

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO E ARTES
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - LICENCIATURA

**METODOLOGIAS PARA ENSINO DA DUPLICAÇÃO DE DNA PARA
ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

YOHANA PRIMON CLETO

São José dos Campos, SP
2020

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO E ARTES
TRABALHO DE GRADUAÇÃO

**METODOLOGIAS PARA ENSINO DA DUPLICAÇÃO DE DNA PARA ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO**

YOHANA PRIMON CLETO

Relatório Final apresentado como parte das exigências da disciplina Trabalho de Graduação a Banca examinadora da Faculdade de Educação e Artes da Universidade do Vale do Paraíba.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Flavia Villaça Morais

Coorientadora: Me. Claudinéia Aparecida Araújo dos Santos

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus, pela oportunidade de realizar o sonho de cursar a Faculdade de Ciências Biológicas, pelas pessoas que Ele colocou em meu caminho durante este trajeto de quatro anos e por ter me dado saúde e proteção.

Aos meus pais, por terem me apoiado em cada etapa durante a graduação, com palavras de apoio, por seus exemplos de força e coragem, e por terem contribuído financeiramente me dando de presente o curso de Ciências Biológicas.

Meu agradecimento especial ao meu marido e melhor amigo Nilson, que esteve comigo durante todo o tempo, me motivando a continuar, me ajudando nos dias mais desafiadores e celebrando cada conquista, só tenho gratidão pelo privilégio em tê-lo ao meu lado.

Aos meus amigos de graduação, meu muito obrigada, Bianca, Rafaela, Miguel, Camila e Nathália, presentes que ganhei durante o curso, que estiveram comigo durante toda essa jornada, tornando cada dia mais leve e feliz.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Flávia Villaça Morais, por ter sido uma professora incrível durante o curso despertando meu interesse pela Genética, e por aceitar me orientar, acreditando em mim e me incentivando que eu seria capaz.

À minha coorientadora Me. Claudinéia Aparecida Araújo dos Santos, por ter me ajudado inicialmente com a ideia deste projeto, por sempre estar à disposição, até mesmo fora de seu horário de trabalho, por sua doçura e gentileza durante esse processo, me acalmando, apoiando e incentivando.

Agradeço a todos os meus professores e a Universidade do Vale do Paraíba, pelo comprometimento, dedicação e ética, em especial, Prof.^a Nádia, Prof.^a Walderez e Prof.^a Karla, meu respeito e admiração por vocês.

E por fim, meu agradecimento aos meus três filhos, Arthur, Alexandre e Augusto, que apesar de ainda não compreenderem a complexidade e importância deste trabalho em minha vida, são o meu maior motivo para não desistir.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação de Nucleotídeo	18
Figura 2 – Bases Nitrogenadas Purinas e Pirimidinas	19
Figura 3 - Nucleotídeo	19
Figura 4 – Ligação fosfodiéster	20
Figura 5 – Fitas Antiparalelas de DNA e Ligações de Hidrogênio.....	21
Figura 6 – Duplicação do DNA	22
Figura 7 – Processo de replicação do DNA.....	23
Figura 8 – Biscuit.....	25
Figura 9 – Superfície plástica para modelagem do biscuit	26
Figura 10 – Materiais para modelagem do biscuit.....	26
Figura 11 – Espessura padrão de todas as peças de biscuit	27
Figura 12 – Ilustração para moldes do biscuit	27
Figura 13 – Representação dos formatos das enzimas	28
Figura 14 – Corte dos moldes das estruturas do DNA	28
Figura 15 – Acabamento da enzima Helicase	29
Figura 16 – Pintura dos palitos de dente e secagem do material.....	29
Figura 17 – Representação dos formatos das estruturas do DNA	30
Figura 18 – Cola de artesanato TekBond.....	30
Figura 19 – Envernizando o protótipo	31
Figura 20 – Revestimento da placa de madeira	31
Figura 21 – Fixação da forquilha na placa de madeira.....	32
Figura 22 – Título da identificação da forquilha de DNA	33
Figura 23 – Legenda do protótipo	33
Figura 24 – Página inicial do site Canva	34
Figura 25 – Página de criação do site Canva.....	34
Figura 26 – Página inicial do site Pinterest	35
Figura 27 – Abas de <i>Templates</i> , Elementos e Fundos utilizados.....	35
Figura 28 – Aba de templates	36
Figura 29 – Fontes	37
Figura 30 – Busca de imagens site Pinterest	38
Figura 31 – Inserção de imagens.....	38
Figura 32 – Ferramenta de transparência de imagem	39

Figura 33 – Elementos de ilustração	39
Figura 34 – <i>Templates</i> para confecção das cartas.....	40
Figura 35 – Alteração de cor de Fundo e inserção de elemento	41
Figura 36 – Inserção de elementos do desenho pronto Fonte: Acervo do autor	41
Figura 37 – Montagem da forquilha por meio de formas geométricas em retângulo.	42
Figura 38 – Elaboração das enzimas Primase e Polimerase	43
Figura 39 – Elaboração das enzimas Topoisomerase e Helicase.....	43
Figura 40 – Inserção de texto nas cartas	44
Figura 41 – Enzimas do processo de duplicação	46
Figura 42 – Forquilha de DNA.....	46
Figura 43 – Tamanho da forquilha de DNA.....	47
Figura 44 – Capa do Manual do Professor.....	48
Figura 45 – Sumário do manual	49
Figura 46 – Folha de Apresentação do manual.....	50
Figura 47 – Folha de Introdução do manual.....	50
Figura 48 – Folha de utilização do protótipo.....	51
Figura 49 – Atividade 1	52
Figura 50 – Atividade 2	54
Figura 51 – Cartas da Dinâmica 2.....	54
Figura 52 – Cartas da Dinâmica 2.....	55
Figura 53 – Folha de Curiosidades – Teste de Paternidade	56
Figura 54 – Folha de Curiosidades – É verdade?	57
Figura 55 – Folha de Curiosidades – Clonagem	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Itens que foram utilizados na confecção do material didático	24
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz de Avaliação Processual.....	17
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivos específicos	13
3. REVISÃO LITERÁRIA	14
3.1 O ensino de Biologia	14
3.1.1 O ensino de Biologia, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).....	14
3.1.2 A Matriz de Avaliação Processual e o Currículo Paulista do Ensino Médio (EM) no ensino de Biologia	16
3.2 O DNA.....	18
3.2.1 Composição do DNA.....	18
3.2.2 Replicação do DNA.....	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4.1 Público alvo.....	24
4.2 Produção do protótipo	24
4.3 Manual do professor	33
4.3.1 Folhas de atividades e curiosidades do Manual do Professor	36
4.3.2 Confecção do Jogo de Cartas – Atividade 2	40
5. RESULTADOS	45
5.1 Protótipo.....	45
O tamanho e peso da maquete são adequados tanto para visualização dos estudantes, como também para o professor transportar com facilidade ou segura-la durante as (Figura 43).....	47
5.2 Manual do Professor	47
5.2.1 Folha de utilização do protótipo	51
5.2.2 Atividade prática 1 – DNA comestível	51
5.2.2.1 Desenvolvimento da atividade	52
5.2.3 Atividade prática 2 – Jogo de cartas	53
5.2.3.1 Regras do jogo.....	53
5.2.4 Páginas de curiosidades	55
6. DISCUSSÃO	59
7. CONCLUSÃO.....	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
REFERÊNCIAS DE IMAGENS	67

RESUMO

As facilidades de acesso à informação por meio de diferentes tecnologias fizeram com que os alunos atualmente sejam mais informados e críticos, fazendo-se necessária uma aula mais dinâmica e interativa para a assimilação do conteúdo, principalmente nas aulas de Genética, nas quais os termos técnicos e científicos são de difícil assimilação para os discentes. Considerando esses aspectos, o presente trabalho apresenta a construção de um protótipo demonstrativo da molécula de DNA e de seu processo de replicação, acompanhado de um manual instrutivo para o professor facilitando o aprendizado dos alunos do segundo ano do ensino médio. Para a realização do trabalho, utilizou-se material biscuit nas cores amarela, para representar as bases nitrogenada, azul, para representar a pentose, branca, para representar o grupo fosfato e as cores vermelha, verde, marrom e roxo, para representar as enzimas envolvidas no processo de replicação, cobertos por verniz após tempo de cura. As ligações fosfodiéster e as pontes de hidrogênio foram interligados por meio de palitos de dente. O Manual Instrutivo para o professor foi desenvolvido na plataforma Canva e no site Pinterest, e o jogo de cartas que está descrito como atividade do Manual foi desenvolvido também na mesma plataforma e site. O manual feito possui 10 páginas divididas em: Capa, Sumário, Apresentação, Introdução, 01 folha de atividade prática que será desenvolvida com a sala, 01 folha de atividade com um jogo de cartas e uma folha de Curiosidades. O jogo didático é composto de 16 cartas com diferentes imagens que representam a molécula de DNA e seu processo de replicação. Com o presente trabalho o aluno consegue reconhecer e compreender a molécula de DNA e seu processo de replicação de maneira interativa e lúdica, garantindo o entendimento e o trazendo como participante ativo das aulas de Genética.

Palavras-chave: Genética, DNA, replicação, protótipo, manual instrutivo.

ABSTRACT

The ease of access to information through different technologies has made students today more informed and critical, making it necessary to have a more dynamic and interactive class for the assimilation of content, especially in Genetics classes, in which the technical terms and scientific are difficult to assimilate for students. Considering these aspects, the present work presents the construction of a demonstrative prototype of the DNA molecule and its replication process, accompanied by an instructive manual for the teacher facilitating the learning of students in the second year of high school. To carry out the work, yellow biscuit material was used to represent the nitrogenous bases, blue, to represent the pentose, white, to represent the phosphate group and the colors red, green, brown and purple, to represent the enzymes involved in the replication process, covered by varnish after curing time. The phosphodiester bonds and hydrogen bonds were interconnected by means of toothpicks. The Instructional Manual for the teacher was developed on the Canva platform and on the Pinterest website, and the card game that is described as the Manual's activity was also developed on the same platform and website. The manual has 10 pages divided into: Cover, Summary, Presentation, Introduction, 01 practical activity sheet that will be developed with the room, 01 activity sheet with a card game and a Curiosity sheet. The didactic game consists of 16 cards with different images that represent the DNA molecule and its replication process. With the present work the student is able to recognize and understand the DNA molecule and its replication process in an interactive and playful way, ensuring understanding and bringing him as an active participant in Genetics classes.

Keywords: Genetics, DNA, replication, prototype, instructional manual.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente sabe-se que os alunos do século XXI não são os mesmos de antigamente, principalmente, pelas facilidades de acesso à informação, por meio de diferentes tecnologias, tornando-se necessária a mudança na forma de ensino, não limitando somente a livros didáticos e figuras impressas. (CORTELLA, 2014)

O ensino atual, infelizmente, ainda continua sendo de forma mecanizada, que consiste na leitura do livro pelo discente, ou apresentação de resumo sobre diferentes assuntos estabelecidos pelo professor, fazendo com que o aluno tenha apenas um conhecimento memorizado, sem a compreensão e interpretação do tema proposto (ANTONIO, 2013).

O ensino de ciências que consiste no aprendizado utilizando aulas experimentais é uma forma de ensinar que vai além do convencional e que desperta o interesse dos alunos, envolvendo-os no tema abordado e contribuindo para um aprendizado com mais clareza sobre assuntos específicos. (GIORDAN, 1999).

A utilização de um material didático interativo faz com que o aluno correlacione o tema abordado com assuntos do seu cotidiano, traz a compreensão de elementos que não são possíveis visualizar, fazendo com que o mesmo aprenda na prática e saia da posição de expectador para participante ativo, contribuindo para a internalização do conhecimento e aplicação em diferentes contextos em seu dia-a-dia, evitando assim a dispersão em sala de aula (SILVA, 2014).

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006), especificamente, o PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio), ressaltam a importância em formar cidadãos para a vida, que sabem se comunicar, argumentar e serem críticos. E para um aprendizado permanente, seja para prosseguir nos estudos ou para o mundo do trabalho.

Segundo PCNEM (BRASIL, 2006), o ensino de genética é ressaltado como relevante, porém abordado de forma simplificada, focando somente nos métodos experimentais e códigos próprios da ciência, não dando foco a hereditariedade, por exemplo, que pode abrir caminho para outras discussões como preconceitos raciais.

Estudos realizados por Araújo e Gusmão (2017) mostram que o ensino de genética é de difícil assimilação devido ao grande número de termos técnicos e nomes científicos, hoje em dia muito deles estão sendo apresentados pelas mídias atuais, devido aos avanços tecnológicos para busca na solução de problemas, tais como, por exemplo, manipulação de DNA, clonagem, testes de paternidade, doenças genéticas, ressaltando a importância de se ensinar sobre esta área de maneira eficaz (BRASIL, 2006).

Conforme pesquisa realizada, a maior dificuldade encontrada pelos professores ao ensinar genética é a dependência dos livros pedagógicos, difícil acesso a materiais didáticos, escassez de tempo para elaboração de aulas experimentais e desenvolvimento do tema com os alunos, alto número de alunos na mesma sala de aula, além da falta de apoio do programa de gestão da escola (ARAUJO; GUSMÃO, 2017). Sendo assim, evidencia-se a importância da utilização do uso de material lúdico que seja diferenciado e eficiente, favorecendo a aprendizagem.

Na Matriz de Avaliação Processual (2016), o conteúdo que deve ser apresentado aos alunos do 2º ano do ensino médio, consta a matéria referente ao DNA, e se faz necessário que o estudante compreenda suas estruturas, o processo de duplicação, e também, a estrutura do RNA.

Com base neste currículo e nas situações apresentadas anteriormente, este trabalho tem como objetivo auxiliar a compreensão dos alunos no processo de duplicação de DNA, reconhecendo a molécula de DNA por meio de material didático prático acompanhado de um manual instrutivo para o professor, que complementarás aulas teóricas.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo fornecer um material didático prático para auxiliar a compreensão dos alunos do 2º ano do ensino médio referente ao processo de duplicação de DNA e sua estrutura.

2.1 Objetivos específicos

- Apresentar aos discentes mediante material didático prático (protótipo da estrutura de DNA e sua duplicação) o processo de duplicação do DNA.
- Auxiliar o professor, por meio do manual instrutivo, a transmitir o conhecimento de maneira lúdica.
 - Desenvolver no aluno senso crítico.
 - Estimular o trabalho em equipe.
 - Fazer com que o aluno associe o conteúdo apresentado com diversos fatos que ocorram no seu cotidiano tornando assim o aprendizado mais eficiente.

3. REVISÃO LITERÁRIA

3.1 O ensino de Biologia

O ensino de biologia promove senso crítico e questionador nos discentes, tornando possível o conhecimento do mundo que habitam, os impactos causados por ações antrópicas e a importância da ciência para se descobrir a origem humana, e a melhor forma de manutenção e adaptação no planeta Terra (CORRÊA *et al.*, 2018).

Na LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira, 1996) indica que os conteúdos transmitidos em sala de aula, devem possuir finalidade não somente para avaliações, mas sim serem inseridos no cotidiano dos discentes (CORRÊA *et al.*, 2018).

3.1.1 O ensino de Biologia, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)

Com intuito de nivelar o conhecimento dos estudantes a nível nacional, a LDB, previu uma Base Nacional Comum Curricular responsável por nortear o currículo nas escolas públicas e privadas do país, sendo de caráter obrigatório, cumprido do ensino fundamental até o ensino médio. (BRASIL, 2018)

Dentro da BNCC, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias esta ramificada em três disciplinas: Biologia, Química e Física. Esta Base Nacional descreve diversas habilidades que devem ser adquiridas pelos alunos, como por exemplo:

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

Também estão previstas competências, como por exemplo:

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. (BRASIL, 2018)

Em contrapartida à Base Comum Curricular Nacional, o PCN não é obrigatório, todavia orienta educadores a elaborarem de forma criativa e atrativa atividades para os discentes. Estes parâmetros podem auxiliar escolas na preparação do Projeto Político Pedagógico, pois possuem os temas estruturadores, como são denominados, de cada área. (BRASIL, 2006).

Na área de Biologia, existem seis temas estruturadores divididos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, são eles: Interação entre os seres vivos; Qualidade de vida das populações humanas; Identidade dos seres vivos; Diversidade da vida; Transmissão da vida, ética e manipulação gênica; e Origem e evolução da vida. (BRASIL, 2006)

As Unidades temáticas são subtemas que dividem as áreas supracitadas, como por exemplo, a “Identidade dos seres vivos” se subdivide em: A organização celular da vida; As funções vitais básicas; DNA: a receita da vida e o seu código; e Tecnologias de manipulação do DNA. Nestas encontram-se descrições de como tratar o tema, como:

3. DNA: a receita da vida e o seu código

- Localizar o material hereditário em células de diferentes tipos de organismo observadas ao microscópio, em fotos e representações esquemáticas.
- Identificar a natureza do material hereditário em todos os seres vivos, analisando sua estrutura química para avaliar a universalidade dessa molécula no mundo vivo.
- Construir um modelo para representar o processo de duplicação do DNA.

- Estabelecer relação entre DNA, código genético, fabricação de proteínas e determinação das características dos organismos.
- Analisar esquemas que relacionem os diferentes tipos de ácidos nucléicos, as organelas celulares e o mecanismo de síntese de proteínas específicas.
- Relatar, a partir de uma leitura de referência, a história da descoberta do modelo da dupla-hélice do DNA, descrita na década de 1950 pelo biólogo J. Watson e pelo físico F. Crick. (BRASIL, 2006, p.44)

3.1.2 A Matriz de Avaliação Processual e o Currículo Paulista do Ensino Médio (EM) no ensino de Biologia

Desde 2008, a SEE (Secretaria de Educação do Estado de São Paulo) propôs um currículo para os alunos paulistas, com a finalidade de apoiar e melhorar a qualidade do ensino. Todavia, somente em 2015 as diretrizes da política educacional foram publicadas para o quadriênio (2015 - 2018). (SÃO PAULO, 2016)

Com isso, a Matriz de Avaliação Processual, defini os conteúdos que devem ser apresentados aos discentes, bem como as competências e habilidades, na área de Biologia, são apresentadas como o exemplo a seguir (Quadro 1):

Quadro 1 – Matriz de Avaliação Processual

2ª série - 3º bimestre		
Conteúdos:	Situações de Aprendizagem	Avaliação Processual/Habilidades
	Competência/habilidade	
<p>DNA - A receita da vida e seu código</p> <p>O DNA em ação - estrutura e atuação</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estrutura química do DNA - Modelo de duplicação do DNA e história de sua descoberta - RNA - a tradução da mensagem - Código genético e fabricação de proteínas 	<p>Situação de Aprendizagem 1 - A estrutura do DNA</p> <p>Habilidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ler e interpretar textos e imagens relacionados à estrutura do DNA. 2. Relacionar a estrutura tridimensional da molécula de DNA com as funções por ela desempenhadas. 3. Produzir textos descritivos sobre a estrutura da molécula de DNA. 4. Reconhecer o DNA como polímero formado por unidades básicas (os nucleotídeos) repetidas ao longo da molécula. <p>Situação de Aprendizagem 2 - A duplicação do DNA</p> <p>Habilidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Interpretar gráficos, figuras e esquemas relativos à duplicação do DNA. 2. Produzir textos sobre o processo de duplicação do DNA. 3. Relacionar a duplicação ao processo de divisão celular. 4. Relacionar a duplicação com a complementaridade das bases que compõem o DNA. 5. Reconhecer o emparelhamento específico entre as bases nitrogenadas que compõem o DNA. 6. Identificar o papel da enzima polimerase na duplicação do DNA. <p>Situação de Aprendizagem 3 - Do DNA à proteína</p> <p>Habilidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reconhecer semelhanças e diferenças entre o DNA e RNA. 2. Descrever o processo de síntese de proteínas, por meio de textos ou esquemas explicativos. 3. Relacionar os diferentes tipos de RNA ao processo de síntese de proteínas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Interpretar textos e imagens relacionados a estrutura do DNA. - Relacionar a estrutura tridimensional da molécula de DNA com as funções por ela desempenhadas. - Reconhecer o DNA como polímero formado por unidades básicas (os nucleotídeos) repetidas ao longo da molécula. - Interpretar gráficos, figuras e esquemas relativos à duplicação do DNA. - Relacionar a duplicação ao processo de divisão celular. - Relacionar a duplicação com a complementaridade das bases que compõem o DNA. - Reconhecer o emparelhamento específico entre as bases nitrogenadas que compõem o DNA. - Identificar o papel da enzima polimerase na duplicação do DNA. - Comparar o DNA e o RNA. - Reconhecer o processo e síntese de proteínas, por meio de textos ou esquemas explicativos. - Relacionar os diferentes tipos de RNA ao processo de síntese de proteínas. - Reconhecer a existência de um código genético universal, por meio do qual a sequência de bases do DNA é traduzida em uma sequência de aminoácidos na proteína.

Fonte: Acervo do autor

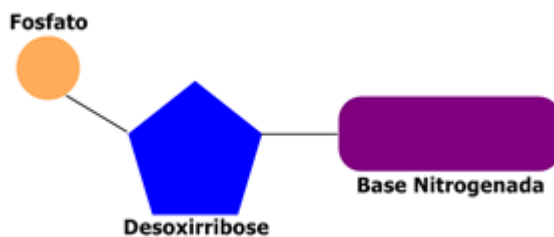
3.2 O DNA

O DNA são moléculas de alto peso molecular, encontradas nos organismos vivos, definindo sua informação genética através da sequência linear das bases nitrogenadas (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014).

3.2.1 Composição do DNA

O DNA é um ácido desoxirribonucleico, polímero linear de nucleotídeos unidos por ligação fosfodiéster (Figura 1). Os nucleotídeos são compostos por um carboidrato, chamado pentose (desoxirribose), um grupamento fosfato e uma base nitrogenada (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014).

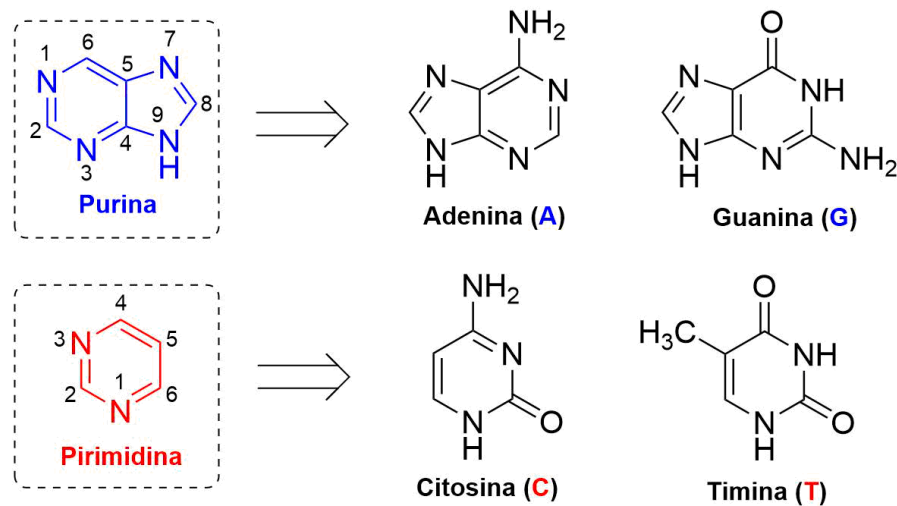
Figura 1 – Representação de Nucleotídeo



Fonte: Mira (2018)

As bases nitrogenadas do DNA são classificadas em Purinas, Adenina (A) e Guanina (G), e em Pirimidinas, Citosina (C) e Timina (T). Se diferenciam em tamanho, sendo maiores as Purinas, possuindo um anel de 6 átomos de Carbono e 2 de Nitrogênio fusionado com outro anel de 5 átomos de carbono e nitrogênio. Em contrapartida, as Pirimidinas possuem somente um anel de 6 átomos de Carbono e Nitrogênio (Figura 2). (KARP, 2005).

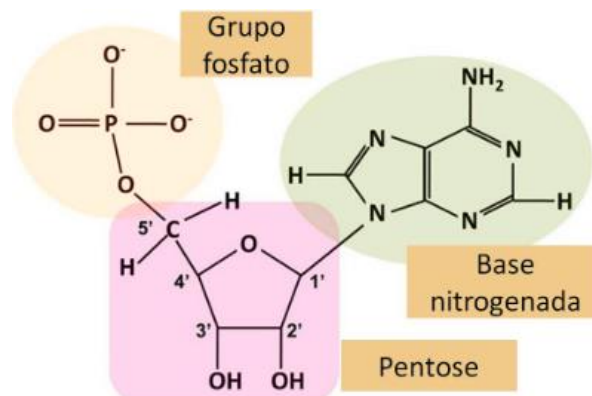
Figura 2 – Bases Nitrogenadas Purinas e Pirimidinas



Fonte: Wikipédia (2020)

As ligações entre as bases nitrogenadas e as pentoses são chamadas de ligações glicosídicas, formando moléculas chamadas nucleosídeos. Quando o grupamento fosfato se associa ao nucleosídeo pela ligação ao carbono 5' da pentose, a molécula passa a ser denominada Nucleotídeo (Figura 3), podendo ser mono, di ou tri-fosfatado, de acordo com o número de fosfatos ligados a ele (DEVLIN, 2011).

Figura 3 - Nucleotídeo

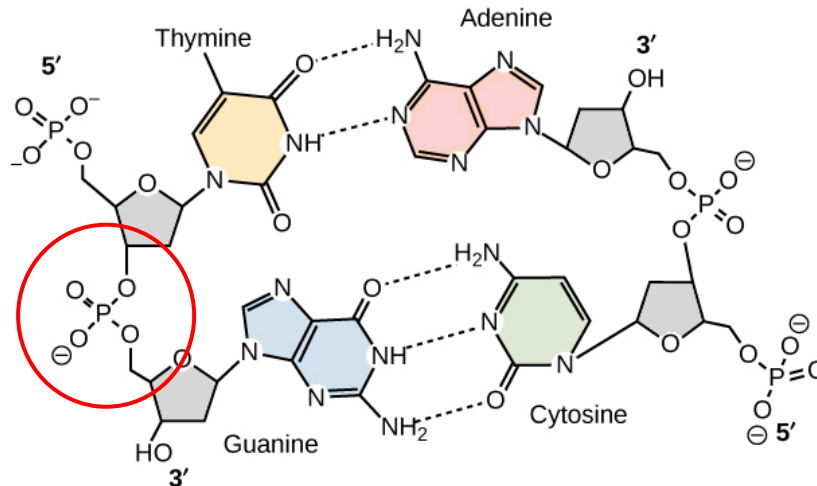


Fonte: Magalhães (2020)

Os ácidos desoxirribonucleicos, são cadeias de nucleotídeos que se unem entre si por meio de ligações covalentes, formando pontes fosfodiéster (Figura 4)

estabelecidas pelo grupo fosfato e o grupamento hidroxílico do carbono 3' do nucleotídeo adjacente (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014).

Figura 4 – Ligação fosfodiéster



Fonte: Khan Academy (2016)

Sendo assim, o DNA, se torna uma cadeia polinucleotídea que possui direcionalidade na orientação 5' → 3'. O “primeiro” nucleotídeo da cadeia terá o grupamento fosfato na extremidade 5', e o “último” nucleotídeo uma hidroxila na extremidade 3' (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014). Dessa forma, apenas as letras, indicativas das bases nitrogenadas, são representadas, conforme exemplo:

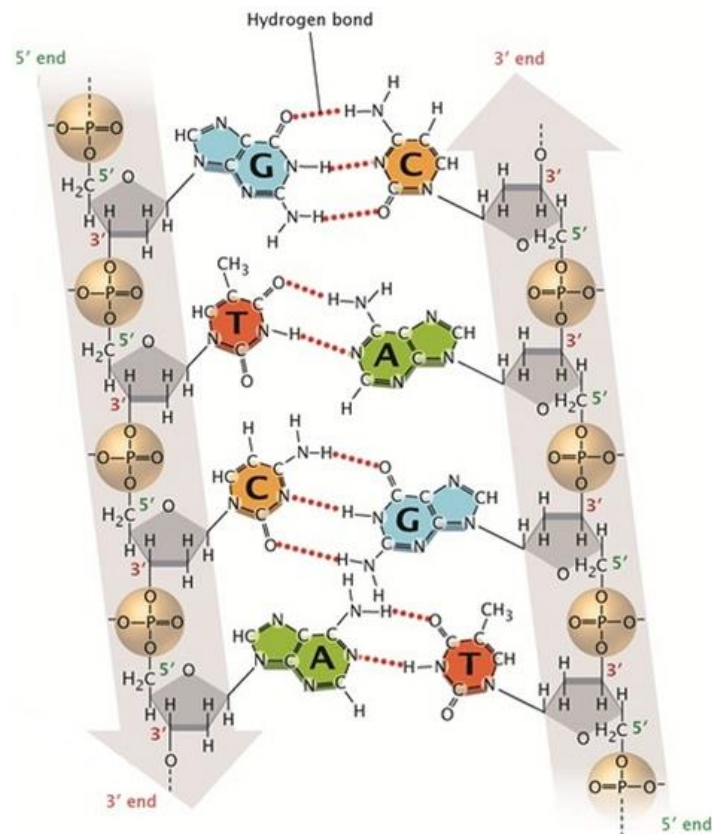
5' - **AACGTGCTCACCAGTCGT** - 3'

O DNA é conhecido como sendo uma Dupla Hélice, composto por duas fitas complementares e antiparalelas que se enrolam em torno do eixo da hélice. Este modelo foi proposto por James Watson e Francis Crick em 1953, com base nos estudos de difração por raios X, que foram conduzidos em maio de 1952 por Rosalind Franklin, uma química que era especialista nessa técnica e trabalhava no laboratório de Maurice Wilkins (WATSON, 2014).

Por motivos não divulgados até hoje, Wilkins e Franklin não estabeleciam uma relação profissional cooperativa entre si, e posteriormente Wilkins apresentou os resultados obtidos por Rosalind a Watson, facilitando suas pesquisas juntamente com Crick (SILVA, 2010).

As fitas encontram-se em direções opostas, uma na direção 5' → 3' e a outra na 3' → 5', sendo denominadas antiparalelas. As bases nitrogenadas são pareadas de uma fita com a outra por meio da formação de pontes de hidrogênio (Figura 5), as bases purinas pareiam com as pirimidinas, sendo Adenina com Timina (duas pontes de hidrogênio) e Citosina com Guanina (três pontes de hidrogênio) (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014).

Figura 5 – Fitas Antiparalelas de DNA e Ligações de Hidrogênio



Fonte: Pray (2008)

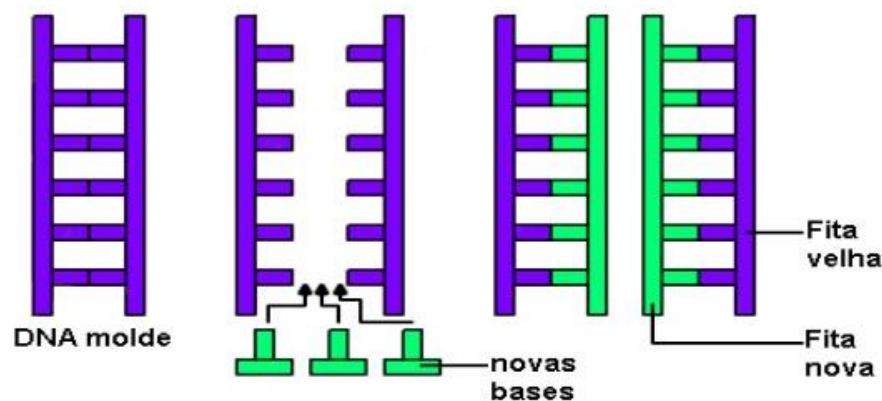
“As ligações glicosídicas no DNA, entre as desoxirriboses e as bases nitrogenadas, não estão diretamente opostas na hélice dupla, gerando duas cavidades desiguais em seu contorno” (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014). Essas cavidades desiguais ao longo da molécula são chamadas de cavidade menor e cavidade maior, importantes para que proteínas tenham acesso a sequências específicas de bases e possam interagir com as mesmas, regulando atividades dos genes, por exemplo. (KHAN ACADEMY, 2016).

3.2.2 Replicação do DNA

A divisão celular ocorre em todos os organismos, e, para que ocorra adequadamente, há necessidade da duplicação do DNA. O princípio básico para replicação do DNA é que exista uma molécula original a ser copiada (fita-molde), ocorrendo sempre no sentido 5' → 3' e em locais chamados origens, onde geralmente a incidência das sequências de pares bases nitrogenadas Adenina e Timina são maiores (BENDER *et al.*, 2016).

O processo de duplicação do DNA é denominado de semiconservativo, pois a molécula de DNA molde sofrerá desnaturação, ou seja, as pontes de hidrogênio serão quebradas e cada uma das fitas servirão de molde para a nova fita que será sintetizada (Figura 6). No final da duplicação haverá duas fitas de DNA, ambas contendo uma fita recém sintetizada e a outra do DNA parental (DNA Molde), conforme Figura 6 (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014).

Figura 6 – Duplicação do DNA



Fonte: Dapieve (2011)

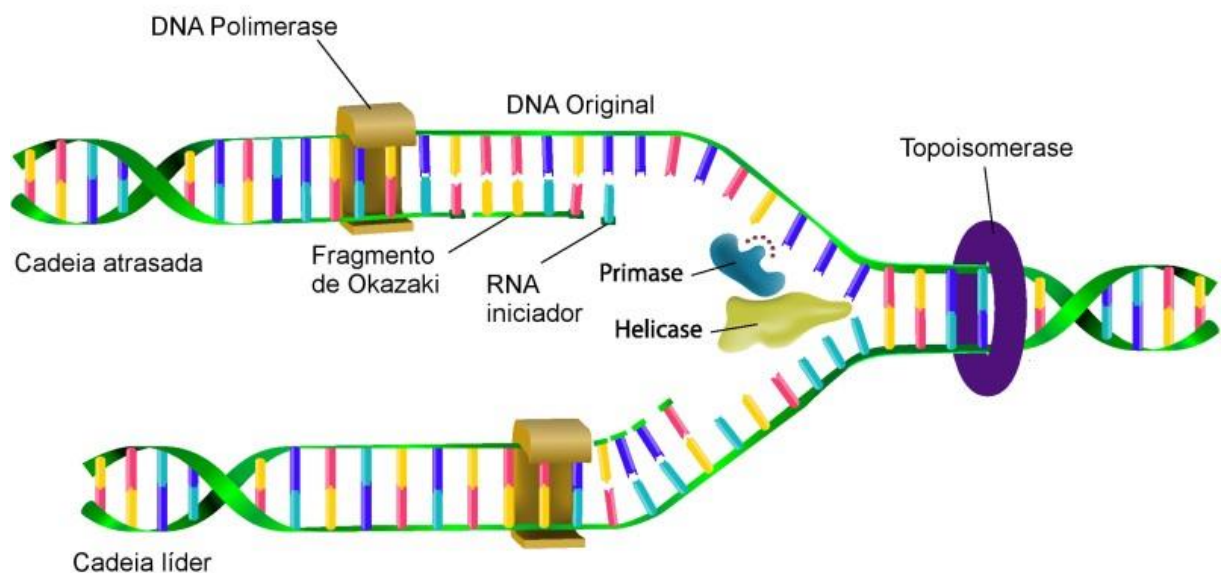
O processo de desnaturação inicia-se com uma enzima chamada DNA Helicase (Figura 7) que realiza a quebra das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas, separando a fita dupla do DNA. E, na frente desta forquilha que se forma, a enzima Topoisomerase realiza cortes temporários na hélice, evitando o enrolamento excessivo (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014).

Logo após a separação das fitas, uma sequência de RNA, chamado de *Primer*, é sintetizada pela enzima Primase para que seja possível a síntese da nova fita,

que é feita pela enzima DNA Polimerase no sentido $5' \rightarrow 3'$, já que esta enzima não possui capacidade de iniciar uma sequência de nucleotídeos a partir de uma simples fita de DNA (Figura 7) (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014).

As fitas de DNA possuem polaridades opostas ($5' \rightarrow 3'$ e $3' \rightarrow 5'$), tornando a duplicação semidescontínua, pois uma fita é sintetizada de forma contínua (cadeia líder) e a outra fita é sintetizada de forma descontínua (cadeia retardada/atrasada) por fragmentos, chamados de Fragmentos de Okazaki (Figura 7) (FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M; ZAHA, A., 2014).

Figura 7 – Processo de replicação do DNA



Fonte: Gonçalves (2020)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Público alvo

Alunos do 2º ano do Ensino Médio com idade média entre 15 a 17 anos e docentes de escolas públicas e privadas.

4.2 Produção do protótipo

Para a produção deste trabalho foram utilizados os materiais listados na Tabela 1, que são de fácil acesso, porém necessitaram de conhecimento prévio para serem trabalhados:

Tabela 1 – Itens que foram utilizados na confecção do material didático

Materiais:	Quantidade:
Biscuit Marfim	01 unidade
Biscuit Amarela	02 unidades
Biscuit Azul	02 unidades
Biscuit Verde	01 unidade
Biscuit Vermelha	01 unidade
Biscuit Roxo	01 unidade
Biscuit Marrom	01 unidade
Palito de dente	01 caixa
Palito de Sorvete de madeira	01 pacote
Tinta branca	01 unidade
Pincel E5 20	01 unidade
Tesoura Decorativa	01 unidade
Placa de Madeira 80cm x 50cm	01 unidade
Tecido de Suede 50cmx80cm	01 unidade
Alicate universal	01 unidade
Folha de EVA	01 unidade
Tubo de PVC (1,7 cm de diâmetro)	01 unidade
Régua (30 cm)	01 unidade
Estilete	01 unidade
Verniz em spray	01 unidade
Cola de artesanato TekBond	01 unidade
Cola Quente	01 unidade
Tubo de cola quente	01 unidade

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a montagem da estrutura de DNA e seu processo de replicação, foi utilizado biscoito da marca Acrilex (Figura 8) material atóxico, de fácil manuseio e com tempo de secagem de aproximadamente 48h.

Figura 8 – Biscuit



Fonte: Acervo do autor

Para a elaboração do protótipo foram selecionadas as seguintes cores: amarela para representar as bases nitrogenadas, azul para representar a pentose e a marfim para representar o grupo fosfato. Para a representação da duplicação do DNA foram utilizadas as cores: vermelha para representar a enzima Helicase, roxa para representar a enzima Primase, verde para representar a enzima Polimerase e a marrom para representar a enzima Topoisomerase.

Para moldar os itens foi necessária uma superfície plástica e lisa para que o material não grudasse, a qual foi utilizada uma peça de jogo americano de cozinha que foi fixada com durex na mesa (Figura 9).

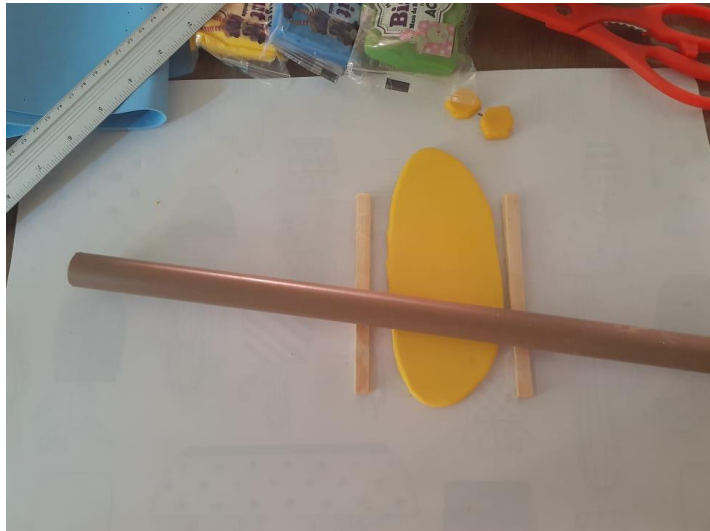
Figura 9 – Superfície plástica para modelagem do biscuit



Fonte: Acervo do autor

Com auxílio de um tubo de PVC o biscuit foi alisado e moldado, sobre um nível feito com dois palitos de sorvete e fixado com durex (Figura 10), para dar espessura padrão a todas as peças do protótipo (Figura 11).

Figura 10 – Materiais para modelagem do biscuit



Fonte: Acervo do autor

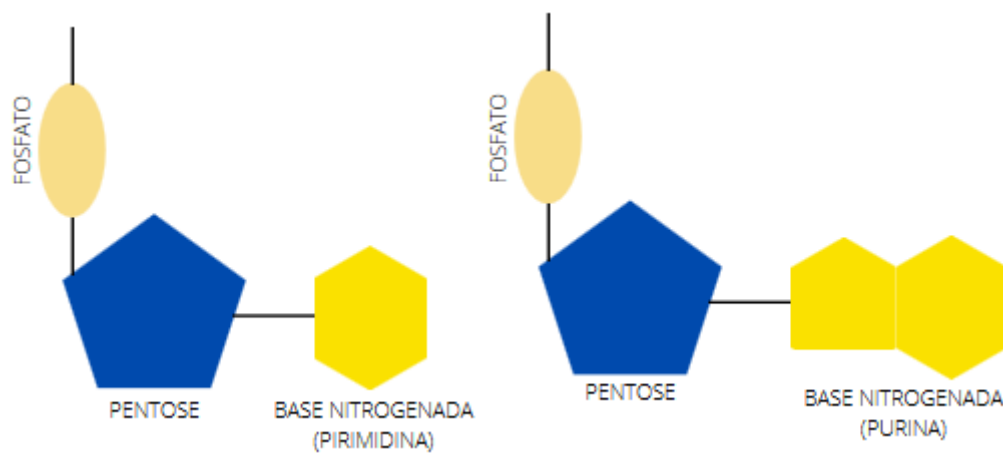
Figura 11 – Espessura padrão de todas as peças de biscuit



Fonte: Acervo do autor

Após a abertura da massa do biscuit, foram confeccionados moldes para cada peça a mão livre, para os nucleotídeos utilizou-se como base a imagem ilustrativa da Figura 12 abaixo:

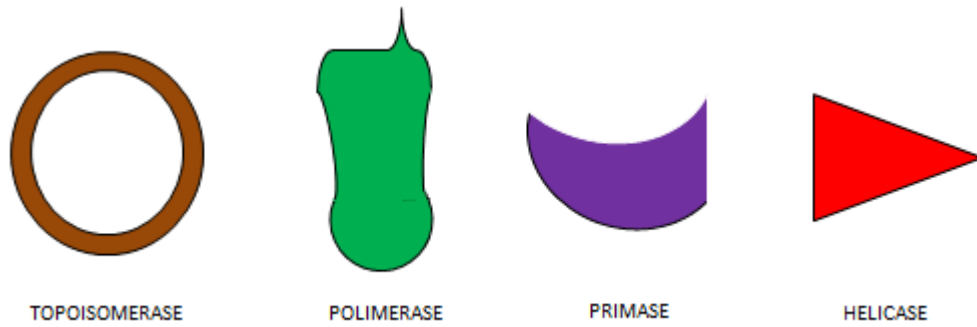
Figura 12 – Ilustração para moldes do biscuit



Fonte: Acervo do autor

Para as enzimas Topoisomerase, Polimerase, Primase e Helicase foi utilizada a representação da Figura 13 abaixo como modelo para confecção do molde de biscuit:

Figura 13 – Representação dos formatos das enzimas



Fonte: Acervo do autor

Com o auxílio de um estilete cada item foi cortado de acordo com seu molde (Figura 14).

Figura 14 – Corte dos moldes das estruturas do DNA



Fonte: Acervo do autor

Além do estilete, utilizou-se uma tesoura decorativa para acabamento na enzima Helicase (Figura 15).

Figura 15 – Acabamento da enzima Helicase



Fonte: Acervo do autor

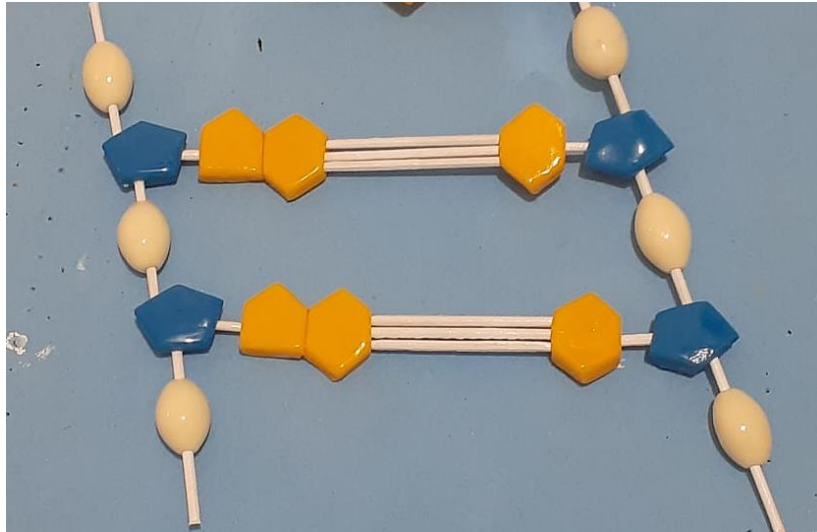
As ligações fosfodiéster entre fosfato e pentose, e as pontes de hidrogênio, foram representadas através de palitos de dente pintados de branco. Após a modelagem dos nucleotídeos foram inseridos os palitos de dente, e colocados sobre uma folha de EVA para secagem durante um período de aproximadamente 48h (Figura 16).

Figura 16 – Pintura dos palitos de dente e secagem do material



Fonte: Acervo do autor

Figura 17 – Representação dos formatos das estruturas do DNA



Fonte: Acervo do autor

Após a secagem dos componentes, utilizou-se cola de artesanato TekBond (Figura 18) nos palitos de dente para reforçar as junções que representam as pontes de hidrogênio e ligações fosfodiéster.

Figura 18 – Cola de artesanato TekBond



Fonte: Acervo do autor

O material recebeu duas camadas de verniz em spray, para dar brilho e durabilidade às peças (Figura 19).

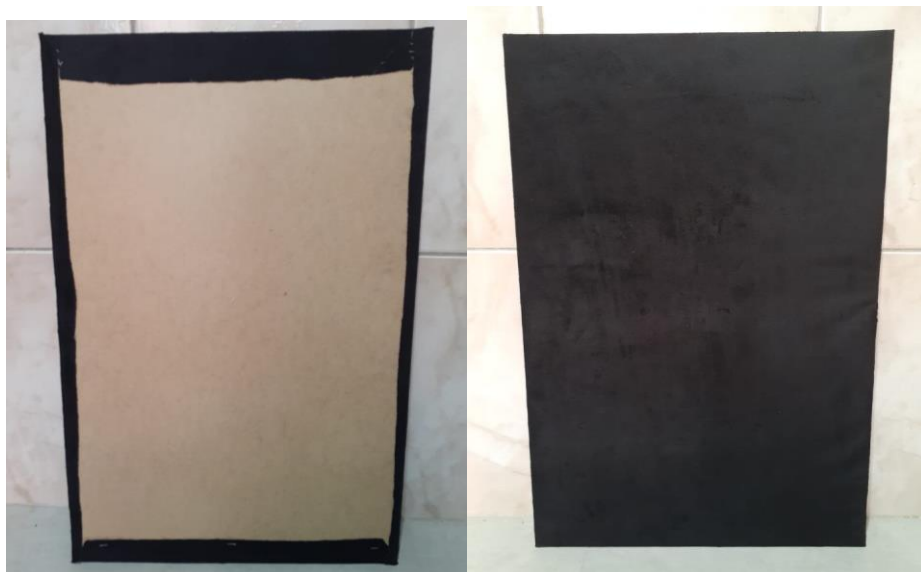
Figura 19 – Envernizando o protótipo



Fonte: Acervo do autor

Para a base do protótipo foi utilizada uma placa de madeira com as seguintes dimensões: 80 cm de comprimento, 50 cm de altura e 3 mm de espessura, revestida com tecido de suede preto colado com cola quente (Figura 20).

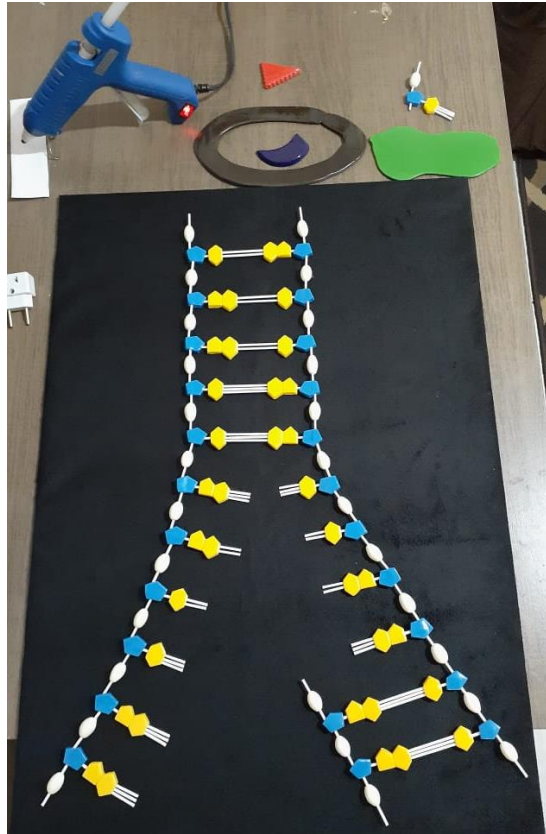
Figura 20 – Revestimento da placa de madeira



Fonte: Acervo do autor

Sobre a placa revestida, a forquilha de DNA e enzimas foram montadas seguindo o sentido 5' – 3' e fixadas com cola quente (Figura 21).

Figura 21 – Fixação da forquilha na placa de madeira



Fonte: Acervo do autor

Por fim, para a identificação do protótipo, foram adicionados título e legenda ambos impressos em papel sulfite A4 e plastificados (Figura 22 e Figura 23).

Figura 22 – Título da identificação da forquilha de DNA



Fonte: Acervo do autor

Figura 23 – Legenda do protótipo

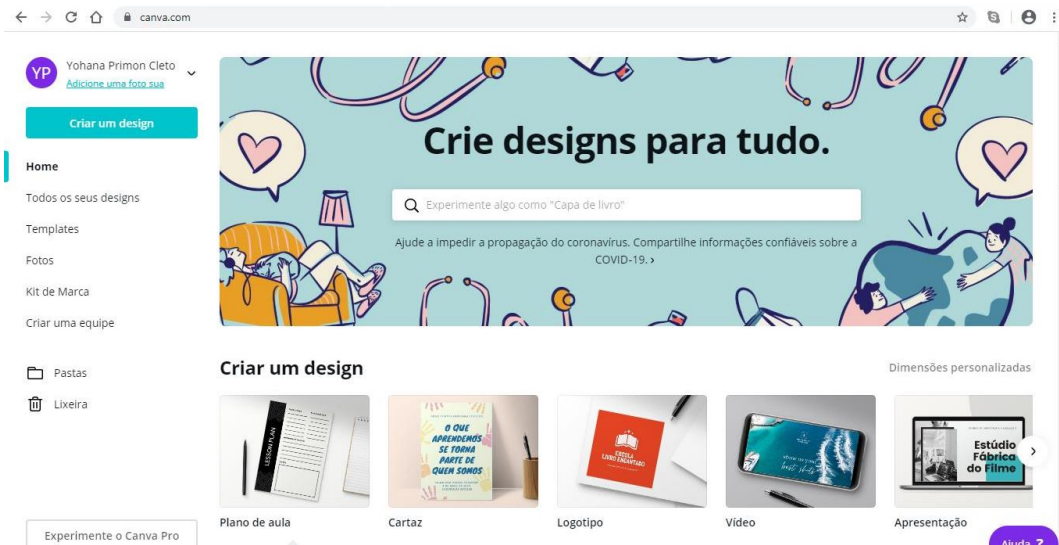


Fonte: Acervo do autor

4.3 Manual do professor

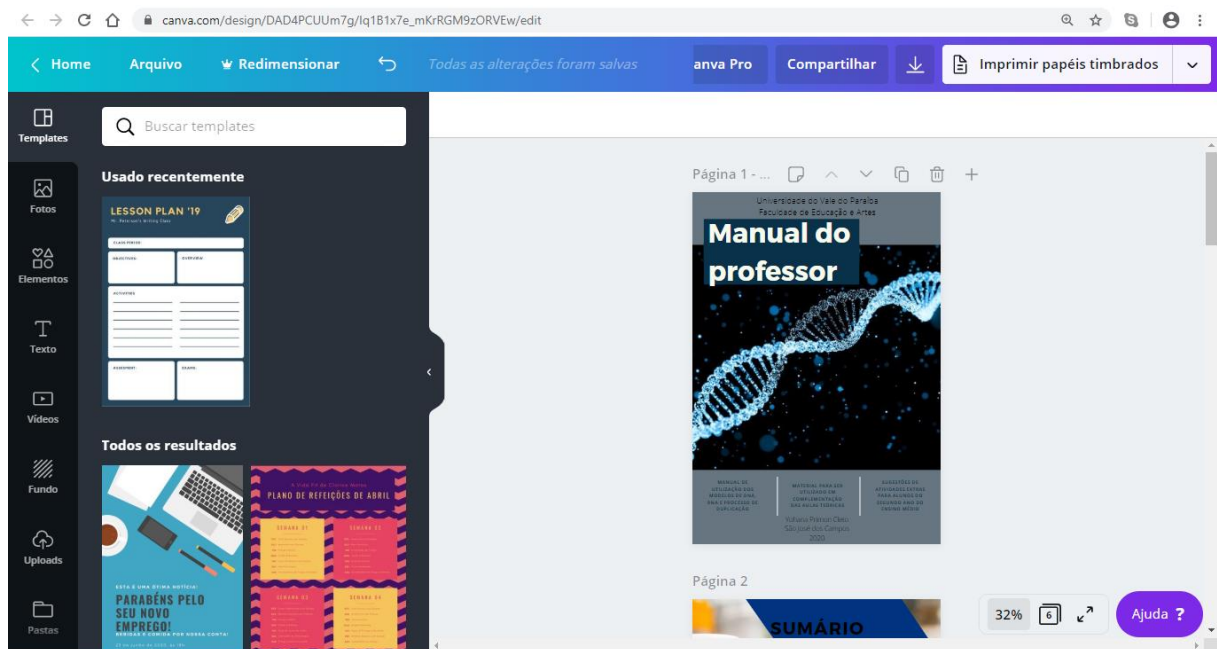
O manual de auxílio aos docentes foi elaborado através do site CANVA (Figura 24 e Figura 25) um serviço online para montagem de designs gráficos (<https://www.canva.com/q/pro-signup/>), e também por meio do site PINTEREST (Figura 26) uma rede de compartilhamento de fotos (<https://br.pinterest.com/>), da qual foram retiradas as ilustrações de fundo e demais imagens que compõem o trabalho.

Figura 24 – Página inicial do site Canva



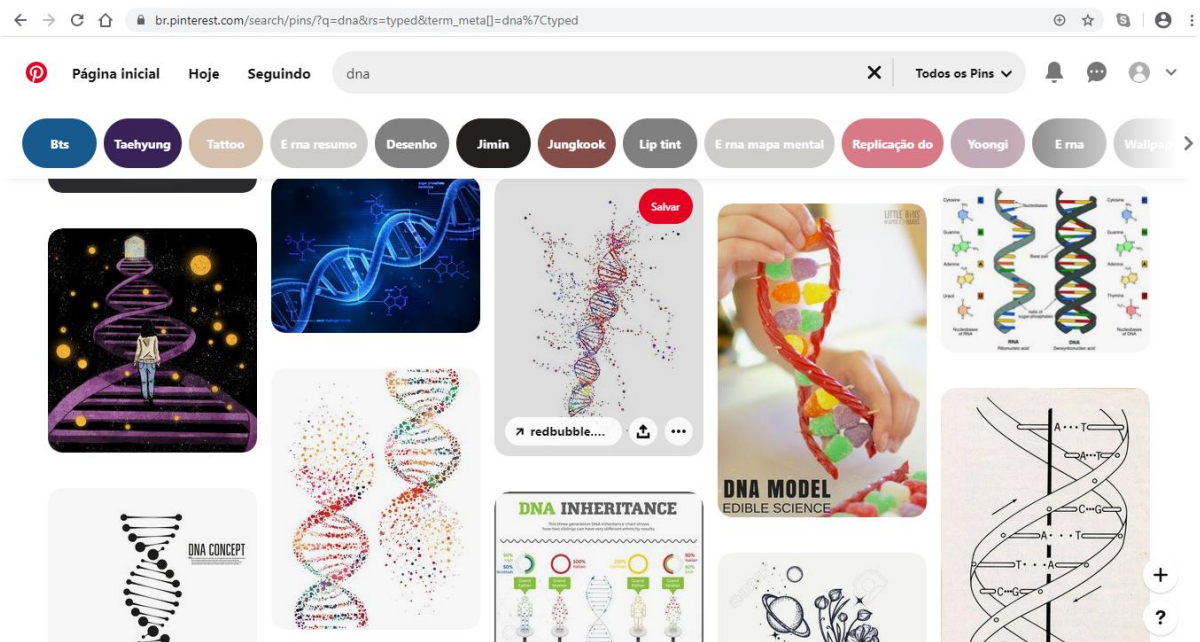
Fonte: <https://www.canva.com/>
Acesso em: 27 mar. 2020

Figura 25 – Página de criação do site Canva



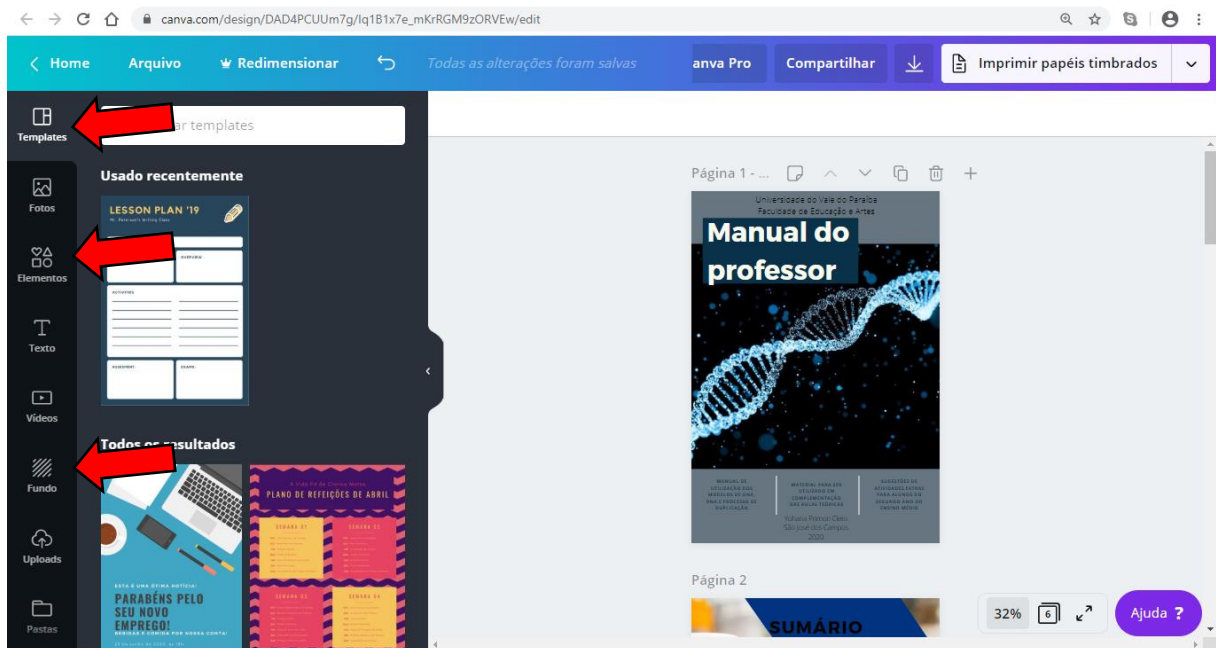
Fonte: Acervo do autor

Figura 26 – Página inicial do site Pinterest



Fonte: <https://br.pinterest.com/>
Acesso em: 30 mar. 2020

A orientação da página do manual é em retrato. O design de fundo, cores e elementos de desenho empregados em cada página, estão disponíveis nas abas “*Template*”, “*Fundo*” e “*Elementos*” respectivamente no site (Figura 27).

Figura 27 – Abas de *Templates*, *Elementos* e *Fundos* utilizados

Fonte: Acervo do autor

Na capa, os subtítulos, nome da instituição, autora, cidade e data, foram feitos na fonte *Open Sans Light* e tamanho 16, com exceção dos subtítulos que estão em tamanho 11. O título “Manual do professor” está na cor branca e tamanho 64.

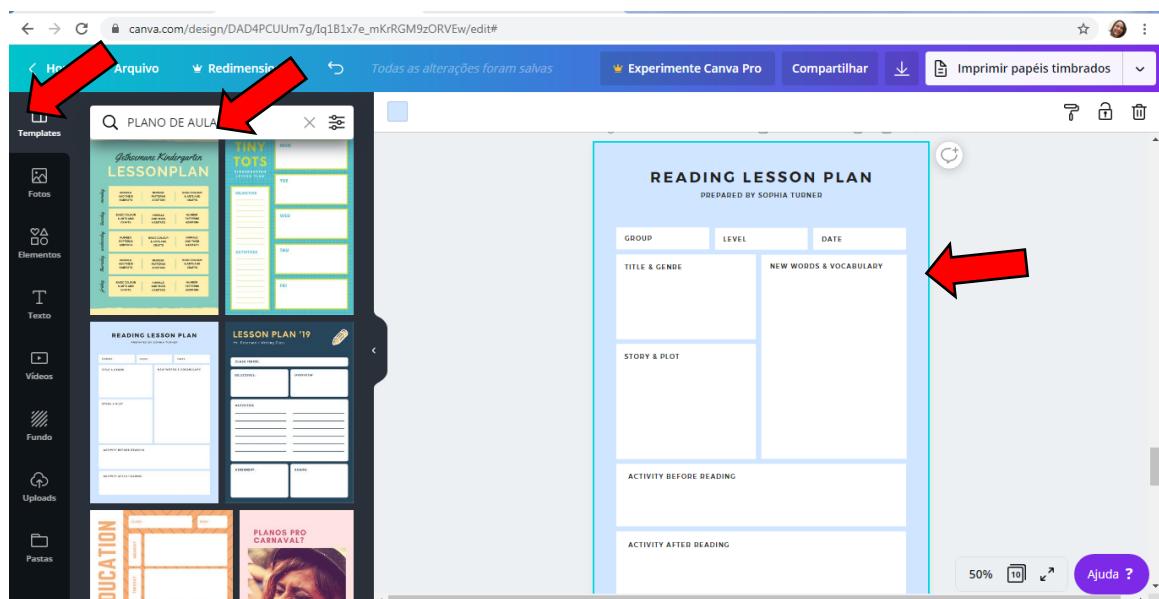
O documento contém um sumário, uma folha de apresentação com informações para o professor sobre o que será encontrado no Manual, uma Introdução e sugestões de metodologias para serem abordadas em sala de aula. Todas essas páginas contêm os títulos na fonte *Montserrat Classic*, negrito e em caixa alta, variando apenas as cores de acordo com o fundo escolhido para contraste. Para os demais textos foi utilizada a fonte *Open Sans Light* em tamanho 21 e formatados em justificado.

4.3.1 Folhas de atividades e curiosidades do Manual do Professor

As páginas de atividades e curiosidades foram desenvolvidas com cores, imagens e elementos diferenciados, para que representassem um momento lúdico e de diversão entre aluno e professor.

A primeira atividade prática foi descrita como “DNA COMESTÍVEL”, inicialmente foi escolhido um *template*, ou seja, um fundo inicial para ser descrita a aula prática, digitando no campo de busca “Plano de Aula” na aba de *Templates* no site CANVA (Figura 28).

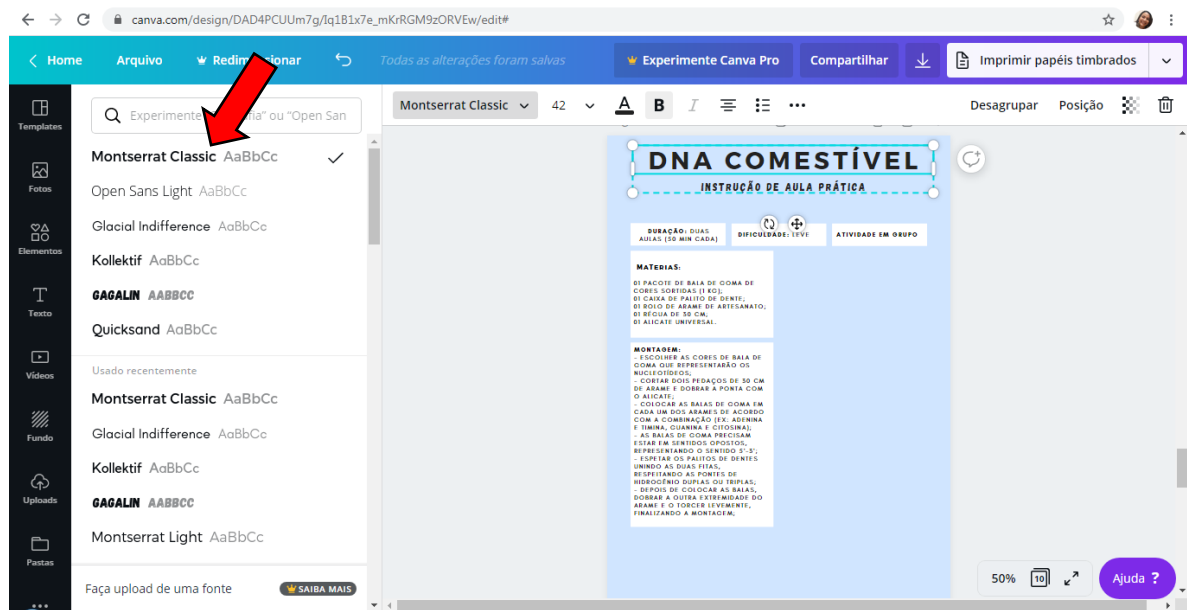
Figura 28 – Aba de templates



Fonte: Acervo do autor

Depois de escolhido o fundo, foram descritas as informações referentes à atividade prática, escolhendo as fontes, sendo o título em *Montserrat Classic*, em negrito e caixa alta e o texto geral em *Glacial Indifference* e tamanho 11. Tanto o título como o texto estão na cor preta (Figura 29). A fonte *Gagalin* também foi empregada com o intuito de chamar atenção do professor em lembretes e/ou informações importantes.

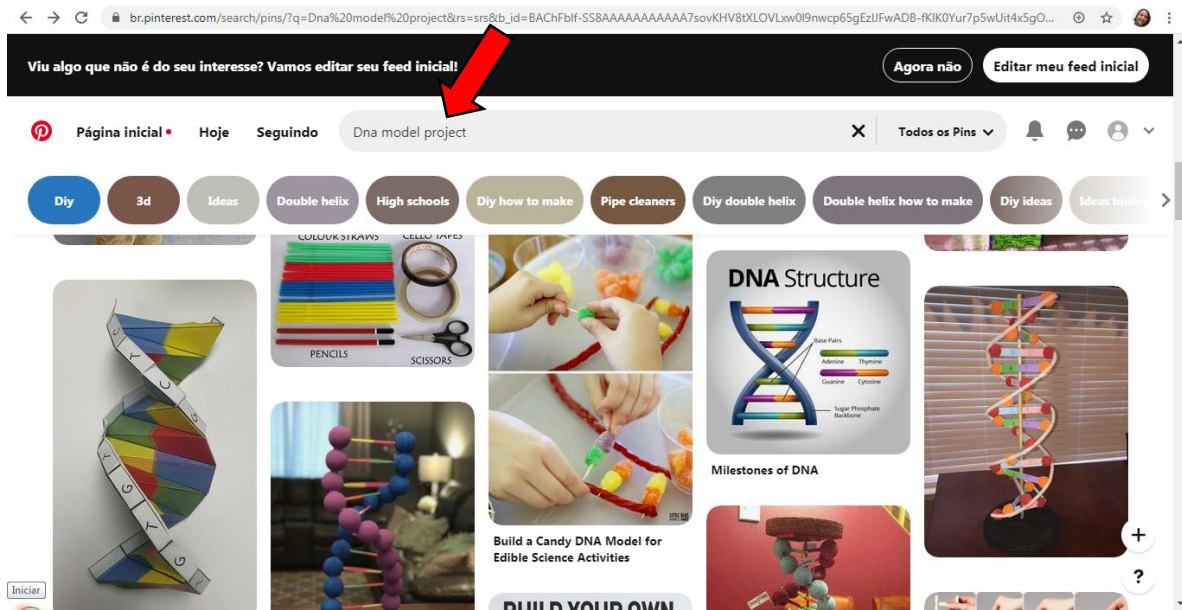
Figura 29 – Fontes



Fonte: Acervo do autor

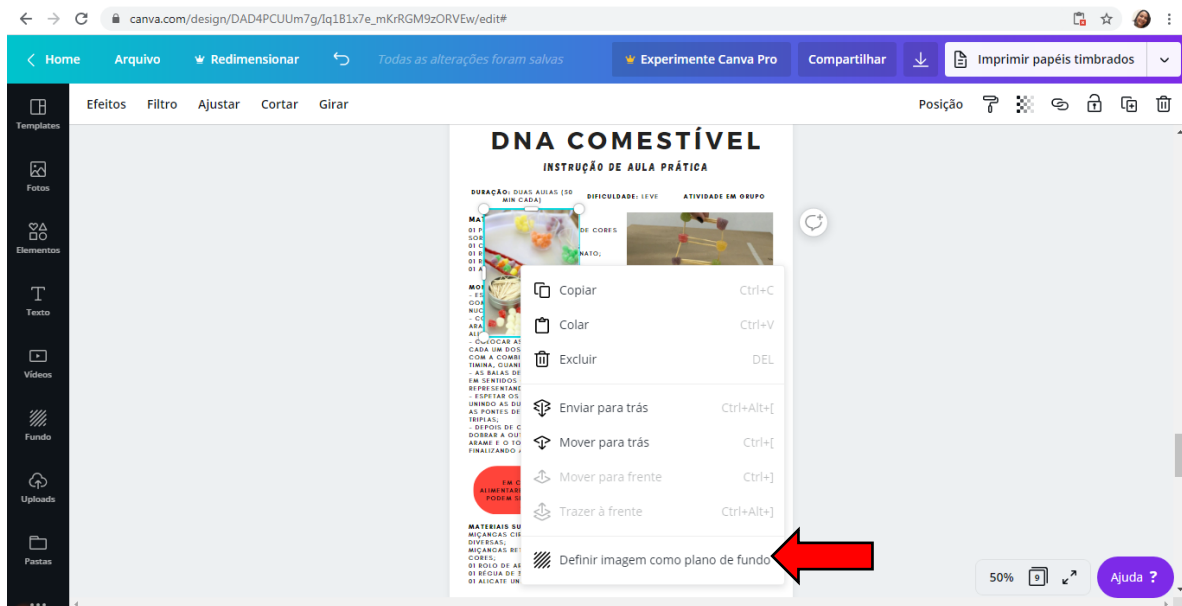
Posteriormente foram inseridas imagens do site PINTEREST, realizando uma busca por “DNA model Project” (Figura 30) para que fosse possível a ilustração de como seria executada a aula e também para definição do plano de fundo desta página de atividade (Figura 31).

Figura 30 – Busca de imagens site Pinterest



Fonte: Acervo do autor

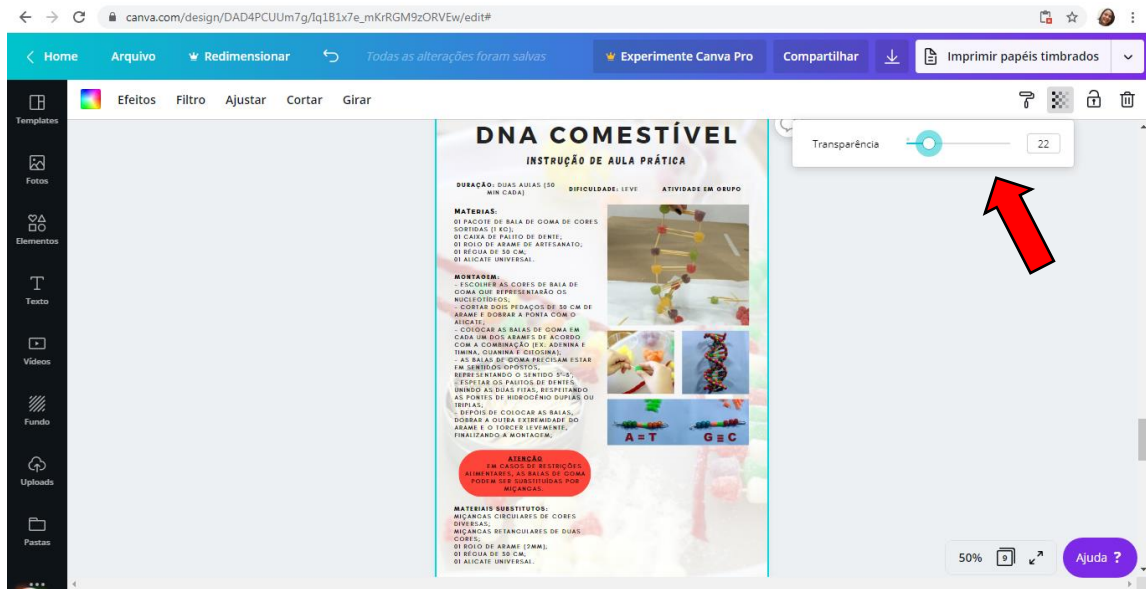
Figura 31 – Inserção de imagens



Fonte: Acervo do autor

Após a inserção da imagem como fundo, a ferramenta de “transparência” foi aplicada na mesma para reduzir as cores e contrastes, permitindo a leitura do texto descrito (Figura 32).

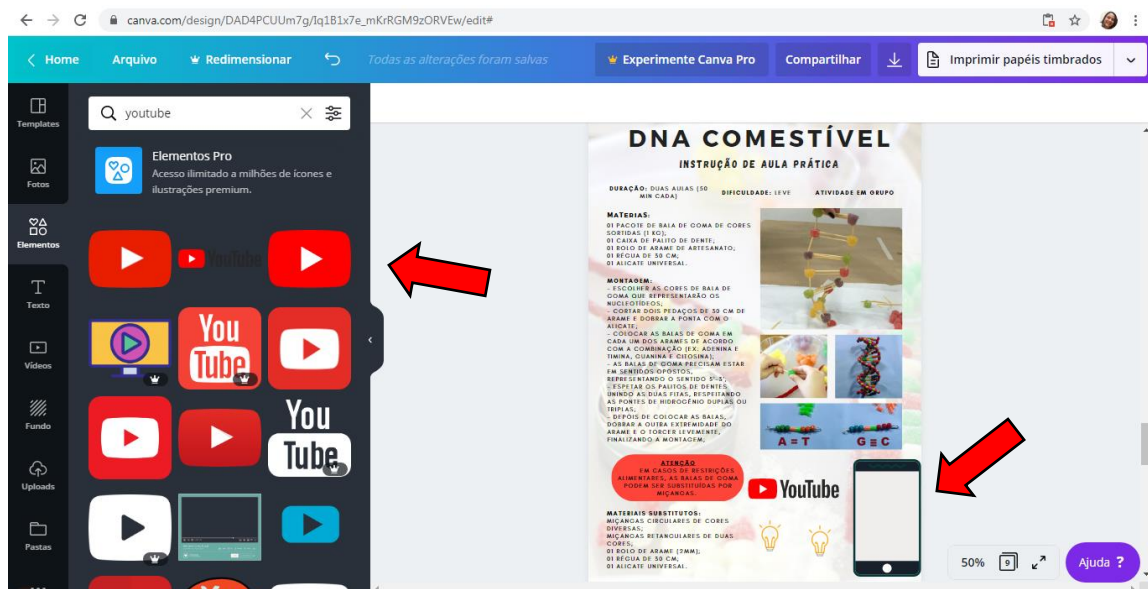
Figura 32 – Ferramenta de transparência de imagem



Fonte: Acervo do autor

Para finalizar, foram inseridos elementos ilustrativos, encontrados na aba “Elementos” do site, permitindo interação com professor para tópicos importantes (Figura 33).

Figura 33 – Elementos de ilustração



Fonte: Acervo do autor

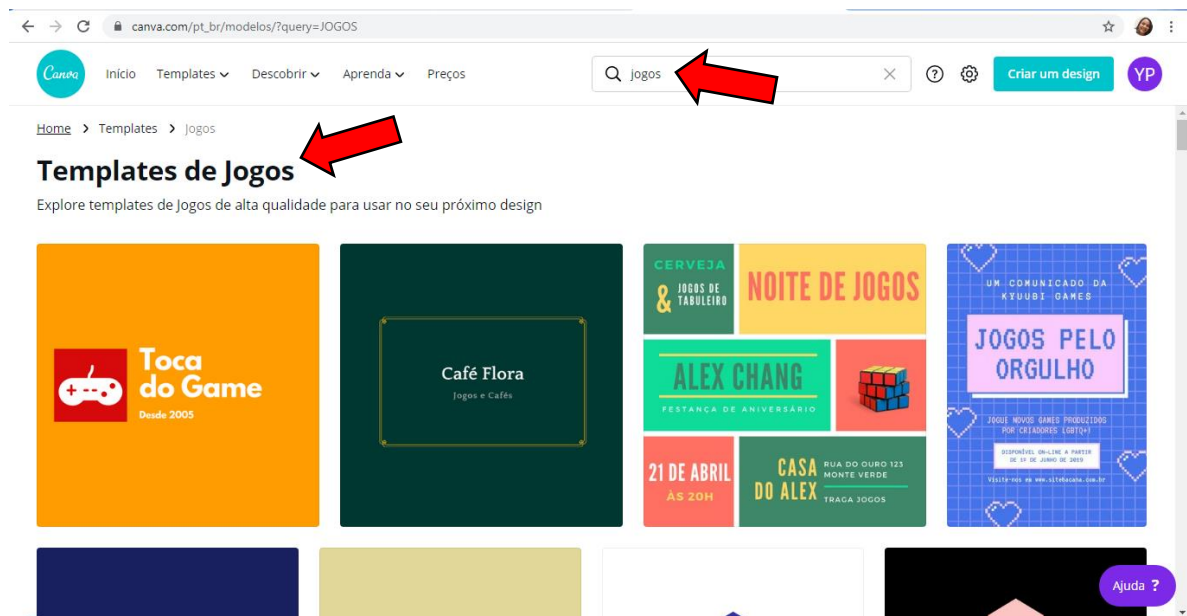
As demais folhas de atividades, folhas de curiosidades e de utilização do protótipo foram elaboradas da mesma forma da primeira atividade, com as mesmas fontes e seus respectivos tamanhos, diferenciando apenas nas imagens, elementos e cores.

4.3.2 Confeção do Jogo de Cartas – Atividade 2

Na segunda atividade proposta dentro do Manual, foram confeccionadas dezesseis cartas no site CANVA (<https://www.canva.com/q/pro-signup/>) contendo figuras ilustrativas das estruturas de DNA e RNA e de enzimas que estão envolvidas nos processos de replicação, tais como, enzimas polimerase, helicase, topoisomerase, etc.

Inicialmente foi selecionado um *Template* como base para o fundo das cartas digitando no campo de buscas do site CANVA a palavra “jogos” (Figura 34).

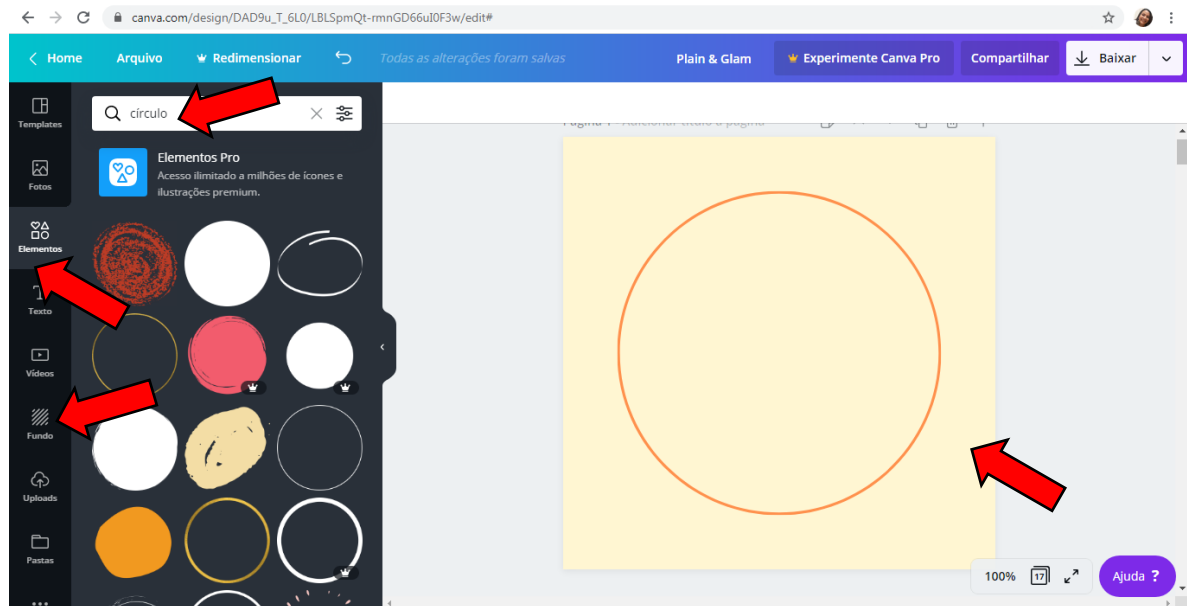
Figura 34 – *Templates* para confecção das cartas



Fonte: Acervo do autor

Após a seleção, a cor de fundo foi substituída para amarelo claro, na aba “Fundo” do site e inserido um elemento de desenho em formato circular de cor laranja, por meio da aba “Elementos” (Figura 35), no qual posteriormente foram colocados os desenhos das estruturas.

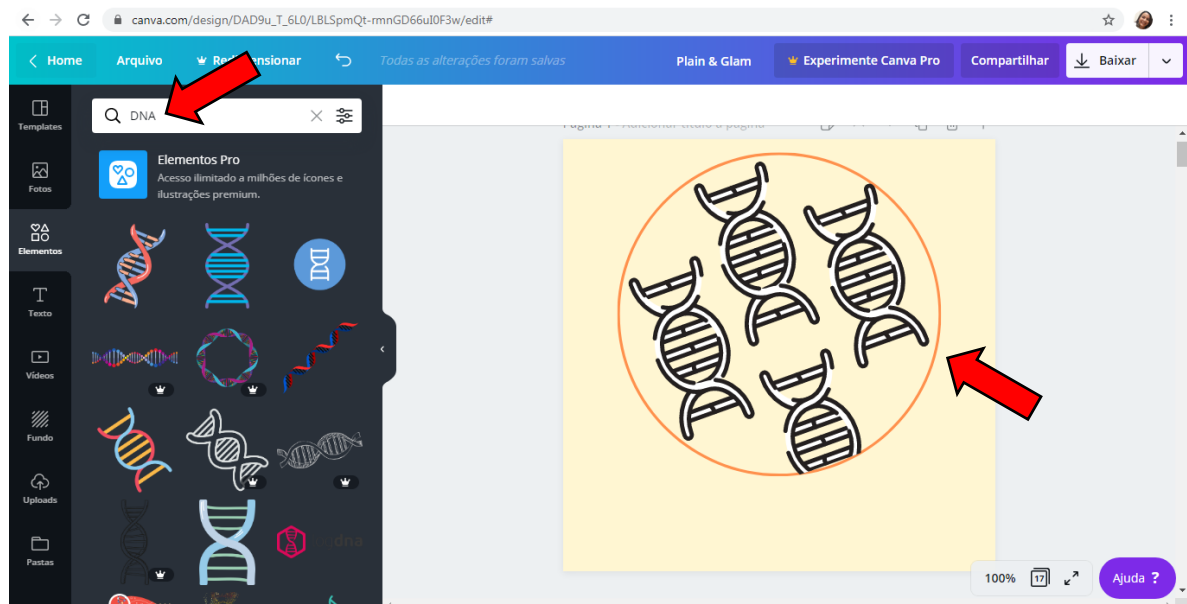
Figura 35 – Alteração de cor de Fundo e inserção de elemento



Fonte: Acervo do autor

As cartas foram produzidas em dezesseis tipos diferentes de imagens que foram determinadas de acordo com o que será apresentado aos alunos em sala de aula. E para a elaboração das mesmas empregou-se os elementos disponibilizados no site através da aba “Elementos” digitando na busca o desenho desejado (Figura 36).

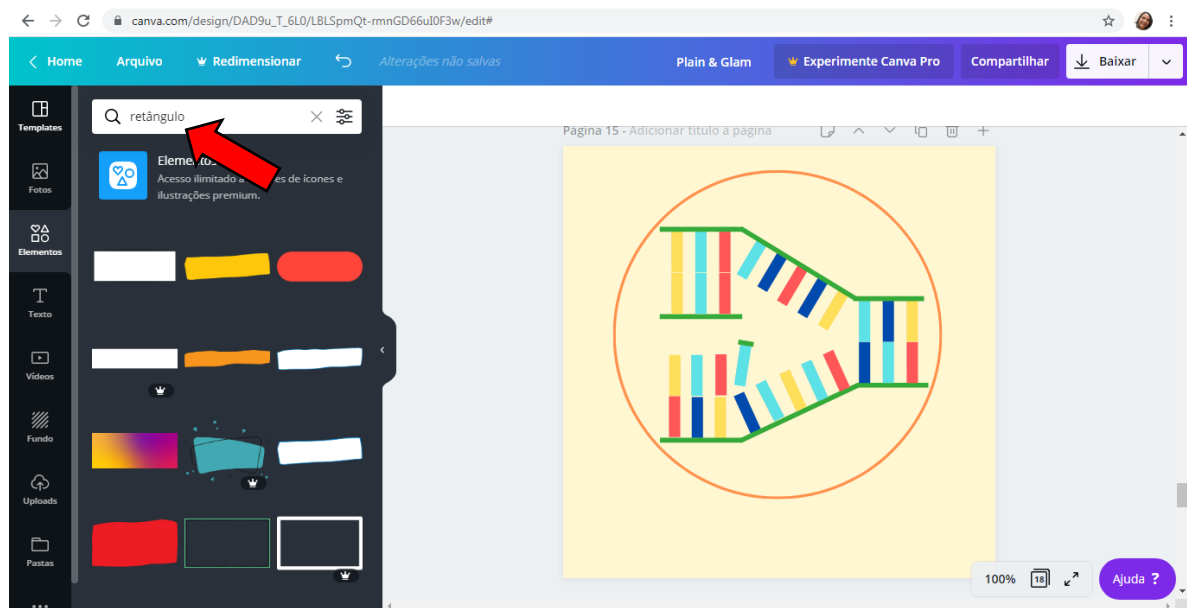
Figura 36 – Inserção de elementos do desenho pronto



Fonte: Acervo do autor

A maioria das figuras não estavam prontas no site, sendo necessária a utilização de diferentes formas geométricas para compor a ilustração. As formas foram trabalhadas conforme necessidade, por exemplo, cortadas, alteradas de cor, espessura ou unindo duas formas para a formação de uma figura. A Figura 37 representa a montagem de uma forquilha utilizando a forma geométrica “retângulo” em diferentes tamanhos, cores e espessuras.

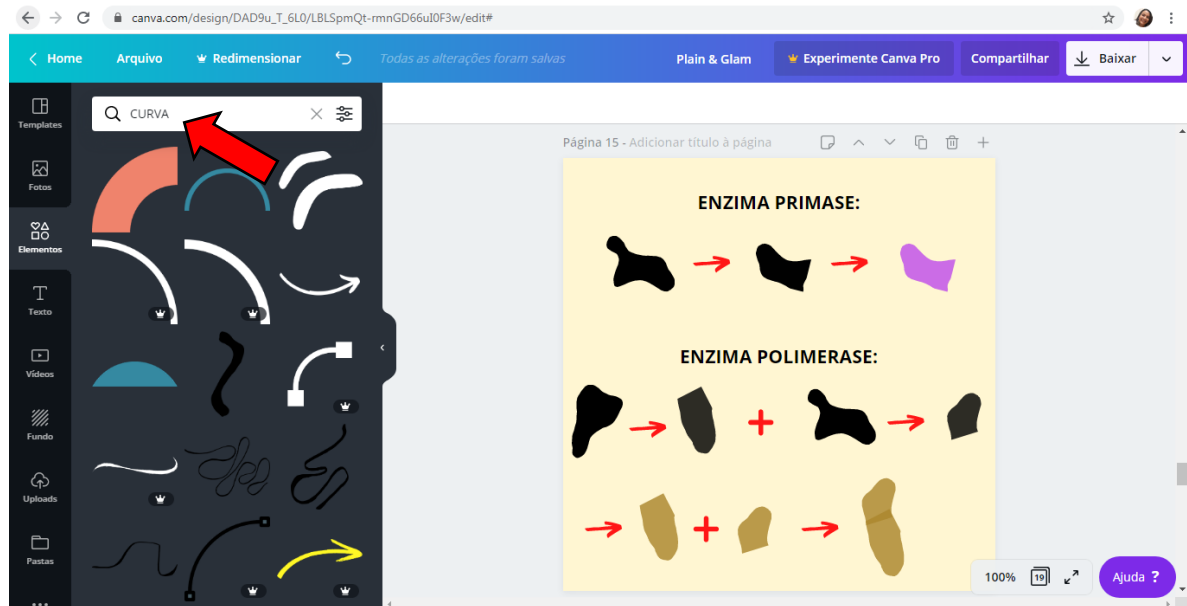
Figura 37 – Montagem da forquilha por meio de formas geométricas em retângulo



Fonte: Acervo do autor

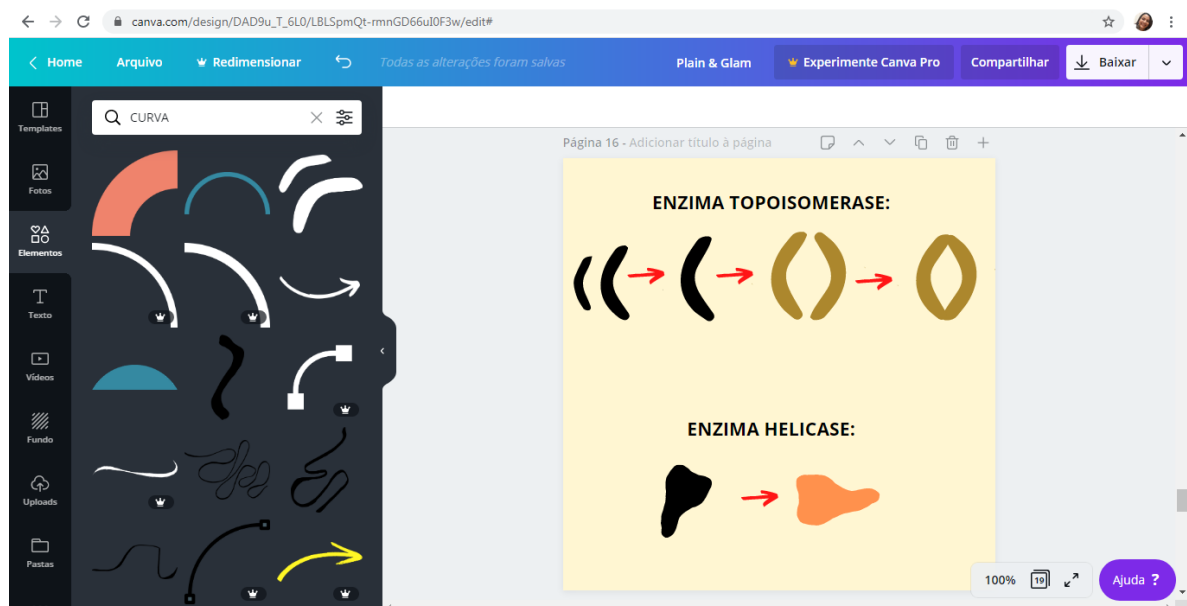
Para a confecção das enzimas foram utilizadas as formas classificadas como “curva”, sendo as enzimas Topoisomerase e Polimerase produzidas pela junção de duas curvas, e as enzimas Helicase e Primase, por meio de uma forma já existente, sendo alteradas apenas cores e tamanhos (Figura 38 e Figura 39).

Figura 38 – Elaboração das enzimas Primase e Polimerase



Fonte: Acervo do autor

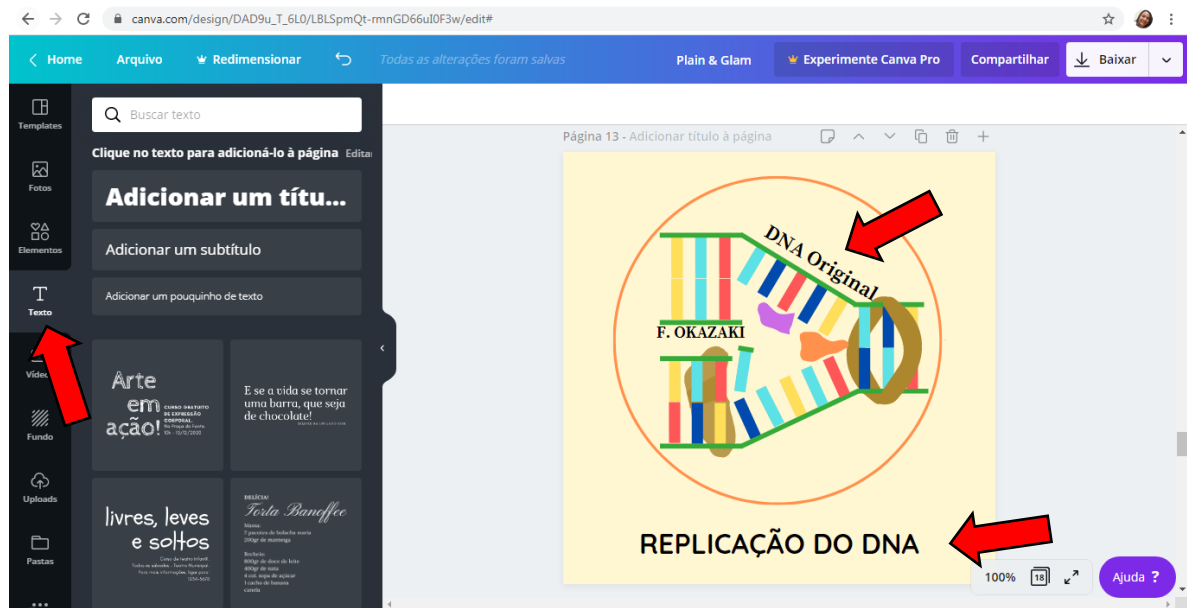
Figura 39 – Elaboração das enzimas Topoisomerase e Helicase



Fonte: Acervo do autor

Os nomes correspondentes de cada imagem foram adicionados por meio da aba “Texto” do site, inseridos abaixo de cada ilustração em tamanho 24, na fonte *Quicksand* em negrito, e algumas imagens possuem descrições de estruturas que compõem a figura na fonte *Source Serif Pro*, nos tamanhos variados entre 12 a 18 de acordo com o espaço para inseri-las (Figura 40).

Figura 40 – Inserção de texto nas cartas



Fonte: Acervo do autor

A impressão do jogo foi feita colorida em papel sulfite A4 e plastificada, para maior durabilidade das peças.

5. RESULTADOS

Neste trabalho foi elaborado um protótipo físico de uma forquilha de DNA, representando o processo de duplicação, para melhor assimilação do conteúdo teórico. Também foi desenvolvido um manual do professor composto de sugestões de abordagens práticas, e atividades complementares que poderão ser utilizadas como atividades avaliativas.

5.1 Protótipo

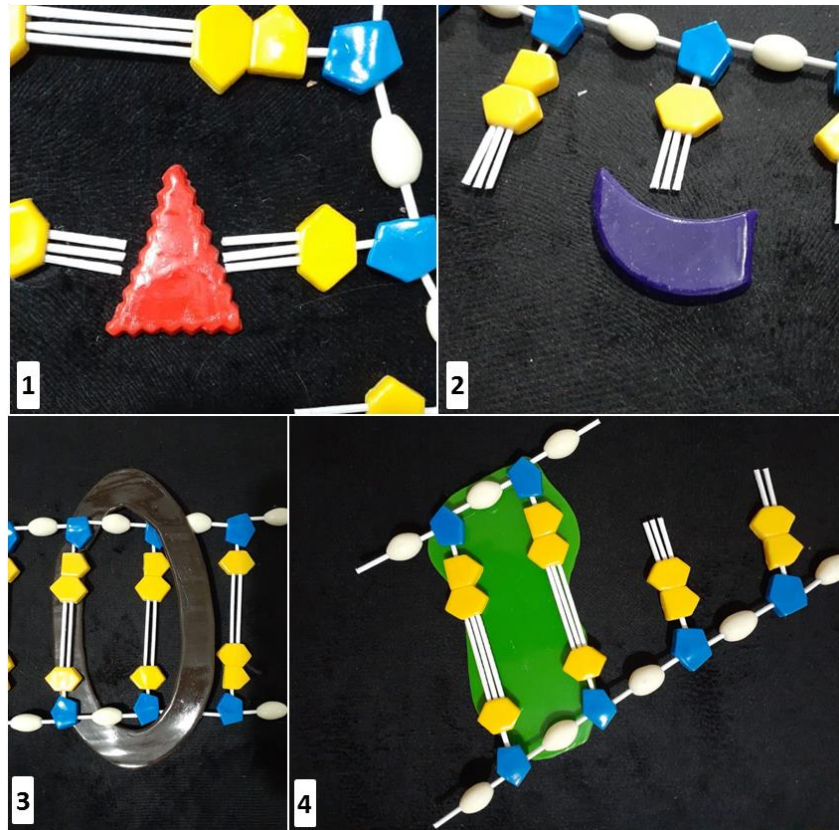
Foi desenvolvida uma forquilha de replicação que representa a duplicação do DNA, composta por:

- Nucleotídeos com suas respectivas pontes de hidrogênio duplas ou triplas, cada uma das fitas estão em sentidos opostos para demonstrar as fitas antiparalelas;
- A enzima Topoisomerase, em marrom, que vai a frente da forquilha realizando cortes temporários, evitando o enrolamento excessivo da molécula de DNA;
- A enzima Helicase, em vermelha, quebrando as pontes de hidrogênio;
- A enzima Primase, em roxo, sintetizando um primer de RNA complementar a fita de DNA;
- A enzima Polimerase, em verde, realizando a síntese do DNA, adicionado nucleotídeos a fita complementar.

A legenda localizada no canto inferior direito da maquete facilita o entendimento dos alunos para compreender cada item. E as peças coloridas e envernizadas auxiliam o material a se tornar mais atrativo, a diferenciar cada componente, além de manter maior durabilidade ao material.

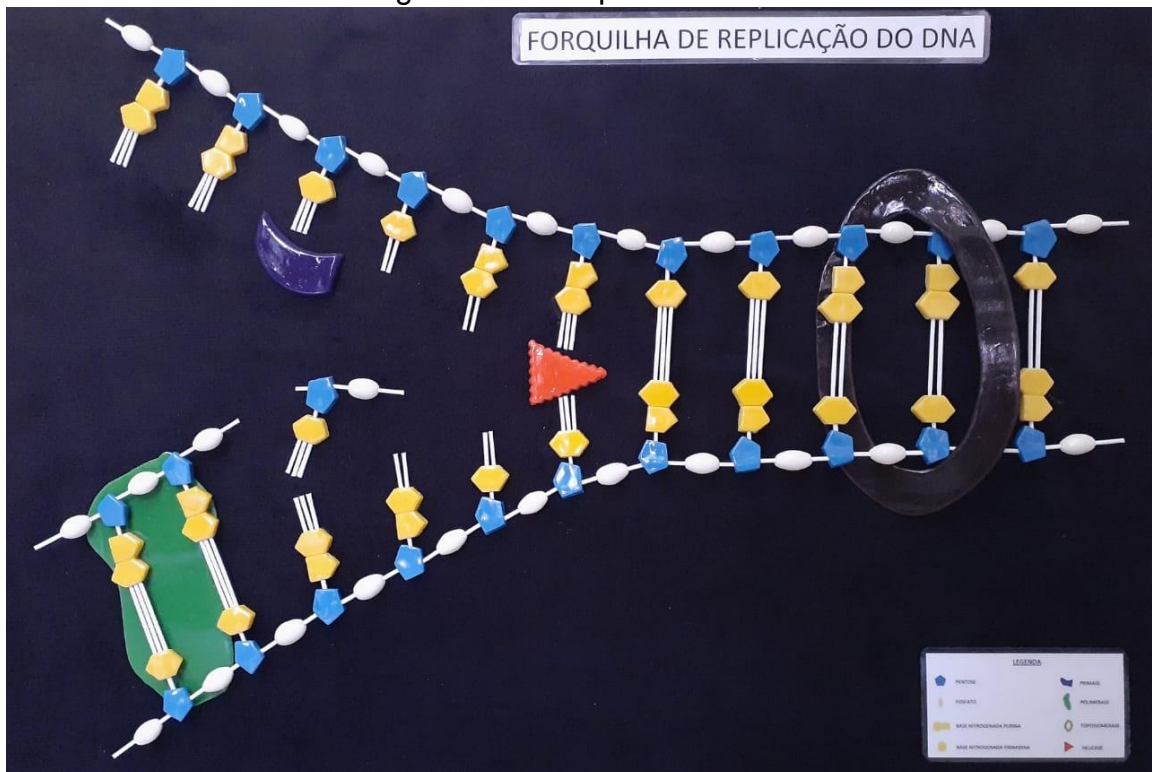
Na figura 41 abaixo estão as imagens das enzimas Helicase (1), Primase(2), Topoisomerase (3) e Polimerase (4). E na Figura 42 a forquilha de DNA completa.

Figura 41 – Enzimas do processo de duplicação



Fonte: Acervo do autor

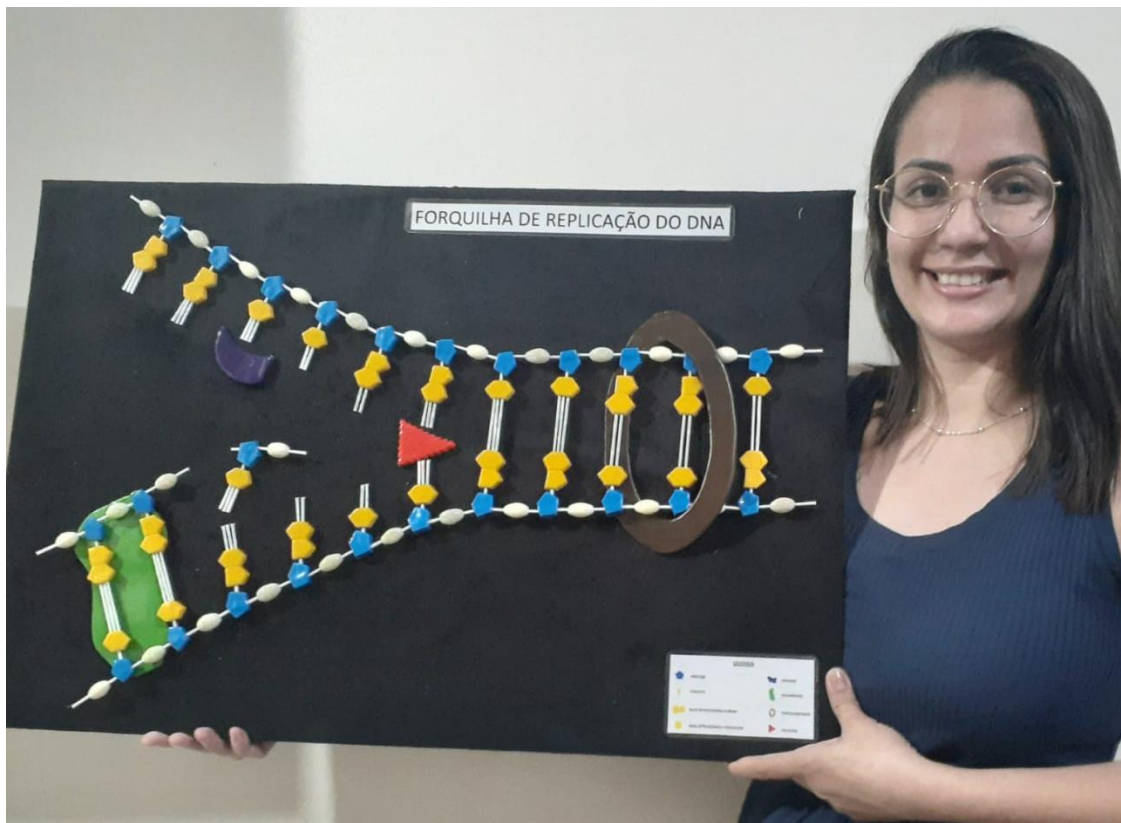
Figura 42 – Forquilha de DNA



Fonte: Acervo do autor

O tamanho e peso da maquete são adequados tanto para visualização dos estudantes, como também para o professor transportar com facilidade ou segura-la durante as explicações teóricas (Figura 43).

Figura 43 – Tamanho da forquilha de DNA



Fonte: Acervo do autor

O material pode ser utilizado nas aulas teóricas conforme mencionado, nas aulas práticas, aplicado em interações com os alunos, ou ser fixado em ponto chave do laboratório com visibilidade para os discentes.

5.2 Manual do Professor

Inicialmente o Manual é apresentado por meio da sua capa que traz os conteúdos que serão apresentados no mesmo (Figura 44).

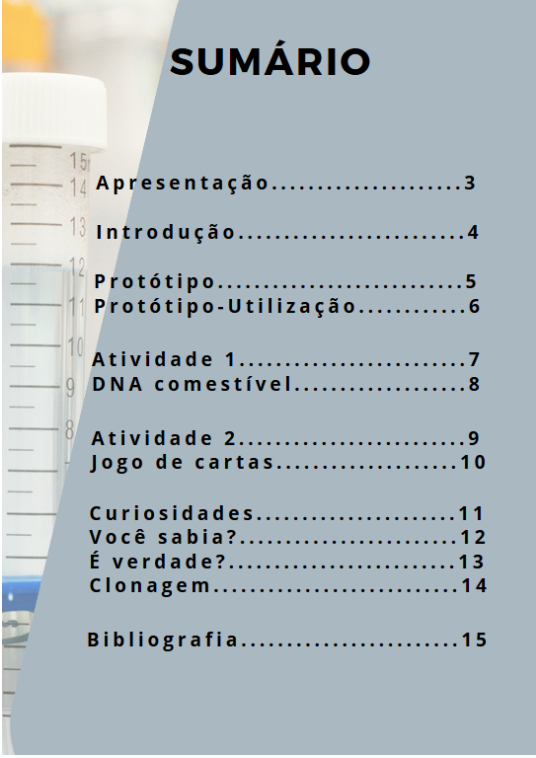
Figura 44 – Capa do Manual do Professor



Fonte: Acervo do autor

O Sumário está logo após a capa, norteando o professor onde encontrar os conteúdos em suas respectivas páginas (Figura 45).

Figura 45 – Sumário do manual



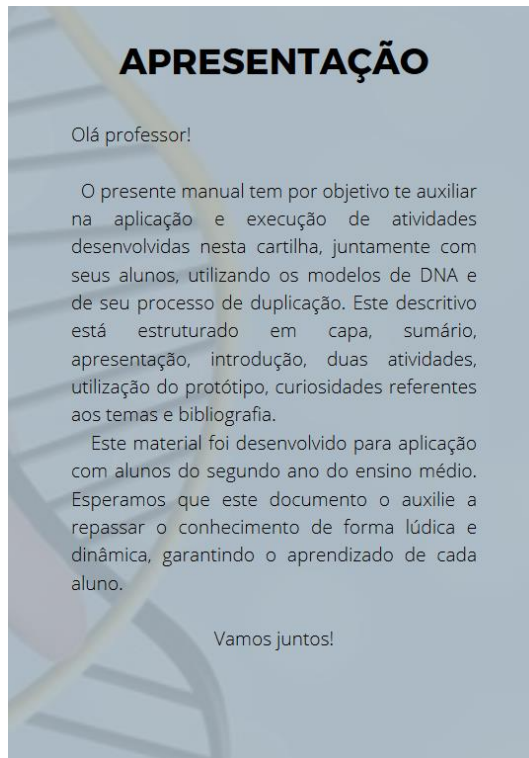
SUMÁRIO

15	Apresentação.....	3
14	Introdução.....	4
13	Protótipo.....	5
12	Protótipo-Utilização.....	6
11	Atividade 1.....	7
10	DNA comestível.....	8
9	Atividade 2.....	9
8	Jogo de cartas.....	10
	Curiosidades.....	11
	Você sabia?.....	12
	É verdade?.....	13
	Clonagem.....	14
	Bibliografia.....	15

Fonte: Acervo do autor

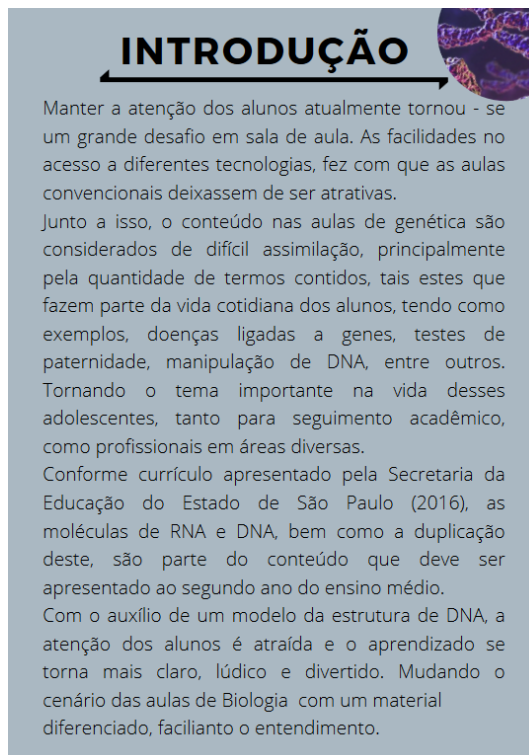
As folhas de apresentação e introdução tem o intuito de deixar o professor mais familiarizado com o material, apresentando a proposta e contextualizando os motivos pelos quais atividades lúdicas e diferenciadas, podem proporcionar um ambiente divertido e que transmita o conhecimento (Figura 46 e Figura 47).

Figura 46 – Folha de Apresentação do manual



Fonte: Acervo do autor

Figura 47 – Folha de Introdução do manual



Fonte: Acervo do autor

5.2.1 Folha de utilização do protótipo

Para acompanhar o protótipo desenvolvido foi criada uma página com várias sugestões de utilização da maquete, seja na aula teórica, prática, aplicada pelo professor exclusivamente, bem como com a interação direta dos alunos (Figura 48).

Figura 48 – Folha de utilização do protótipo



Fonte: Acervo do autor

5.2.2 Atividade prática 1 – DNA comestível

A primeira atividade que será proposta aos alunos, consistirá na montagem de uma fita dupla de DNA com materiais comestíveis, especificamente balas de goma. Para alunos com restrições alimentares, o protótipo pode ser feito em miçangas, nesta folha do manual há um link de indicação de vídeo no *Youtube* com ideias de protótipos feitos com miçangas e outros materiais diversos para trazer criatividade ao professor (Figura 49).

Figura 49 – Atividade 1

ATIVIDADE 1

CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE DNA COM BALA DE GOMA

DNA COMESTÍVEL

INSTRUÇÃO DE AULA PRÁTICA

DURAÇÃO: DUAS AULAS (50 MIN CADA) **DIFICULDADE:** LEVE **ATIVIDADE EM GRUPO**

MATERIAS:
 01 PACOTE DE BALA DE GOMA DE CORES SORTIDAS (1 KG);
 01 CAIXA DE PALITO DE DENTE;
 01 ROLO DE ARAME DE ARTESANATO;
 01 RÉGUA DE 30 CM;
 01 ALICATE UNIVERSAL.

MONTAGEM:
 - ESCOLHER AS CORES DE BALA DE GOMA QUE REPRESENTARÃO OS NUCLEOTÍDEOS;
 - CORTAR DOIS PEDAÇOS DE 30 CM DE ARAME E DOBRAR A PONTA COM O ALICATE;
 - COLOCAR AS BALAS DE GOMA EM CADA UM DOS ARAMES DE ACORDO COM A COMBINAÇÃO (EX: ADENINA E TIMINA, GUANINA E CITOSINA);
 - AS BALAS DE GOMA PRECISAM ESTAR EM SENTIDOS OPÓSTOS, REPRESENTANDO O SENTIDO 5'-3';
 - ESPERAR OS PALITOS DE DENTES UNINDO AS DUAS FITAS, RESPEITANDO AS PONTES DE HIDROGÊNIO DUPLAS OU TRÍPLAS;
 - DEPOIS DE COLOCAR AS BALAS, DOBRAR A OUTRA EXTREMIDADE DO ARAME E O TORCER LEVEMENTE, FINALIZANDO A MONTAGEM.

ATENÇÃO
 EM CASOS DE RESTRIÇÕES ALIMENTARES, AS BALAS DE GOMA PODEM SER SUBSTITUÍDAS POR MIÇANGAS.

MATERIAS SUBSTITUTOS:
 MIÇANGAS CIRCULARES DE CORES DIVERSAS;
 MIÇANGAS RETANGULARES DE DUAS CORES;
 01 ROLO DE ARAME (2MM);
 01 RÉGUA DE 30 CM;
 01 ALICATE UNIVERSAL.

PARA MAIS IDEIAS DE DNAs COM VARIADOS MATERIAIS, ACESSE ESSE LINK [YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=A8igTVLIVk4)

3 Easy DNA MODEL PROJECT Ideas | Science Exhibition Models
<https://www.youtube.com/watch?v=A8igTVLIVk4>

Fonte: Acervo do autor

5.2.2.1 Desenvolvimento da atividade

Recomenda-se que essa atividade seja aplicada após aula teórica e prática, para que os alunos tenham embasamento sobre o processo de duplicação e as enzimas envolvidas no mesmo.

A turma deverá ser dividida em grupos de até 4 alunos e o ideal é que sejam utilizadas duas aulas de 50 min cada para a execução da dinâmica. Os grupos devem trazer um pacote de balas de goma de cores sortidas, pois estas representarão os nucleotídeos, também serão necessários palitos de dente que farão as pontes de hidrogênio e arame de artesanato para compor as fitas de DNA.

Aos alunos com restrições alimentares a montagem pode ser feita com miçangas circulares de cores diversas em substituição das balas de goma, e miçangas retangulares em substituição dos palitos de dente que representam as pontes de hidrogênio.

Essa atividade tem como finalidade o conhecimento do aluno de forma lúdica, permitindo que ele monte a estrutura de acordo com seu conhecimento e interagindo com a mesma.

Juntamente com esta prática, um relatório deverá ser entregue ao professor como forma de avaliação. Neste documento os alunos responderão questões relacionadas ao DNA e sua replicação, bem como desenhar estruturas do mesmo, como a base nitrogenada, a pentose e as enzimas envolvidas no processo de replicação.

5.2.3 Atividade prática 2 – Jogo de cartas

A segunda atividade no Manual do professor consiste em uma competição que será realizada na sala de aula, um jogo de cartas onde os alunos adivinharão as estruturas de DNA e as estruturas envolvidas no processo de replicação.


5.2.3.1 Regras do jogo

O professor possuirá uma página no manual com o desenvolvimento da atividade (Figura 50), a turma será dividida na metade, sendo duas equipes e serão entregues oito cartas com imagens referentes às estruturas de DNA e elementos que compõem seu processo de replicação (Figura 51 e Figura 52) aos representantes de cada grupo.

A ideia é que os representantes escolham uma carta por vez e não as revelem para o oponente. Os alunos devem dizer até três relações que aquela estrutura realiza sem revelar o nome, o outro time deverá acertar através das dicas dadas e vence quem tiver o maior número de acertos com o menor número de dicas. O professor ficará responsável por avaliar se as informações fornecidas estão corretas e anotar a pontuação.

Através dessa atividade o professor poderá avaliar o entendimento dos discentes, transmitir o conhecimento de forma lúdica e prazerosa, propiciando ao aluno um aprendizado eficiente.

Figura 50 – Atividade 2



JOGO DE CARTAS

ADIVINHAÇÃO DE COMPONENTES DO DNA E SEU PROCESSO DE REPLICAÇÃO

REGRAS DO JOGO

- DIVIDIR A SALA EM DOIS GRUPOS;
- REALIZAR 8 RODADAS COM 8 CARTAS PARA CADA TIME;
- DEFINIR UM REPRESENTANTE DE CADA GRUPO;
- CADA RODADA A EQUIPE PODE DAR, NO MÁXIMO, ATÉ 3 RELAÇÕES QUE REPRESENTA A IMAGEM QUE POSSUEM, SEM REVELAR A FIGURA;
- VENCE O TIME QUE ACERTAR MAIS IMAGENS COM O MÍNIMO DE DICAS DADAS;
- O PROFESSOR REALIZARÁ A CONTAGEM DE PONTOS.

DURAÇÃO: DUAS AULAS (50 MIN CADA)

DIFICULDADE: DIFÍCIL

ATIVIDADE EM GRUPO

DESCRIÇÃO DO JOGO

APÓS A DIVISÃO DA SALA, QUE SERÁ FEITA DE ACORDO COM A AVALIAÇÃO DO PROFESSOR, OS ALUNOS RECEBERÃO CARTAS COM IMAGENS DOS COMPONENTES DA MOLÉCULA DE DNA E DE SEU PROCESSO DE REPLICAÇÃO.

A IDÉIA DO JOGO É QUE OS GRUPOS ACERTEM AS CARTAS DO TIME ADVERSÁRIO, SEM VER AS IMAGENS, COM O MENOR NÚMERO DE DICAS DADAS PELO CIPONENTE.

OS ALUNOS DARÃO DICAS DE ACORDO COM SEUS CONHECIMENTOS PRÉVIOS ADQUIRIDOS NAS AULAS PRÁTICAS E TEÓRICAS, SENDO O PROFESSOR RESPONSÁVEL POR AVALIAR SE AS INFORMAÇÕES FORNECIDAS NO MOMENTO DA DINÂMICA ESTÃO CORRETAS.

MATERIAIS:

- CARTAS DO JOGO;
- PAPEL E CANETA (PARA O PROFESSOR ANOTAR PONTOS).

INTUIÇÃO DO JOGO:

- AVALIAR A APRENDIZAGEM DOS ALUNOS A PARTIR DAS DICAS QUE OS MESMOS DARÃO REFERENTES AS CARTAS.

PROFESSOR:
AVISE SEUS ALUNOS PARA VIREM PARA AULA PREPARADOS, POIS ESTA DINÂMICA PODE AGREGAR NOTA, JUNTAMENTE COM AS DEMAIS ATIVIDADES PROPOSTAS.

Fonte: Acervo do autor

Figura 51 – Cartas da Dinâmica 2



Fonte: Acervo do autor

Figura 52 – Cartas da Dinâmica 2



Fonte: Acervo do autor

5.2.4 Páginas de curiosidades

As páginas de curiosidades foram desenvolvidas com o propósito de trazer ideias diferenciadas ao professor, para que o mesmo transmita aos alunos assuntos do cotidiano que envolvem a disciplina que estão aprendendo em sala de aula.

A primeira página foi abordado o tema de Teste de paternidade, tratando-se de um tema muito conhecido na sociedade que pode ser relacionado com o conteúdo de DNA para o ensino médio. Nesta página o professor encontrará um descritivo breve sobre o assunto, qual o objetivo do teste, como ele é realizado durante a gestação ou após nascimento da criança (Figura 53).

Figura 53 – Folha de Curiosidades – Teste de Paternidade

CURIOSIDADES
 VOCÊ SABIA?
 É VERDADE?
 ACONTECIMENTO HISTÓRICO

VOCÊ SABIA?
COMO É FEITO O TESTE DE DNA?

OBJETIVO:
 O TESTE DE DNA, OU TESTE DE PATERNIDADE TEM COMO OBJETIVO VERIFICAR O GRAU DE PARENTESCO ENTRE UMA PESSOA E SEU SUPOSTO PAI. PODENDO SER REALIZADO DURANTE OU APÓS A GRAVIDEZ.

MEIOS DE COLETA:
 O EXAME PODE SER REALIZADO A PARTIR DE AMOSTRAS BIOLÓGICAS, SENDO ELAS: SALIVA, COLETA DE SANGUE, FIO DE CABELO. ESSAS AMOSTRAS SÃO COLETADAS DA MÃE, DA CRIANÇA E DO SUPOSTO PAI.

COLETAS NA GRAVIDEZ:

- 8ª SEMANA: EXAME DE SANGUE DA MÃE;
- 12ª SEMANA: AMOSTRA DA PLACENTA;
- 16ª SEMANA: COLETA DO LÍQUIDO AMNIÓTICO;
- 20ª SEMANA: POR MEIO DO SANGUE DO CORDÃO UMBILICAL.

COMO É FEITO:
 INDEPENDENTE DO MÉTODO UTILIZADO, O MATERIAL QUE FOI COLETADO SERÁ COMPARADO COM O MATERIAL GENÉTICO DO SUPOSTO PAI PARA A ANÁLISE DO GRAU DE PARENTESCO.

COMO É FEITO:
 O DNA HUMANO É MUITO PARECIDO ENTRE OS INDIVÍDUOS, POR ISSO O EXAME ANALISA SEQUÊNCIAS ESPECÍFICAS DO MATERIAL, CHAMADAS DE POLIMÓRFICOS, DE 13 A 19 TRECHOS QUE DIFÍCILMENTE SE REPETEM ENTRE DUAS PESSOAS, SOMENTE SE ESTAS POSSUÍREM GRAU DE PARENTESCO.

PROFESSOR...
 QUE TAL TRAZER PARA SEUS ALUNOS INFORMAÇÕES COTIDIANAS QUE TENHAM RELAÇÕES COM A MATÉRIA DADA EM SALA DE AULA? APROVEITE E EXPANDA ESSE CONTEÚDO SOBRE TESTE DE DNA PARA DIALOGAR COM SEUS DISCENTES A RESPEITO...

Fonte: Acervo do autor

A segunda folha foi desenvolvida referente ao assunto do DNA do chimpanzé em comparação ao DNA Humano, sendo um tema muito comentado devido às semelhanças entre ambas as espécies. Na descrição da página contém um breve resumo com estudos realizados e indicação de vídeo que pode ser apresentado aos alunos como complementação (Figura 54).

Figura 54 – Folha de Curiosidades – É verdade?

É VERDADE?
99% DO DNA DO CHIMPANZÉ É IGUAL AO DNA HUMANO?

Estudos feitos em 1975 na Universidade da Califórnia afirmavam que o DNA do chimpanzé era semelhante em 99% ao DNA humano;

De fato *Homo sapiens* e Chimpanzés possuem o mesmo ancestral comum de sete milhões de anos atrás, mas no estudo realizado na década de 70, não foi levado em consideração diversos trechos de ambos os DNA's, e com diversos outros estudos realizados, essa porcentagem ficou entre 96% a 98%, o que ainda mantém atualmente chimpanzés como parentes mais próximos dos humanos.

Estima-se que a célula humana contenha em torno de três bilhões de pares de bases, ou seja, mesmo que a semelhança destes genomas fosse de 99%, haveriam trinta milhões de diferenças em uma única célula.

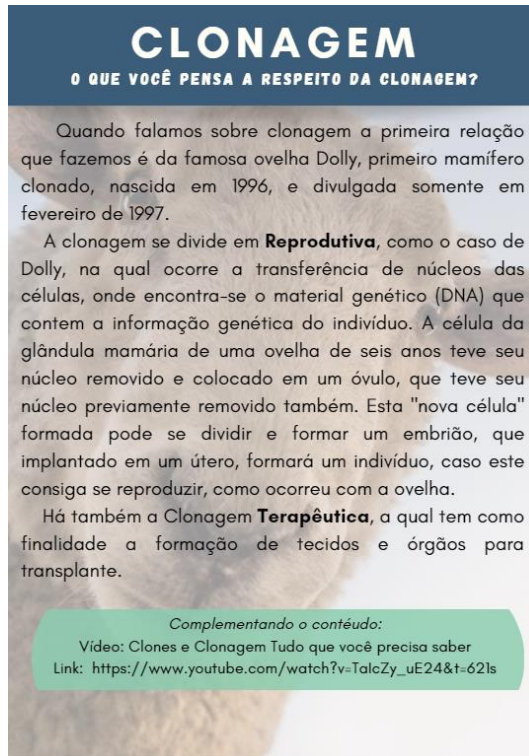
DICA:
Para melhor entendimento do assunto, assista ao vídeo abaixo

A Saga da Humanidade - Aula 1
(Chimpanzés e humanos)
Link: <https://www.youtube.com/watch?v=xT3oBWXPgYI>

Fonte: Acervo do autor

A última e terceira folha de curiosidades trata sobre clonagem, citando acontecimentos históricos como da Ovelha Doly, e os dois tipos de clonagem existentes, bem como quais são suas finalidades. No início do descritivo há uma pergunta como “O que você pensa a respeito da clonagem?” podendo trazer os alunos para um debate em relação ao tema e no final da página há um vídeo complementar que explica de forma didática a respeito da clonagem (Figura 55).

Figura 55 – Folha de Curiosidades – Clonagem



CLONAGEM
O QUE VOCÊ PENSA A RESPEITO DA CLONAGEM?

Quando falamos sobre clonagem a primeira relação que fazemos é da famosa ovelha Dolly, primeiro mamífero clonado, nascida em 1996, e divulgada somente em fevereiro de 1997.

A clonagem se divide em **Reprodutiva**, como o caso de Dolly, na qual ocorre a transferência de núcleos das células, onde encontra-se o material genético (DNA) que contem a informação genética do indivíduo. A célula da glândula mamária de uma ovelha de seis anos teve seu núcleo removido e colocado em um óvulo, que teve seu núcleo previamente removido também. Esta "nova célula" formada pode se dividir e formar um embrião, que implantado em um útero, formará um indivíduo, caso este consiga se reproduzir, como ocorreu com a ovelha.

Há também a Clonagem **Terapêutica**, a qual tem como finalidade a formação de tecidos e órgãos para transplante.

Complementando o conteúdo:
Vídeo: Clones e Clonagem Tudo que você precisa saber
Link: https://www.youtube.com/watch?v=TalcZy_uE24&t=62ls

Fonte: Acervo do autor

6. DISCUSSÃO

O ensino de Genética na área da Biologia é de grande importância aos discentes do ensino médio, conforme citado na BNCC (Base Nacional Comum Curricular) é importante que os alunos sejam capazes de analisar a complexidade dos processos em relação à origem da Vida, principalmente dos seres humanos, sendo assim, o DNA e sua replicação entra como um assunto fundamental para tal conteúdo.

Para trazer o conhecimento a esses alunos de forma eficaz, o protótipo que representa a molécula de DNA em sua replicação foi desenvolvido neste trabalho com o intuito de aproximar os estudantes do assunto estudado, de forma lúdica, pois este tipo de material é de grande valia ao professor que irá utilizá-lo ou desenvolvê-lo, possibilitando uma aula prática em caso de falta de laboratório ou também tornando a aula teórica diferenciada e não limitada a recursos de livros e cópia de textos do quadro. (JUSTINA;FERLA, 2006)

De acordo com Orlando *et al.* (2009), estudantes que tiveram contato com modelos didáticos relatam conseguir compreender melhor as informações passadas em sala de aula, visto que este tipo de atividade torna a participação do mesmo mais interativa.

Conforme uma pesquisa realizada com 29 alunos do ensino médio de escola pública, os mesmos indicam a matéria de Genética como a mais difícil de assimilação e dos materiais didáticos variados que foram apresentados a eles, o modelo genético foi o que mais chamou atenção. O artigo ressalta ainda que materiais como estes facilitam a aprendizagem de assuntos mais complexos como de genética. (VILHENA *et al.*, 2010)

Além do protótipo desenvolvido, um Manual Instrutivo foi elaborado com sugestões de aula prática e jogo interativo, sendo outros meios diferenciados de apresentar a replicação do DNA, tornando o momento de aula prazeroso e descontraído, mas não perdendo o foco central da atividade.

O jogo interativo desenvolvido neste trabalho traz aos discentes um momento descontraído, ensinando-os de maneira eficaz e autônoma, mas com uma série de

ensinamentos por trás, pois os jogos didáticos trazem aos alunos de forma dinâmica a memorização do conteúdo, o raciocínio e a contextualização, sendo uma maneira eficiente no processo de ensino-aprendizagem. (HERMANN; ARAÚJO, 2013)

Gonzaga *et al.* (2017) afirma que atividades lúdicas proporcionam aos estudantes a socialização, devido a promoção da disciplina, integração e desenvolvimento de convívio social através das atividades em grupo.

Além disso, os jogos didáticos que promovem o lúdico são desafiadores e o melhor caminho para a autoexpressão, o conhecimento, a imaginação, no auxílio da aquisição de autoestima e para a liberação da emoção dos alunos (FALKEMBACH, 2007).

A aula prática sugerida no manual se trata de uma construção de molécula de DNA com bola de goma, sendo possível realiza-la em sala de aula para escolas que não possuem recursos de laboratório.

Interaminense (2019) observou que não possuir um laboratório não se torna um impedimento para realizar aulas práticas, mas sim conta com o preparo e empenho do docente, pois é por meio da experimentação que os alunos constroem o pensamento crítico, o trabalho em equipe e a curiosidade científica, tornando o aprendizado prazeroso.

Por fim, a molécula elaborada em biscuit apesar de possuir um custo médio alto, ainda é uma ótima opção ao professor, pois o mesmo possuirá um material de qualidade, com grande durabilidade, do qual poderá fazer uso diversas vezes com várias turmas, trazendo um bom retorno ao docente e estudantes.

7. CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento do protótipo é possível melhorar a qualidade do ensino-aprendizagem, principalmente tratando-se de uma matéria mais complexa como a de Genética, tornando a aula mais didática e lúdica, fazendo com que os alunos tenham uma participação ativa dentro de sala de aula, por meio da interação com a maquete e do jogo proposto.

Com o manual instrutivo o docente é estimulado a trazer aulas diferenciadas aos estudantes, incentivando o senso crítico, o trabalho em equipe e associando o conteúdo do currículo obrigatório com temas atuais e do cotidiano dos alunos.

No geral, o material como todo possui uma grande versatilidade para uso, que enriquecerá as aulas de Genética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aula de Biscuit para iniciantes. GARCIA, G. [S.I.], 2013. 1 vídeo (ca.14min).

Publicado pelo canal Aula de Biscuit com Giovana Garcia. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=SpO0D0zkTBM>. Acesso em: 15 mai. 2020.

Aula de Biscuit para iniciantes Parte 2. GARCIA, G. [S.I.], 2013. 1 vídeo (ca.24min

e 31s). Publicado pelo canal Aula de Biscuit com Giovana Garcia. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=_0Qw4GQWtRs. Acesso em: 15 mai. 2020.

Ácidos Nucléicos I DNA I Prof. Paulo Jubilut. JUBILUT, P. [S.I.], 2017. 1 vídeo (ca.

29min e 10s). Publicado pelo canal Biologia Total com Prof. Jubilut. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=ii7b3cF7j4o>. Acesso em: 07 abr. 2020

ANTONIO, C. C. L. **Produção de material didático alternativo para o ensino da**

estrutura de divisão celular. 2013. 76 f. Trabalho de graduação (Graduação em

Licenciatura em Ciências Biológicas) – Faculdade de Educação e Artes,

Universidade do Vale do Paraíba, Campos do Jordão, 2013.

ARAÚJO, A. B.; GUSMÃO F. A. F. **As principais dificuldades encontradas no**

ensino de genética na educação básica brasileira. *In:* ENCONTRO

INTERNACIONAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES (ENFOPE), 10., 2017,

Aracaju, SE. Aracaju: ENFOPE, 2017. Disponível em:

<https://eventos.set.edu.br/index.php/enfope/article/view/4710/1566>. Acesso em: 27 mar. 2020.

BENDER, D. A. *et al.* **Bioquímica ilustrada de Harper.** 30 ed. Rio Grande do Sul:

AMGH, 2016, 832 p.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros**

Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza, Matemática e suas

Tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2020.

BRASIL. **A Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/#introducao>. Acesso em 01 de abr. 2020.

BRASIL. **A Base Nacional Comum Curricular – Competências Específicas e Habilidades da área 1° a 3° ano, versão para download**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://download.basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em 01 de abr. 2020.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB. 9394/1996**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 05 out. 2020.

CORTELLA, M. S. **Educação, escola e docência: novos tempos, novas atitudes**. – São Paulo: Cortez, 2014. 126p.

Cerâmica Plástica ou Biscuit. COSTA, P. [S.I.], 2019. 1 vídeo (ca. 19min e 50s). Publicado pelo canal Patrícia Costa Cerâmica Plástica. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CYko5pRPWeg>. Acesso em: 30 mar. 2020.

CORRÊA, J. B. *et al.* **Ensino Fundamental versus Ensino Médio: o (DES) Encontro entre o ensino de Ciências Naturais e o Ensino de Biologia**. In: VI Congresso Nacional de Educação, 6, 2018, Ceará. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV127_MD1_SA16_ID8267_15082019072950.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

Descoberta da estrutura do DNA. Khan Academy, 2016. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/biology/dna-as-the-genetic-material/dna-discovery-and-structure/a/discovery-of-the-structure-of-dna>. Acesso em: 08 abr. 2020.

DEVLIN, T. M. **Manual de Bioquímica com correlações clínicas**. 7 ed. São Paulo: Blucher, 2011, 1216 p.

FALKEMBACH, G. A. M. **O lúdico e os jogos educacionais**. In: Mídias na Educação. CINTED, UFRGS. 2007. Disponível em: http://matpraticas.pbworks.com/w/file/attach/85177681/Leitura_1.pdf. Acesso em 12 nov. 2020

FERREIRA, H. B.; PASSAGLIA, L. M.; ZAHA, A. **Biologia Molecular Básica**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 403 p.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências**. In: II ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2, 1999, São Paulo. Valinhos: ABRAPEC, 1999. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/iienpec/Dados/trabalhos/A33.pdf. Acesso em: 27 mar. 2020.

GONZAGA, G. R. **Jogos didáticos para o ensino de ciências**. Id on Line Educação Pública, 2017, vol.17, ed.7, ISSN: 1984-6290. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jean_Miranda3/publication/315815624_Jogos_didaticos_para_o_ensino_de_Ciencias/links/58e7d9be0f7e9b978f7f34f4/Jogos-didaticos-para-o-ensino-de-Ciencias.pdf. Acesso em: 10 nov. 2020.

HERMANN, F. B.; ARAÚJO, M. C. P. **Os jogos didáticos no ensino de genética como estratégias partilhadas nos artigos da revista genética na escola**. In: VI Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL), 6, 2013, Rio Grande do Sul. Disponível em: http://san.uri.br/sites/anais/erebio2013/poster/13461_290_Fabiana_Barrichello_Hermann.pdf. Acesso em: 10 nov. 2020.

INTERAMINENSE, B. K. S. **A Importância das aulas práticas no ensino da Biologia: Uma Metodologia Interativa**. Id on Line Rev.Mult. Psic., 2019, vol.13, n.45 SUPLEMENTO 1, p. 342-354. ISSN: 1981-1179.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. **A utilização de modelos didáticos no ensino de genética – exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto**. 2006. 6 f. Trabalho de graduação – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006. Disponível em:

<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/19924/10818>. Acesso em: 10 nov. 2020

KARP, G. **Biologia Celular e Molecular – Conceitos e Experimentos**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2005, 832 p.

ORLANDO, T. C. *et al.* **Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de biologia celular e molecular no ensino médio por graduandos de ciências biológicas**. *In*: Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular, 2009, Minas Gerais. Disponível em:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46695015/Planejamento_montagem_e_aplicao_de_model20160621-12572-wa6ztc.pdf?1466570960=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPLANEJAMENTO_MONTAGEM_E_APLICACAO_DE_MODAL20160621-12572-wa6ztc.pdf&Expires=1605325233&Signature=L63mvGndGDlpyMy0y~tAczUiehacTNyVgsyUiCl3v0ioydYP~TkWLBtysAeMCASbAvZqcUn5rfFAOD~9xvQfcK~N~4P9LYWaa82zu7v7jbJlhNTnVFdCrDFOcN0cN1vEXywHs5i31RG7N~3yHJGwxzmijlj4abKduPTWLC1KG4wD3TUxc8nSszinn30Chot6V~gwMFVTAq7kMwP-rr~bFIA9PmvWDyJjYcxITD59BYUw5R6XgXhDwQUlqjsHYnvcRFqEX40QIEg8U4ZhhviF9Fr37KUb85R1zqfw3JKq3fOHDUPip6WmyO9h3-RnMX7F-WgCCmPzgVKkGIPJbAr2mA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 10 nov. 2020.

SILVA, L.A. **Material didático alternativo para o ensino da estrutura do DNA**.

2014. 54 f. Trabalho de graduação (Graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas) – Faculdade de Educação e Artes, Universidade do Vale do Paraíba, Campos do Jordão, 2014.

SILVA, M. R. **As controvérsias a respeito da participação de Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice**. v. 8, n. 1, 2010. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/ss/v8n1/a04v8n1.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.

SÃO PAULO (Estado). **SP FAZ ESCOLA – caderno do professor – Ciências da Natureza, Ensino Médio**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2019.

Disponível em: https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/sites/7/pdfs/EM_PR_CN_03_Vol1_VP.pdf. Acesso em: 01 abr. 2020.

SÃO PAULO (Estado). **Formação geral currículo paulista – Ensino Médio**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2019, 54 p. Disponível em: <https://efape.educacao.sp.gov.br/curriculopaulista/wp-content/uploads/sites/7/2020/03/formacao-geral-curriculo-paulista-ensino-medio.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2020.

SÃO PAULO (Estado). **Matriz de avaliação processual: biologia, física e química, ciências da natureza; encarte do professor**. São Paulo: Secretaria da Educação, 2016, 64 p. Disponível em: <https://midiasstoragesec.blob.core.windows.net/001/2018/10/5bd086f1c28f3-5bd086f1c28f7biologia-fisica-e-quimica-pdf.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2020.

VILHENA, N. Q. **Modelos didático-pedagógicos: estratégias inovadoras para o ensino de biologia**. *In*: II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, 2, 2010, Pará. Disponível em: <http://www.sinect.com.br/anais2010/artigos/EB/196.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

WATSON, J. **A dupla hélice: como descobri a estrutura do DNA**. Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 2013, 224 p.

REFERÊNCIAS DE IMAGENS

Base Nitrogenada. Wikipedia, 2020. Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Base_nitrogenada. Acesso em: 10 abr. 2020.

DAPIEVE, M. M. **Dna, Rna, duplicação e síntese protéica.** SlideShare, 2011.

Disponível em: <https://pt.slideshare.net/marinadapieve/dna-rna-duplicao-e-sntese-protica-7260225>. Acesso em: 16 abr. 2020.

Descoberta da estrutura do DNA. Khan Academy, 2016. Disponível em:

<https://pt.khanacademy.org/science/biology/dna-as-the-genetic-material/dna-discovery-and-structure/a/discovery-of-the-structure-of-dna>. Acesso em: 08 abr. 2020.

GONÇALVES, F. S. **Replicação.** Infoescola, 2020. Disponível em:

<https://www.infoescola.com/genetica/replicacao/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

MAGALHÃES, L. **Nucleotídeos.** Toda Matéria, 2020. Disponível em:

<https://www.todamateria.com.br/nucleotideos/>. Acesso em: 08 abr. 2020.

MIRA, W. **DNA – Ácido Desoxirribonucleico.** Quero Bolsa, 2018. Disponível em:

<https://querobolsa.com.br/enem/biologia/dna-acido-desoxirribonucleico>. Acesso em: 07 abr. 2020.

PRAY, L. **Discovery of DNA Structure and Function: Watson and Crick.** Scitable by Nature Education, 2008. Disponível em:

<https://www.nature.com/scitable/topicpage/discovery-of-dna-structure-and-function-watson-397/>. Acesso em: 9 jun. 2020.