em um nível lógico e duradouro.

7 DISCUSSÃO

A proposta pedagógica desenvolvida nesta monografia — a construção e utilização do kit de modelos de baixo custo — permite a síntese argumentativa final que comprova sua relevância e potencial didático. Para demonstrar como o produto elaborado responde à problemática do ensino do DCBM, essa seção expõe uma análise teórico-comparativa à luz das teorias abordadas no estudo e confronta a proposta com outras obras semelhantes que também propõem o uso de modelos didáticos para o ensino do DCBM.

7.1 Análise teórico-comparativa do potencial pedagógico

Esta seção destina-se a aplicar os fundamentos teóricos estabelecidos na fundamentação teórica para analisar e validar o potencial pedagógico do kit de modelos didáticos de baixo custo proposto. A análise teórico-comparativa está estruturada em três critérios essenciais, demonstrando como as características físicas e conceituais do material facilitam a compreensão dos conceitos científicos e reforçam a natureza da AS.

7.1.1 Critério I: tangibilidade e manipulação

Este critério avalia a eficácia do kit em transpor a abstração molecular para a concretude didática sobre a necessidade de suporte concreto para o desenvolvimento cognitivo. A tangibilidade do kit é a condição inicial para a superação da abstração. Os processos moleculares, inacessíveis à percepção visual direta, são transformados em objetos que podem ser manipulados e movidos, facilitando a transição do pensamento do aluno.

A Replicação do DNA (Modelo B), por exemplo, utiliza o zíper para simular a ação da helicase, transpondo a separação das fitas – um evento invisível – para uma ação motora simples e concreta. Ao manipular o zíper, o aluno executa um esquema de ação que permite a internalização do conceito de que a molécula precisa se abrir para ser copiada. Essa interação tátil e tridimensional, ausente na visualização passiva de um diagrama 2D de livro didático, satisfaz a primeira condição para o avanço cognitivo, pois o material e as peças convidam o aluno à ação e à construção ativa do conhecimento.

7.1.2 Critério II: fidelidade conceitual

O kit alcança alta fidelidade na representação de regras conceituais fundamentais do DCBM. O uso dos palitos pintados (A, T, C, G, U) na Replicação e Transcrição representa com sucesso o pareamento de bases nitrogenadas e a regra de que Adenina (A) pareia com Uracila (U) no RNA e com Timina (T) no DNA. Além disso, a estruturação do modelo B (plano) exige que os alunos mantenham a direcionalidade 5'-3' do DNA e do RNA, reforçando a lógica intrínseca do processo molecular. A simulação do splicing no modelo D é um exemplo de alta fidelidade processual, pois representa a maturação do mRNA através da remoção física dos íntrons e a união subsequente dos éxons codificantes.

7.1.3 Critério III: aprendizagem significativa e flexibilidade cognitiva

Este critério é o ponto alto da análise, avaliando como o modelo facilita o potencial pedagógico do Kit de modelos didáticos é maximizado ao se alinhar diretamente com a teoria da AS de David Ausubel (2000) e a Flexibilidade Cognitiva (Greca e Moreira, 2002). O kit atua como um organizador prévio físico e, mais crucialmente, ajuda o aluno a estabelecer a natureza sistêmica do DCGM por meio da multifuncionalidade e reutilização intencional de suas peças.

O primeiro papel do kit é o de ancoragem conceitual, onde o modelo serve como organizador prévio (Ausubel, 2000), fornecendo a base (subsunçor) necessária para a internalização de novos conceitos. A montagem inicial do Modelo A (Estrutura do DNA) e a simulação no Modelo B (Replicação) funcionam como a âncora estrutural e funcional. O aluno internaliza a regra fundamental de pareamento de bases (A-T, G-C) e o conceito de direcionalidade (5'-3') de forma tátil e visual. Essa estrutura inicial do DNA torna-se, então, o ponto de partida físico para a Transcrição, fornecendo um subsunçor que facilita a aquisição do conceito de que a Transcrição é um processo de cópia seletiva (do DNA para o mRNA), e não uma replicação total.

O diferencial do kit, no entanto, reside em sua exigência de que o aluno utilize os mesmos componentes em funções distintas ao longo do fluxo do DCGM, o que estimula a Flexibilidade Cognitiva (Greca e Moreira, 2002). O aluno é ativamente incentivado a abandonar uma interpretação fixa de uma peça e aplicá-la em um novo contexto, integrando os conceitos em uma rede interconectada. Para ilustrar essa multifuncionalidade, consideremos o percurso da peça que representa

o nucleotídeo de DNA: No processo de Replicação do DNA (Modelo B), o aluno manipula o palito que representa a Adenina (A), cuja função é a de compor o novo filamento de DNA, pareando-se estritamente com a Timina (T) no molde A o avançar para a Transcrição, a mesma peça de Adenina presente no molde de DNA agora exige que o aluno encaixe uma nova peça: a Uracila (U), componente do RNA. A regra é alterada de A-T para A-U no RNA. A peça de Adenina do DNA passa de substrato ativo para um mero sinal de leitura, ajudando o aluno a distinguir ativamente entre as fitas de DNA e RNA e a internalizar a substituição de bases.

1. Finalmente, na etapa de Tradução (Modelos C, D, E e F), o enfoque muda completamente. A fita de mRNA maduro (Modelo D), resultado da Transcrição, é inserida no Ribossomo (Modelo C). O aluno utiliza a peça de tRNA (Modelo E), que é o decodificador, e a encaixa na fita de mRNA. Neste ponto, a regra de pareamento não é mais a de síntese de fitas, mas sim de identificação (anticódon-códon), e a função da peça de tRNA é a de carregar informação (o aminoácido) e transferi-lo para a cadeia polipeptídica (Modelo F).

Essa mudança de função e regra para o mesmo componente, em cada estágio do DCGM, ajuda o aluno a integrar os conhecimentos em um nível lógico (Abstração de Informação). Ao invés de memorizar etapas isoladas, o discente constrói uma compreensão sistêmica e funcional do fluxo da informação genética, demonstrando que o kit é um poderoso catalisador para a AS através da ação motora reflexiva e flexível.

Quadro 1: Multifuncionalidade das Peças e Estímulo à FC.

Este quadro demonstra como a reutilização intencional dos componentes do kit ajuda o aluno a aplicar o mesmo material sob regras e funções diferentes, promovendo a integração sistêmica dos conceitos do DCBM.

Componente físico (peça)	Etapa 1: Replicação do DNA	Etapa 2: Transcrição	Etapa 3: Tradução
Palitos pintados (A, T, C, G, U)	Formam o molde original de DNA e o substrato para a síntese da nova fita	Palitos de DNA servem de molde de leitura; palito Uracila (U) é o novo substrato de RNA (A parecia com U)	Não utilizados
Fitas do modelo B (DNA)	Função: molde semiconservativo. Ambas as fitas são utilizadas para a síntese contínua (líder) e descontínuas (lenta).	Função: Molde para RNA. Apenas uma fita é usada como molde para a síntese do mRNA.	Não utilizada
Zíper de roupa	Simula a ação da enzima helicase, representando o movimento de abertura da dupla-hélice e a separação das fitas	Usado para abrir o DNA e iniciar a leitura da fita molde.	Não utilizado
Fita/peça de mRNA (modelo D)	Não utilizada	Produto da Transcrição; fita é marcada com íntrons (a serem removidos) e éxons	Molde ativo (decodificável) que se encaixa no Ribossomo (Modelo C) para ser lido em trincas (códon).
Peça de tRNA (modelo E)	Não utilizada	Não utilizada	Agente decodificador (pelo anticódon) e transportador de aminoácido. Atua como o elo que converte a “linguagem” de nucleotídeos na “linguagem” proteica.

Fonte: Produzida pelo próprio autor (2025)

7.2 Análise comparativa do kit com a literatura específica

Para a validação da eficácia pedagógica, o presente kit de modelos didáticos foi confrontado com a literatura existente sobre o ensino do Dogma Central da Biologia Molecular (DCBM), levando em consideração os trabalhos de Anselmo (2014), Calado (2019) e Almeida (2018) os quais abordam o uso de modelos didáticos para ensino de ciências.

O diferencial central desta proposta reside na sua intencionalidade didática em promover simultaneamente a tangibilidade da ação e a Flexibilidade Cognitiva (FC).

O kit oferece um avanço na representação da dinâmica molecular, superando a abstração da ação. Modelos de alta fidelidade visual, como o de Calado (2019), e modelos semi-planos, como o de Anselmo (2014), tendem a priorizar a estrutura em detrimento da simulação do movimento. Nesses casos, a ação enzimática, como a separação das fitas de DNA pela helicase, é frequentemente representada de forma abstrata, exigindo apenas um movimento manual do professor ou aluno. Em contrapartida, a utilização do zíper no Modelo B do presente kit transforma o evento invisível da abertura da dupla-hélice em uma ação motora concreta e mecânica. Além disso, o Modelo A, com fios de cobre e elástico, simula a maleabilidade helicoidal, conferindo uma tangibilidade superior (Critério I) à dupla-hélice que é ausente na rigidez de materiais como o MDF ou na representação semi-plana da massa de modelar que foram utilizados por Calado (2019) e Anselmo (2014). Essa concretização do movimento satisfaz o pressuposto de Piaget (1989) de que o conhecimento é construído pela ação tátil e reflexiva.

Além do contraste na dinâmica física, a proposta se distingue por utilizar a reutilização intencional das peças para estimular a FC, que é o desafio lógico do DCBM. Embora modelos como o de Calado (2019) reutilizem peças, a força metodológica deste kit reside em forçar o aluno a utilizar o mesmo componente químico (o palito representando a base Adenina) sob regras conceituais distintas em cada estágio: $A \rightarrow T$ na Replicação e $A \rightarrow U$ na Transcrição. Essa exigência de alternância de regras, conforme postulado por Greca e Moreira (2002), combate a abstração de informação e promove o raciocínio sistêmico, sendo uma das vantagens pedagógicas do kit.

Por fim, o kit aborda o fluxo completo do DCBM (Replicação, Transcrição, Tradução e o splicing), garantindo a Fidelidade Conceitual (Critério II) e a abrangência, enquanto modelos como o de Almeida (2018) concentram-se no detalhamento de uma única etapa. Esta visão sequencial e completa reforça a interconexão lógica, permitindo que o kit funcione como um potente organizador prévio (Ausubel, 2000) para a aquisição de conceitos científicos sólidos. Assim, o kit não apenas responde ao desafio da abstração com materiais de baixo custo, mas também oferece um avanço metodológico ao concretizar a ação molecular e ao exigir a integração lógica e flexível dos conceitos.

8 CONCLUSÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) alcançou o seu Objetivo Geral ao refletir sobre o potencial pedagógico de modelos didáticos de baixo custo voltados ao Dogma Central da Biologia Molecular (DCBM). A pesquisa cumpriu seus objetivos específicos por meio da descrição detalhada da construção dos seis modelos didáticos e da análise do potencial de cada um para facilitar a compreensão dos conceitos científicos correspondentes, como replicação, transcrição e tradução. Por fim, a validação pedagógica realizada através da Análise Teórico-Comparativa permitiu fundamentar a proposta de utilização do kit em aulas de Biologia no Ensino Médio.

A proposta do presente estudo não apenas fornece uma possibilidade de se utilizar material manipulável, mas também propõe uma metodologia que estimula o raciocínio ativo e a flexibilidade cognitiva dos estudantes, combatendo, portanto, a simples memorização do conteúdo. A análise técnica reforçou que a relevância didática do kit reside na sua capacidade de tornar tangíveis processos moleculares abstratos, oferecendo diversas possibilidades de aplicação pedagógica.

É importante reconhecer a principal limitação desta pesquisa: ela se concentrou na proposta teórica e descritiva do produto e não incluiu a aplicação prática direta em sala de aula. Embora a análise acadêmica tenha confirmado o alto potencial do kit, o trabalho não apresenta dados empíricos que comprovem, de forma quantitativa, o ganho de Aprendizagem Significativa dos alunos após a intervenção.

Dessa forma, a sugestão para trabalhos futuros é a validação empírica desta proposta. Recomenda-se que a sugestão de aplicação dos modelos didáticos contida neste TCC seja reproduzida no Ensino Médio, utilizando ferramentas de avaliação (como pré-testes e pós-testes) para medir o impacto real e a eficácia do kit de modelos de baixo custo na melhoria da compreensão dos conceitos do Dogma Central da Biologia Molecular.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Edilson Araujo de. **Elaboração de materiais didáticos de baixo custo para o ensino de DNA e RNA**. Monografia (Especialização em Educação: Métodos e Técnicas de Ensino) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Medianeira, Medianeira, 2018. 44 p. Disponível em:

<https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/20612/1/elaboracaomateriaisdidaticosbaixo.pdf> Acesso em: 25 nov. 2025.

ANSELMO, Michele de Siqueira. **Modelo didático sobre o dogma central da biologia molecular**. 2014. 23 f. Monografia (Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em:

<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/46878/R%20-%20E%20-%20MICHELE%20DE%20SIQUEIRA%20ANSELMO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 nov. 2025.

ANSELMO, Michele de Siqueira. **Modelo didático sobre o dogma central da biologia molecular**. Monografia (Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em:<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/46878/R%20-%20E%20-%20MICHELE%20DE%20SIQUEIRA%20ANSELMO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 nov. 2025.

AQUINO, Sylvania Pereira de. **O ensino de genética utilizando modelos didáticos: uma proposta metodológica na formação inicial de professores**. 2018. 129 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Câmpus-Anápolis CET, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2018. Disponível em:

<https://www.bdt.d.ueg.br/bitstream/tede/112/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20SILVANIA.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2025

ARAÚJO, Marcelo Francisco de; ROLIM, Anderson Teixeira. Metadados em Objetos Digitais de Aprendizagem: dois casos de Literatura. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, SP, v. 21, n. 3, p. 770-785, jul./set. 2019. DOI: 10.20396/etd.v21i3.8651972. Disponível

em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8651972>. Acesso em: 2 nov. 2025.

AUSUBEL, David P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BNCC (BRASIL, 2018): BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em:

<https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/normas-classificadas-por-assunto/base-nacional-comum-curricular-ensino-medio-bncc-em>. Acesso em: 3 nov. 2025.

ANJOS, Luciana Ribeiro Borges dos et al. Popularização da Ciência: Desmistificando o Dogma Central da Biologia Molecular. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 16, n. 2, p. 71–86, 7 jan. 2019. Disponível em: <https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/761/656>. Acesso em: 3 nov. 2025.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília, DF: MEC, 2018.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

CALADO, Dione Cordeiro. **Modelo didático interativo do dogma central da biologia: uma proposta de transposição didática para o ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/11288>. Acesso em: 25 nov. 2025.

CAVALCANTI, Clebson Aleksandro Gama. **Construção e utilização de modelos didáticos no ensino de genética molecular na perspectiva interacionista**. 2017. 138 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

Disponível em:
<https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/6028/1/Constru%C3%A7%C3%A3o%20e%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20modelos%20did%C3%A1ticos%20no%20ensino%20de%20gen%C3%A9tica%20molecular%20na%20perspectiva%20interacionista.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2025.

CRUZ, J. F. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM GENÉTICA POR MEIO DE MODELOS DIDÁTICOS. In: **Encontro Internacional De Formação De Professores E Fórum Permanente De Inovação Educacional**, 11., 2019. Anais... [S. l.], 2019. Recuperado de <https://eventosgrupotiradentes.emnuvens.com.br/enfope/article/view/8989>

FREITAS, Xaiane Martins Silva et al. O ensino do dogma central da biologia molecular: dificuldades e desafios. **Revista EDUCA**, v. 7, n. 13, p. 119-130, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unir.br/index.php/EDUCA/article/view/4142>. Acesso em: 3 nov. 2025.

GIERE, Ronald N. Usando modelos para representar a realidade. In: MAGNANI, L.; NERSESSIAN, N. J.; THAGARD, P. (ed.). *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*. New York: Kluwer / Plenum, 1999. p. 41-57.

GNIECH KARASAWA, M. M. et al. Creation and use of didactic materials to teach the ABO blood system. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, e3211225344, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25344>

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 107-120, ago. 1998. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/issue/view/251>. Acesso em: 23 nov. 2025.

MARTINAND, J. L. **Actes du séminaire de didactiques des disciplines technologiques 1994–1995**. Cachan: ENS, 1996.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006. 186 p.

NOGUEIRA, Márcia Regina Silva. Modelos didáticos e mapas conceituais: Biologia Celular e as interfaces com a informática em cursos técnicos do IFMS. **HOLOS**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 1-16, 2013. Disponível em:

<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1954/808>. Acesso em: 2 nov. 2025.

OLIVEIRA, A. A. Construção de modelos didáticos para o ensino do desenvolvimento embrionário humano. **Revista Arquivos do Mudi**, v. 19, n. 1, p. 1-10, 2015. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/28172>. Acesso em: 5 nov. 2025.

PAIVA, Ana Luiza Bittencourt; MARTINS, Carmen Maria de Caro. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do ensino médio a respeito de temas na área de Genética. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 7, n. 3, p. 182-201, set./dez. 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/issue/view/522>. Acesso em: 2 nov. 2025.

PESSOA, Teresa; NOGUEIRA, Fernanda. Flexibilidade cognitiva nas vivências e práticas educativas: casebook para a formação de professores. In: NASCIMENTO, A. D.; HETKOWSKI, T. M. (org.). **Educação e contemporaneidade: pesquisas científicas e tecnológicas**. Salvador: EDUFBA, 2009. p. 111-131. DOI: 10.7476/9788523208721.0006. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/jc8w4/pdf/hetkowski-978852320872-06.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2026.

PIAGET, Jean. **A epistemologia genética**. Petrópolis: Vozes, 1975.

PIAGET, Jean. **Seis estudos de psicologia**. 16. ed. Tradução de Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sérgio Lima da Silva. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1989.

PRADO, C.; VAZ, D. R.; ALMEIDA, D. M. [Theory of significant learning: development and evaluation of virtual classroom in Moodleplatform]. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, DF, v. 64, n. 6, p. 1114-1121, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71672011000600019>. Acesso em: 23 nov. 2025.

REIS, Edilson; REZENDE, Flávia. O uso de modelos didáticos construídos por alunos como organizadores prévios na perspectiva da Aprendizagem Significativa. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 195-212, 2015. Disponível

em: https://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_3_8_ex961.pdf. Acesso em: 10 nov. 2025.

REZENDE, Leandro Pereira; GOMES, Sâmea Cristina Santos. Uso de modelos didáticos no ensino de genética: estratégias metodológicas para o aprendizado. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 110-120, nov. 2018. Disponível em: <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/recm/article/view/4447>. Acesso em: 2 nov. 2025.

SILVA, J. K.; LEÃO, M. F. Utilização de recursos pedagógicos em aulas de ciências da natureza para facilitar a compreensão dos modelos atômicos. **Cadernos Cajuína**, Teresina, v. 10, n. 4, p. e1208, 2025. DOI: 10.52641/cadcajv10i4.1208. Disponível em: <https://v3.cadernoscajuina.pro.br/index.php/revista/article/view/1208>. Acesso em: 2 nov. 2025.

SPIRO, R. J. et al. Cognitive Flexibility Theory: Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE COGNITIVE SCIENCE SOCIETY, 10., 1988, Hillsdale. **Proceedings [...]**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988. p. 375-383.

APÊNDICES

APÊNDICE A - MANUAL DE CONSTRUÇÃO DO KIT DE MODELOS DIDÁTICOS

Este manual detalha as instruções para a construção do Kit de Modelos Didáticos de Baixo Custo. O kit é composto por seis modelos interconectados (A a F) que representam o fluxo completo do DCBM.

1. Construção dos modelos

1.1. Modelo A: Estrutura e complementaridade do DNA

Materiais necessários

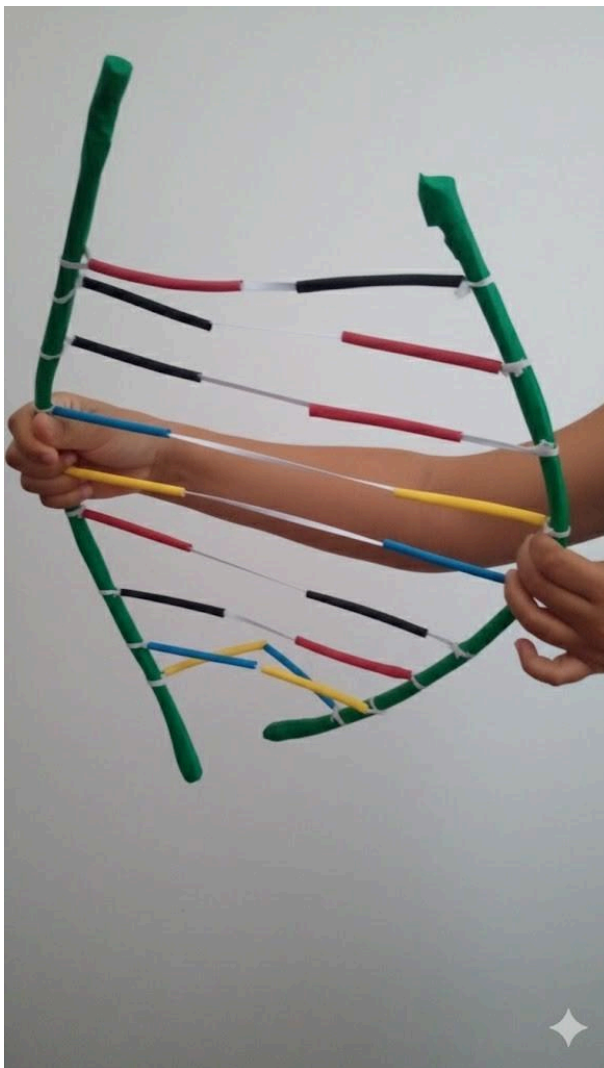
- Fios de cobre (aproximadamente 2 metros);
- Fita isolante;
- Elástico de roupa (aproximadamente 1 metro);
- Canudos coloridos (quatro cores diferentes).
- Alicates

O Modelo A representa a molécula de DNA em sua estrutura tridimensional de dupla-hélice. O objetivo desse modelo é demonstrar a conformação estrutural do DNA e simular as ações enzimáticas que fazem a molécula mudar de conformação “reta” para helicoidal; demonstrar também a afinidade química entre bases nitrogenadas.

Para produzir o modelo é necessário dobrar o fio de cobre algumas vezes para formar as duas hastes. Deve ser utilizado um alicate para cortar o fio assim que as dobras forem suficientes para dar certa estabilidade à haste mas mantendo flexibilidade das mesmas. Após isso, enrolar as duas hastes com fita isolante. Com as duas hastes prontas, cortar pedaços do elástico de roupa para simular a afinidade química das bases nitrogenadas. Cada extremidade dos pedaços do elástico devem ser amarradas em uma haste, mas antes disso os canudos coloridos devem ser adicionados ao elástico (o elástico deve passar por dentro dos canudos). Para cada par de base representada devem ser utilizados dois canudos, cada um

com uma cor diferente. A quantidade de canudos e pedaços de elástico dependerá de quantas complementaridades de base serão adicionadas à estrutura do modelo.

Figura A.1 - Detalhe da estrutura do DNA (Modelo A)



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

1.2. Modelo B: replicação do DNA (e molde para transcrição)

Materiais necessários

- Palitos de picolé (aproximadamente 20);
- Tintas guache (cinco cores diferentes);
- Zíper de roupa (aproximadamente 50 cm);
- Cola para tecido;
- Caneta de tinta permanente.
- Folha de papel A4 ou maior

Este modelo detalha os processos de duplicação e transcrição de forma planar e manipulável.

Os palitos de picolé devem ser pintados com cinco cores diferentes. Quatro desses palitos representarão as bases nitrogenadas na replicação (adenina, timina, citosina e guanina). O quinto palito deve representar a guanina pois esse modelo também é utilizado para simular a transcrição. Após serem pintados, as pontas de cada um deles (palitos) devem ser marcadas com as letras que representam as bases nitrogenadas (A, T, C, G e U). A próxima etapa é colar os palitos no zíper. Devem ser colados palitos dos dois lados do zíper levando em consideração a complementaridade de bases. As cores precisam ser definidas e quais bases tais cores irão representar. Outros palitos “soltos” também devem ser pintados e marcados com as letras das bases para serem utilizados durante a simulação da duplicação do DNA com a abertura do zíper para formar duas novas moléculas de DNA semi conservativas. Alguns palitos não pintados também devem ser reservados para representarem os primers.

Figura A.2 - Modelo de Replicação do DNA (Modelo B) com Zíper



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

1.3. Modelo D: mRNA imaturo e maduro (com simulação de splicing)

Materiais necessários

- Emborrachado EVA (pode ser de qualquer cor)
- Estilete
- Caneta
- Tinta acrílica (a cor precisa ficar destacada no EVA)
- Velcro com fixação auto colante (dupla face)
- Tesoura

O Modelo D é uma tira de emborrachado EVA que representa a fita de mRNA. A finalidade desse modelo é representar o resultado da transcrição, com um mRNA imaturo, com áreas de íntrons e éxons, e a posterior maturação com a simulação do splicing para retirada das zonas de íntrons. O modelo também é utilizado no processo de tradução ao ser utilizado como mRNA maduro com sequências de códons.

O primeiro passo da criação do modelo é desenhar no emborrachado o gabarito de corte da estrutura para ficar semelhante ao modelo da imagem abaixo. Após marcado, utilizar o estilete para fazer os cortes; em seguida escolher alguns trechos e pintar com tinta acrílica (cor da sua preferência, contanto que fique destacado); os “dentes” ou a parte superior a eles devem ser marcadas com sequências de códons, preferencialmente códon de iniciação e finalização. Outras sequências de códons também podem ser adicionadas. Esse detalhe é muito importante pois será utilizado esse modelo na tradução.

A parte final do modelo consiste em cortar pequenos pedaços do velcro para serem coladas à esquerda e à direita das zonas de íntrons pintadas, pois a intenção é “grudar” as duas partes para simular o splicing conforme exemplo nas imagens abaixo.

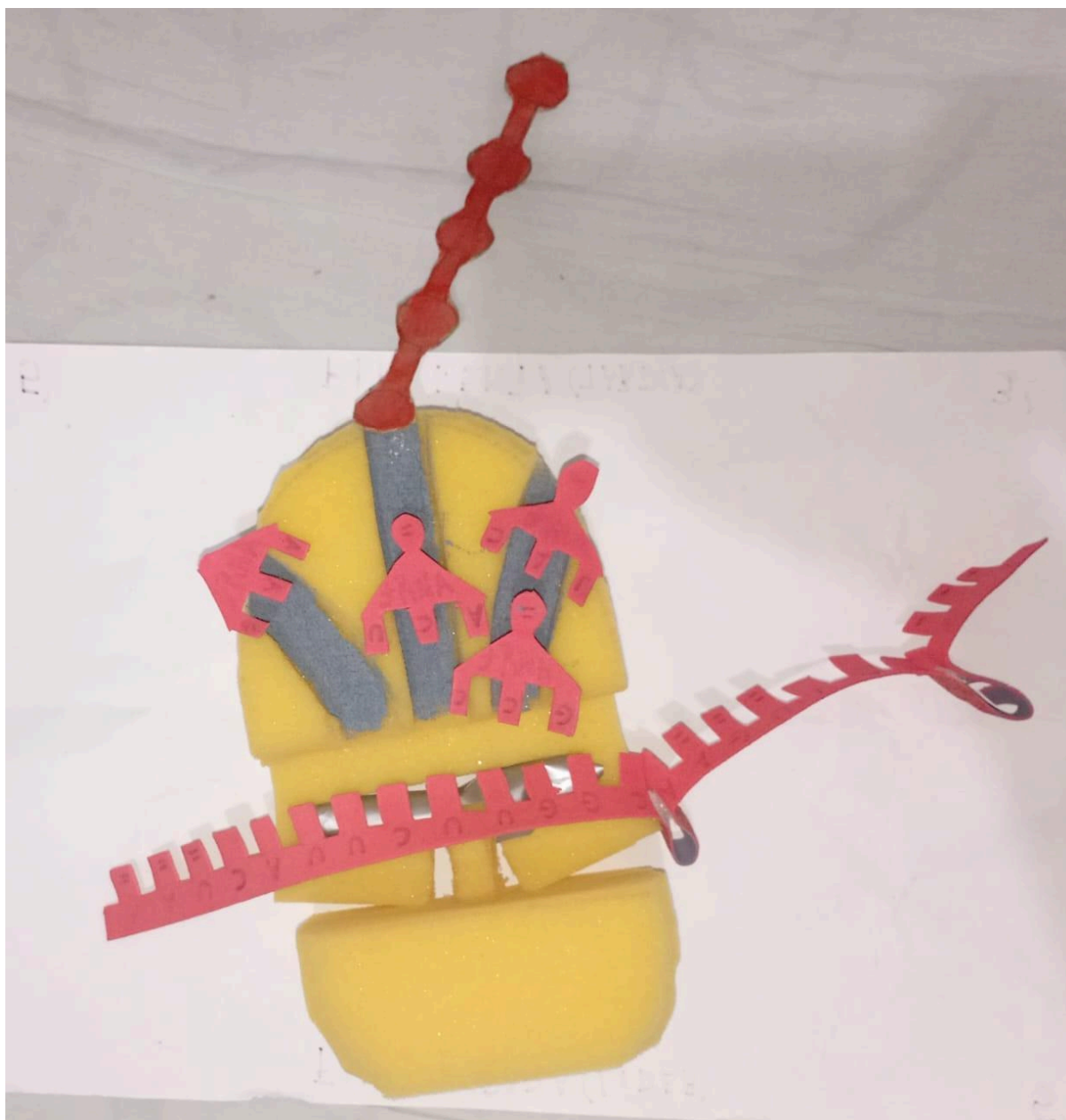
Figura A.3 - Simulação do Splicing no mRNA (Modelo D)



Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

1.4. Modelos C, E, e F: o complexo de tradução e a proteína

Figura A.4: Complexo de Tradução em Ação (Modelos C, D, E e F).




Fonte: Produzida pelo autor, com edição da inteligência artificial Gemini (2025)

Estes modelos são interligados e utilizados simultaneamente para a simulação da Tradução.

Materiais necessários

- Esponja de carro
 - Tinta acrílica (qualquer cor)
 - Lápis de tinta permanente
 - Estilete
 - Emborrachado
 - Caneta
-
- **Modelo C (Ribossomo):** A esponja deve ser marcada com caneta de tinta permanente para formar um gabarito de corte conforme imagem do modelo C. Após criação do gabarito, utilizar o estilete para fazer os cortes e separar a subunidade maior da menor deixando um encaixe para elas. As partes que representam os sítios: Sítio A (Aminoacil), Sítio P (Peptidil) e Sítio E (Exit/Saída) devem ser pintadas com tinta acrílica e marcadas com lápis de tinta permanente com as letras dos sítios. O sítio da direita, A, o central, P e que fica à esquerda, E.
 - **Modelo E (tRNA e Aminoácidos):** O emborrachado deve ser marcado com caneta esferográfica para fazer o gabarito de corte do modelo. O gabarito deve levar em consideração o modelo a seguir. Após recortado, marcar as três “perninhas” com sequência de anticódons. OBS: É importante que as sequências de anticódons dos modelos (vários devem ser criados) combinem, ao menos alguns, com os códons do modelo de mRNA. Após isso marcar a parte triangular do modelo com o nome “tRNA”.
 - **Modelo F (Cadeia Polipeptídica):** Deve ser feito um gabarito de corte no emborrachado EVA e os cortes devem levar em consideração o modelo abaixo.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Cabedelo - Código INEP: 25282921
	Rua Santa Rita de Cássia, 1900, Jardim Camboinha, CEP 58103-772, Cabedelo (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0010-66 - Telefone: (83) 3248.5400

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Entrega de versão finalíssima do TCC

Assunto:	Entrega de versão finalíssima do TCC
Assinado por:	Jonatha Sebastiao
Tipo do Documento:	Tese
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jonatha Sebastião da Silva, ALUNO (201917020027) DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - CABEDELLO**, em 18/04/2026 09:05:57.

Este documento foi armazenado no SUAP em 18/04/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1839815

Código de Autenticação: f1709f3704

