

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL

CLEBSON ALEXSANDRO GAMA CAVALCANTI

**CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE
GENÉTICA MOLECULAR NA PERSPECTIVA INTERACIONISTA**

MACEIÓ

2019

CLEBSON ALEXSANDRO GAMA CAVALCANTI

**CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE
GENÉTICA MOLECULAR NA PERSPECTIVA INTERACIONISTA**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM -
apresentado ao Mestrado Profissional em
Ensino de Biologia em Rede Nacional -
PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas e
da Saúde, da Universidade Federal de Alagoas,
como requisito parcial para obtenção do título
de Mestre em Ensino de Biologia.

Orientadora: Profa. Dra. Melissa Fontes Landell

MACEIÓ

2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale – CRB4 - 661

- C376c Cavalcanti, Clebson Alexsandro Gama.
Construção e utilização de modelos didáticos no ensino de genética molecular na perspectiva interacionista / Clebson Alexsandro Gama Cavalcanti. – 2019.
132 f. : il.
- Orientadora: Melissa Fontes Landell.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2019.
- Inclui o produto educacional.
Bibliografia: f. 63-65.
1. Vygotsky, L. S. (Lev Semenovich), 1896-1934. 2. Genética – Estudo e ensino. 3. Modelo didático. 4. Genética molecular. I. Título.

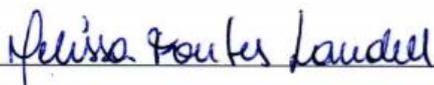
CDU: 372.857.72

Folha de Aprovação

AUTOR: CLEBSON ALEXSANDRO GAMA CAVALCANTI

CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE GENÉTICA MOLECULAR NA PERSPECTIVA INTERACIONISTA

Trabalho de Conclusão de Mestrado submetido ao corpo docente do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO) da Universidade Federal de Alagoas e Aprovado em 19 de junho de 2019.



Dra. Melissa Fontes Landell, Universidade Federal de Alagoas

Banca Examinadora:



Dr. Gilberto Costa Justino, Universidade Federal de Alagoas



Dra. Mônica Bucciarelli Rodriguez, Universidade Federal de Minas Gerais

Relato do Mestrando

Instituição: Universidade Federal de Alagoas

Mestrando: Clebson Alexsandro Gama Cavalcanti

Título do TCM: Construção e Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Genética Molecular na Perspectiva Interacionista

Data da defesa: 19 de junho de 2019

O Mestrado Profissional de Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO) foi um grande divisor de águas, pois oportunizou a vivência e o aprimoramento de nossas práticas, revendo e aprofundando conteúdos, lidando com novas abordagens e incutindo a pesquisa em nossa docência.

De fato, as Universidades são os grandes centros de pesquisa e de construção do conhecimento do nosso país, porém desconheço impacto maior destas Universidades no “chão da escola”, quando pensamos em Ensino de Biologia, do que o programa PROFBIO, que tem atuado verdadeiramente na qualificação dos docentes desta área.

Diante deste contexto, as mudanças na qualidade das nossas aulas em face das diversas abordagens adotadas e do amadurecimento profissional, impactam números incomensuráveis de estudantes, servindo também de exemplo para que outros docentes se qualifiquem ao perceberem as transformações que o PROFBIO tem provocado ao longo desses dois anos de curso.

Importante ressaltar que devido às práticas inovadoras durante as aplicações das atividades em sala de aula (AASA), houve o reconhecimento por parte da SEDUC/AL e recebi o prêmio estadual de Servidor Destaque da Educação do Estado de Alagoas no ano de 2018, prêmio concedido aos profissionais que tem se destacado na Educação do Estado.

A implantação da pesquisa surge ao observar a falta de interesse dos estudantes quanto ao conteúdo referente à Genética Molecular, trazendo uma proposta de intervenção pedagógica. Esta proposta permitiu romper paradigmas na forma de aprender genética molecular, materializando situações que antes eram abstratas e de difícil assimilação, refletindo na ampliação do interesse dos estudantes e na melhoria dos seus resultados.

Clebson Cavalcanti.

Dedico esta dissertação ao meu filho, Gabriel Cavalcanti e a minha esposa, Giselli Cavalcanti.

Agradeço a Deus pelo dom da vida e proteção;
À minha esposa Giselli Cavalcanti pela compreensão, zelo e amor que contribuíram para mais esta realização;
Ao meu filho Gabriel Gama que soube compreender as minhas ausências;
Aos meus pais, mãe (In memoriam) por me guiarem no caminho do bem;
Aos demais familiares pela base de amor e companheirismo;
À minha orientadora, Dra. Melissa que se dispôs a tornar possível este sonho;
Aos novos amigos parceiros do PROFBIO/UFAL, turma 2017, individualmente;
À amiga Jaqueline Nogueira, companheira de curso e de viagem, pelo fortalecimento da amizade e apoio sincero;
Aos professores que trilharam comigo e acreditaram;
À Gráfica Criarte pelo apoio na confecção e produção dos Modelos Didáticos;
À SEDUC/PE pela concessão do afastamento parcial de sala de aula, investindo na qualificação de seus docentes;
À companheira Kalliana Arcanjo, gestora da Escola Prof. Joaquim A. de Noronha Filho, pelo apoio incondicional para a efetivação desta pesquisa;
A CAPES pelo fomento e financiamento dos custos da aplicação desta pesquisa;
A Universidade Federal de Alagoas, por viabilizar a implantação deste programa de mestrado;
A UFMG e à Coordenação Nacional do PROFBIO, pois sem ela nada disso seria possível;
A todos, GRATIDÃO.

“a educação não é transferência de conhecimentos, mas criação de possibilidades para a sua própria produção ou construção”.

Paulo Freire, 2009.

RESUMO

É notável que os estudantes do Ensino Médio sentem dificuldades em assimilar os conteúdos de Genética Molecular e não conseguem associá-los a situações concretas do cotidiano, bem como a dificuldade dos professores em oportunizar situações didáticas que fomentem aprendizagens significativas neste campo. Assim sendo, o presente trabalho de mestrado teve como proposta de estudo a implantação e a avaliação de práticas pedagógicas focadas na utilização e construção de modelos didáticos capazes de explicar fenômenos genéticos, consubstanciando teoria e a prática numa perspectiva interacionista, atuando no que Vygotsky denominou de “Zona de Desenvolvimento Proximal”. Tomou-se como área de pesquisa uma escola estadual localizada no município de Barreiros-PE, cujo público-alvo foi 120 estudantes de quatro turmas do 3º ano do Ensino Médio, divididos em dois grupos: controle e experimental. Durante o plano de ação, para o grupo controle utilizou-se a metodologia tradicional, com aulas apenas expositivas. O grupo experimental, paralelamente, vivenciou o mesmo conteúdo numa metodologia ativa, baseada na construção e no uso dos modelos didáticos. A pesquisa foi desenvolvida em três etapas: a primeira envolveu a aplicação dos questionários de caracterização dos grupos controle e experimental, e de conhecimentos prévios; a segunda etapa abrangeu o plano de ação e a terceira envolveu a aplicação das avaliações pós-testes. Diante de uma análise qualitativa e quantitativa dos resultados obtidos nos questionários e ratificado ao utilizar o teste estatístico t, foi possível inferir que os estudantes do grupo experimental apresentaram melhores desempenhos nos pós-testes tanto numa análise experimental, ao avaliar o mesmo grupo antes e depois da aplicação das atividades, quanto numa análise observacional estabelecendo uma comparação nos dois grupos estudados, por apresentarem respostas mais adequadas no que tange o escopo desta pesquisa. Sendo importante ressaltar que o projeto em tela foi percebido também pela sua capacidade de inspirar novas abordagens metodológicas, ampliando o leque de possibilidades de ensinar e aprender, pois, além permitir a criação de um acervo de modelos didáticos no laboratório de Biologia, possibilitando que outros indivíduos se envolvam no uso destas ferramentas, a construção e utilização dos modelos didáticos contribuíram para a ampliação do interesse e melhoria do entendimento do conteúdo, potencializando o ensino de genética molecular.

Palavras-chave: modelo didático, genética molecular, Vygotsky.

ABSTRACT

It is noteworthy that high school students find it difficult to assimilate the contents of Molecular Genetics and fail to associate this subject with concrete situations of everyday life, as well, it is difficult for teachers to provide teaching situations that foster meaningful learning in this field. Thus, this project had as the proposal of study the implantation and the evaluation of pedagogic practices focused on the use and construction of didactic models able to explain genetic phenomena, consubstantiating theory and practice in an interactionist perspective, acting in what Vygotsky designated "Zone of Proximal Development ". A state school located in the municipality of Barreiros-PE was used as a research area, whose target audience was 120 students from four classes of the 3rd year of High School, divided into two groups: control and experimental. During the action plan, the traditional methodology was used for the control group, with only expositive classes. The experimental group, in parallel, experienced the same content in an active methodology, based on the construction and use of didactic models. The research was developed in three stages: the first involved the application of characterization questionnaires of the control and experimental groups, and previous knowledge; the second step covered the action plan and the third involved the implementation of post-test assessments. After a qualitative and quantitative analysis of the results obtained in the questionnaires and ratified using the statistical test t, it was possible to infer that the students of the experimental group presented better performances in the post tests both in an experimental analysis, when evaluating the same group before and after the application of the activities, as well as in an observational analysis establishing a comparison in the two studied groups, for presenting more adequate answers regarding the scope of this research. It should be noted that the project on screen was also perceived by its ability to inspire new methodological approaches, expanding the range of possibilities of teaching and learning, as well as allowing the creation of a collection of didactic models in the Biology laboratory, allowing other subjects to use these tools. The construction and use of the didactic models contributed to the increase of interest and improvement of the understanding of the content, enhancing the teaching of molecular genetics.

Key words: didactic model, molecular genetics, Vygotsky.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Organograma das etapas vivenciadas na metodologia	23
FIGURA 2	Fotos dos estudantes dos grupos controle e experimental submetidos a diferentes abordagens metodológicas	39
FIGURA 3	Modelo Didático em material MDF representando a regra de Chargaff .	40
FIGURA 4	Conjunto de gráficos com parte dos resultados do questionário de caracterização dos grupos controle e experimental	49
FIGURA 5	Conjunto de gráficos com parte dos resultados do questionário de caracterização dos grupos controle e experimental	51
FIGURA 6	Resultados do questionário de conhecimentos prévios (QCP)	52
FIGURA 7	Análise pareada do grupo controle, em relação aos resultados do QCP, pós-teste 1 e pós-teste 2	53
FIGURA 8	Análise pareada do grupo experimental, em relação aos resultados do QCP, pós- teste 1 e pós-teste 2	54
FIGURA 9	Análise observacional dos resultados do pós-teste 1, nos grupos controle e experimental	55
FIGURA 10	Análise observacional dos resultados do pós-teste 2, nos grupos controle e experimental	56
FIGURA 11	Resultado da autoavaliação em relação à metodologia e a contribuição do professor na construção do conhecimento	58
FIGURA 12	Resultado da Autoavaliação em relação ao reconhecimento da aprendizagem	59
QUADRO 1	Distribuição das turmas nos grupos controle e experimental	24
QUADRO 2	Questionamentos realizados após a prática de extração de DNA para pesquisa prévia do conteúdo	27
QUADRO 3	Procedimentos sugeridos para estudo da classificação, composição dos ácidos nucleicos em seus respectivos tempos de duração.....	28
QUADRO 4	Questões propostas com as respostas esperadas, segundo Griffiths et al (2013) para postulações das regularidades propostas por Chargaff	29
QUADRO 5	Procedimentos sugeridos para estudo da composição dos ácidos nucleicos em seus respectivos tempos de duração	30
QUADRO 6	Procedimentos sugeridos para estudo do ciclo celular e replicação da	

	molécula de DNA em seus respectivos tempos de duração	32
QUADRO 7	Textos-chaves que orientam a localização das peças no modelo didático apresentado no Apêndice M	33
QUADRO 8	Representação simplificada das etapas da replicação do DNA	33
QUADRO 9	Procedimentos sugeridos para diferenciar a replicação do DNA em procariotos e eucariotos em seus respectivos tempos de duração	34
QUADRO 10	Textos-chaves para a alocação das peças no modelo didático (Apêndice N)	35
QUADRO 11	Procedimentos sugeridos para da tradução do código genético em procariotos em seus respectivos tempos de duração	36
TABELA 1	Sumário estatístico das notas dos dois pós-testes em comparação aos grupos controle e experimental	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Genética molecular - um breve histórico	13
1.2. Genética molecular e a abordagem em livros de ensino médio	14
1.3. A importância do interacionismo, segundo Vygotsky	15
1.4. Os modelos didáticos como instrumentos pedagógicos em sala de aula	16
1.5. Metodologia ativa de aprendizagem – O papel do professor e dos estudantes	18
2. PROBLEMAS	19
3. HIPÓTESE DE INTERESSE DA PESQUISA	20
3.1. Hipótese alternativa (H₁)	20
4. OBJETIVOS	21
4.1. Objetivo geral	21
4.2. Objetivos específicos	21
5. METODOLOGIA	22
5.1. Aplicação dos questionários de caracterização dos grupos e avaliação prévia dos conhecimentos	24
5.2. Plano de ação	25
5.2.1. Motivação	25
5.2.2. Primeira Fase: classificação, composição e estrutura dos ácidos nucleicos	27
5.2.2.1. Primeiro momento: classificação, composição dos ácidos nucleicos	27
5.2.2.2. Segundo momento: construção de modelos didáticos de DNA e RNA	29
5.2.3. Segunda fase: ciclo celular e replicação do DNA	31
5.2.4. Terceira fase: transcrição e tradução do código genético	33
5.2.4.1. Primeiro momento: transcrição e tradução em procariotos e eucariotos	33
5.2.4.2. segundo momento: Tradução do código genético em procariotos	35
5.3. Aplicação dos pós-teste 1	37
5.4. Exposição do produto final e socialização	37
5.5. Aplicação dos pós-teste 2	37
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1. Análise qualitativa	39
6.1.1. Resultados da pesquisa na 1ª fase - 1º momento	39
6.1.2. Resultados da pesquisa 1ª fase - 2º momento	41

6.1.3. Resultados da pesquisa - 2ª fase	42
6.1.4. Resultados da pesquisa 3ª Fase – 1º momento	44
6.1.5. Resultados da pesquisa 3ª Fase – 2º momento	44
6.2. Análise quantitativa	48
6.2.1. Caracterização geral dos grupos controle e experimental	48
6.2.2. Resultados do questionário de conhecimentos prévios (QCP)	51
6.3. Análises pareadas de cada grupo (controle e experimental)	53
6.3.1. Grupo controle	53
6.3.2. Grupo experimental	53
6.4. Resultados dos questionários pós-testes	54
6.4.1. Pós-teste 1	54
6.4.2. Pós-teste 2	56
6.5. Resultado da auto avaliação	57
7. CONCLUSÃO	61
8. REFERÊNCIAS	63
9. PRODUTO	66
10. APÊNDICES	101
11. ANEXOS.....	113

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Biologia no Ensino Médio vem sendo trabalhado, tradicionalmente, com abordagem que valoriza a memorização de conceitos de forma descontextualizada. Esta metodologia não traz, muitas vezes, conexão com a realidade dos estudantes, gerando desmotivação e contribuindo para uma aprendizagem sem significado ao dissociar teoria e prática, pois segundo os Parâmetros Curriculares de Pernambuco (PCPE, 2013):

“É preocupante a tendência descontextualizada que ainda se estabelece na educação em Biologia. Muitas vezes, parece que o mais importante são os conteúdos a serem trabalhados em suas sequências tradicionais e não a oportunidade de transformação na vida do estudante.”

Tal fato é apontado por estudiosos como consequência de uma má formação dos professores, bem como da ausência de formações continuadas que possibilitem o aprofundamento, atualização e construção de novas metodologias de ensino, permitindo um distanciamento entre os conteúdos abordados em genética e biologia molecular e o contexto que os estudantes estão inseridos, conforme sinaliza Krasilchik (1987). Justina e Ferla (2006) complementaram que este despreparo reflete na grande dificuldade da proposição de recursos didáticos que visam facilitar o processo de ensino aprendizagem.

Nesse sentido, é comum que os estudantes não consigam vincular os conteúdos de genética que são abordados na escola com sua real aplicação fora dela. Assim, contraria o que dispõe os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio - PCNEM, cujo objetivo está pautado numa perspectiva interdisciplinar e contextualizada, sendo, portanto, integradora ao aproximar o conteúdo vivenciado com a vida prática dos estudantes.

Estes pontos destacam a importância do papel do professor em buscar metodologias que promovam o elo de consolidação da aprendizagem ao aproximar teoria e prática numa perspectiva interacionista, fundamentadas nas ideias de Vygotsky, cujo foco deve estar pautado na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que se caracteriza pela influência de instrumentos e do professor como mediador do conhecimento. Vygotsky definiu a ZDP como,

“[...] a ideia da existência de uma área potencial do desenvolvimento cognitivo, definida como a distância que medeia entre o nível atual do desenvolvimento da criança, determinado pela sua capacidade atual de resolver problemas individualmente, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de problemas sob orientação de adultos ou em colaboração com pares mais capazes” (VYGOTSKY, 1978 apud FINO, 2001).

Um dos instrumentos que vem sendo empregados em grande escala por muitos pesquisadores envolvidos com o ensino de Biologia são os modelos didáticos. Com a intenção de inculcar a pedagogia ativa no processo de ensino aprendizagem, tais modelos permitem uma

atuação mais efetiva e prazerosa dos estudantes na construção do conhecimento, sendo o professor o mediador do fazer pedagógico (EMILIANO e ABDALA, 2016).

Devido ao alto grau de abstração, o ensino de Genética Molecular muitas vezes é tratado de forma superficial no Ensino Médio, não levando em consideração seus conhecimentos prévios que, segundo Bachelard apud Feijó e Delizoicov (2016), pode gerar obstáculos epistemológicos na construção do conhecimento científico.

Considerando a relevância social da Genética Molecular devido à capacidade de gerar aplicações práticas, como por exemplo: na transmissão de características que são repassadas de geração a geração, na produção de organismos geneticamente modificados, na investigação criminal, na identificação de paternidade de indivíduos, no diagnóstico pré-natal, entre outras, é possível agregar valores, despertando o interesse nos estudantes aproximando-os do conteúdo da pesquisa, retratando a importância do estudo nesta área e contextualizando sempre que possível.

Portanto, baseada nos princípios da pedagogia ativa, que tem como principais pensadores: Piaget, Vygotsky e Montessori, a presente pesquisa propõe a implementação e a avaliação de práticas pedagógicas focadas na construção de modelos didáticos que sejam capazes de explicar fenômenos genéticos, em especial da genética molecular, na perspectiva de minimizar a distância entre teoria e prática.

1.1. Genética molecular - um breve histórico

Segundo Costa e Costa (2006 p. 21), “A biologia molecular é a área da biologia que propiciou, nas últimas décadas, os maiores avanços em conhecimentos e tecnologia”. Até meados do século XIX, conforme aponta Watson e Berry (2005), as proteínas eram consideradas as principais portadoras das informações genéticas. O DNA (Ácido desoxirribonucleico) foi isolado pela primeira vez em 1869 por Johann Friedrich Miescher, a partir de glóbulos brancos provenientes de secreção purulenta, denominada na ocasião de “nucleína”.

Em 1928, de acordo com Griffiths et al (2016 p. 57), Rutherford (2014), o pesquisador Frederick Griffith conseguiu mostrar que o DNA era uma molécula comprida composta de quatro bases químicas distintas, através de um experimento com a bactéria *Streptococcus pneumoniae*, modificando o genótipo de uma bactéria não virulenta para virulenta. Este resultado foi confirmado por Avery e Maclyn em 1944, indicando que o DNA é o material genético transmitido, sendo esta molécula denominada de “princípio transformador”.

Porém só em 1953, James Watson e Francis Crick propuseram um modelo compatível com os resultados de difração de raios X, realizado por Rosalind Franklin em 1951. Este modelo revelou que o DNA é uma dupla-hélice composta por duas cadeias antiparalelas de nucleotídeos unidas por meio do pareamento complementar. Esta molécula é formada por inúmeras subunidades denominadas de nucleotídeos compostas por uma tríade, sendo um grupo fosfato (ácido fosfórico), ligado a um açúcar pentose (desoxirribose) que, por sua vez, se liga a uma base nitrogenada (Adenina -A, Citosina-C, Guanina-G e Timina-T). Hoje se sabe que essas duas cadeias polinucleotídicas são rigorosamente complementares, segundo Erwin Chargaff (GRIFFITHS et al., 2016).

Em 1954, Matt Meselson em parceria com Frank Stahl, realizaram segundo WATSON e BERRY (2005) o que chamaram de “o mais belo experimento da biologia”, empregando uma técnica de centrifugação que permitia separar moléculas que apresentavam pequenas diferenças de peso, confirmando que o processo de replicação da molécula de DNA ocorre de forma semiconservativa.

Nesta mesma época, observou-se que o RNA (ácido ribonucleico) seria um intermediário entre o DNA e a proteína e que o fluxo da informação genética ocorria no sentido DNA – RNA – proteína, constituindo o que chamaram de “Dogma central da biologia molecular”, confirmada em 1959 com a descoberta da enzima RNA polimerase. A primeira etapa da transferência da informação do gene no DNA, ocorre através da produção de um filamento de RNA cuja sequência de bases é complementar à sequência de bases de um segmento do DNA que é posteriormente traduzido numa proteína. O DNA é, portanto, um composto orgânico que contém informações hereditárias, que coordenam o desenvolvimento dos seres vivos e que se transformou em um ícone da genética e dos avanços científicos (GRIFFITHS et al., 2016).

1.2. Genética molecular e a abordagem em livros de ensino médio

Na Biologia, a Genética é a área que estuda a transmissão do material genético ao longo das gerações e a sua natureza química (LOPES e ROSSO, 2013). A nível molecular, a genética vem sendo abordada em livros de Biologia do Ensino Médio, à exemplo, no volume 1 (BIZZO, 2011), no volume 2 (AMABIS e MARTHO, 2013; LOPES e ROSSO, 2013; THOMPSON & RIOS, 2016;) e volume 3 (SANTOS, AGUILAR e OLIVEIRA, 2010; LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2011; BIZZO, 2011; JÚNIOR, SASSON e JÚNIOR,

2013; BROCKELMAN, 2013; MENDONÇA, 2013; OGO e GODOY, 2016), sendo este último, a versão adotada pela escola e utilizada pelos estudantes participantes desta pesquisa.

Em alguns desses livros, os conteúdos referentes a Genética Molecular vêm sendo abordado com denominações distintas. Alguns autores apresentam no início do capítulo a denominação “Biologia molecular do gene” (MENDONÇA, 2013 p. 222) ou “Biologia molecular e aplicações” (BROCKELMAN, 2013 p. 60), mas também a informação pode ser tratada no capítulo de “Metabolismo de controle”, no capítulo de “Biotecnologia” (JÚNIOR, SASSON e JÚNIOR, 2013 pág. 40 e p. 168), com a denominação “A informação genética” (AMABIS e MARTHO, 2013 p. 156) ou mesmo “A genética e os genes” (LOPES e ROSSO, 2013 p. 136).

A área da Genética Molecular nos livros de Ensino Médio envolve o estudo dos ácidos nucleicos (DNA e RNA), sua classificação, composição, replicação do DNA, síntese proteica e mutações, cujos temas foram abordados nesta pesquisa. Segundo Lopes e Rosso (2013), além dos conteúdos citados, esta área da biologia abrange também o estudo das aberrações cromossômicas e áreas da biotecnologia, como: tecnologia do DNA recombinante, clonagem de DNA, terapia gênica, vacinas gênicas, genômica, transcriptômica, organismos transgênicos, recuperação de espécies em extinção, aconselhamento genético e diagnóstico pré-natal. Estes conteúdos podem ser vivenciados de forma a permitir a contextualização com situações que podem fazer parte do cotidiano dos estudantes.

1.3. A importância do interacionismo, segundo Vygotsky.

Esta pesquisa foi embasada nas ideias Vygotskyanas, segundo a qual a aprendizagem é mais do que a aquisição da capacidade para pensar; é a aquisição de muitas capacidades especializadas para pensar sobre várias coisas (VYGOTSKY, 2007). No entanto, ao abordar as principais contribuições de Vygotsky para a educação, é necessário lembrar que as teorias que procuravam explicar o conhecimento eram alicerçadas no inatismo e o empirismo.

Tais teorias isentam o professor da responsabilidade de propiciar situações que favoreçam a aprendizagem, uma vez que a primeira é fundamentada no racionalismo, o qual afirma que o conhecimento se dá por meio da razão, sendo esta nata. A segunda considera o sujeito como uma “tábua rasa” que vai sendo preenchido a partir das experiências que vão sendo vivenciadas, sendo o processo ensino-aprendizagem adotado com conceitos diretos e centrado no professor, marcado pela passividade do estudante.

Para Vygotsky apud REGO, 2014,

“O ensino direto de conceitos é impossível e infrutífero. Um professor que tenta fazer isso geralmente não obtém qualquer resultado, exceto o verbalismo vazio, uma repetição de palavras pela criança, semelhante a de um papagaio, que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade oculta um vácuo” (Vygotsky, 1987, p. 72).

Diferentemente das concepções até então existentes, Vygotsky, influenciado pela filosofia de Marx e Engels e pela teoria evolucionista de Darwin e Wallace, propôs o ser humano psicológico como resultado da relação dialética existente entre ele e o meio que o circunda ao longo de sua evolução histórica e que o permite transformá-lo e ser por ele transformado. Essa relação dialética pressupõe exatamente essa dinâmica de não passividade entre os “atores evolutivos”, sendo estes, denominados aqui de ser humano e natureza (MARX e ENGELS, 2007 apud ZAGO, 2013).

A principal contribuição de Vygotsky para o processo de ensino-aprendizagem é conceber o homem como um ser histórico e produto de um conjunto de relações sociais apud Damiani e Neves (2006). Trata-se de uma abordagem sociointeracionista, como afirma Carvalho (2018 p. 5). Vygotsky valoriza o papel do professor e o coloca como mediador da construção do novo conhecimento, denominando de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) do estudante, o potencial que todo ser humano possui de aprender a partir de intervenções adequadas.

Vygotsky definiu ZDP como,

“[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinando através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes” (VYGOTSKY, 2007, p. 97).

Uma das ações muito utilizada por professores dentro dessa proposta é o trabalho em grupo. É nesta perspectiva do conceito de ZDP que é possível observar porque os estudantes se sentem bem em atividades coletivas, pois estando todos dentro da mesma zona (zona de desenvolvimento real), definida por Vygotsky (2007) como o nível de desenvolvimento cujas funções já foram amadurecidas, fica mais fácil o entendimento entre eles, talvez seja até mais fácil do que entender o professor, conforme aponta Carvalho (2018, p. 5).

É neste contexto, de uma abordagem segundo a teoria sociocultural e psicogenética de Vygotsky, que esta pesquisa buscou compreender a base para a aquisição e internalização do conhecimento em Genética Molecular, por meio das interações entre os pares, e tendo como instrumentos de mediação os modelos didáticos.

1.4. Os modelos didáticos como instrumentos pedagógicos em sala de aula.

Segundo Krasilchik (2016), a aprendizagem em Biologia passou por várias tendências, desde as décadas de 50, 60, 70 e 80, com o comportamentalismo ou behaviorismo, cognitivismo, construtivismo e socioculturalismo, respectivamente, propostas por educadores, psicólogos e cientistas.

Apesar das dificuldades, é comum notar a preocupação dos professores de Ciências e Biologia na tentativa de possibilitar o protagonismo dos estudantes na vivência de aprendizagens significativas que, segundo Moreira (2011), corresponde, obviamente, a aprendizagem com significado. É quando os conhecimentos passam realmente a ter sentido para o estudante, onde a prática docente deve estar pautada em planejamentos sistematizados com a criação de sequências didáticas que favoreçam a curiosidade e o envolvimento dos estudantes.

Para Silva (2009), o modelo didático é um objeto descritivo que evidencia as proporções das dimensões ensináveis, e também enfatiza que a sua construção é apenas uma das etapas para uma proposta mais ampla.

Neste contexto, vários autores como Pavan (1998); Justina e Ferla (2006); Setúval e Bejarano (2009); Silva (2009); Rezende e Gomes (2018); indicam que os modelos didáticos são instrumentos alternativos, que podem ser relevantes e eficazes diante de abordagens de conteúdos que, muitas vezes, são difíceis de serem compreendidos pelos estudantes do Ensino Médio, principalmente quando se trata de conteúdos ligados à genética e a biologia molecular, especificamente no ensino de Ciências e Biologia.

Na área da genética molecular, cujo tema é alvo desta pesquisa, o primeiro modelo construído para representar a molécula de DNA foi divulgado com seus detalhes intrínsecos em 1953 por James Watson e Francis Crick (WATSON e BERRY, 2005). “A ciência contemporânea produz a cada momento mais e mais modelos, a exemplo: o DNA, átomos e outros, assegurando uma melhor compreensão do mundo em que vivemos” (PAZ et al, 2006 apud PALHANO, 2014).

Para Brito et al (2005), pode-se considerar que o uso de modelos didáticos em sala de aula é visto como um momento do trabalho pedagógico que permite a reflexão, análise, questionamento, interpretação, troca de ideias, tomada de decisões e conclusões. Sendo, desta forma, notória a importância dos modelos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de conceitos complexos. Para isto, o uso de modelos didáticos deve ser organizado, planejado e podem ainda estar associados a situações problematizadoras (JUSTINA e FERLA, 2006)

O modelo sugerido pode ser usado para demonstração pelo professor ou em uma atividade prática, propriamente dita, na qual os estudantes manuseiam as peças e buscam respostas às questões problematizadoras, que devem estar relacionadas a

situações reais e serem apresentadas junto a inserção do modelo didático. [...] Também o professor deve fazer mediações que possibilitem a associação com situações de aplicação dos conceitos científicos envolvidos em atividades humanas (JUSTINA e FERLA, 2006).

1.5. Metodologia ativa de aprendizagem – o papel do professor e dos estudantes

Enquanto no modelo tradicional de educação o processo de ensino e aprendizagem é marcado por uma “educação bancária”, em que os estudantes são os depositários e o professor o depositante do conhecimento, como aponta Freire (1996. p. 57); na pedagogia ativa orienta-se que os estudantes sejam desafiados com situações problematizadoras, como afirma Carvalho (2018):

[...] é fundamental que os alunos possam experimentar as situações problematizadoras por meio de atividades práticas. Ciência não se encerra no fazer, é necessário que os alunos possam discutir com seus pares para testar hipóteses e trocar ideias, assim como é fundamental para os alunos que o professor conduza uma discussão com toda classe para ouvir o que foi feito, como foi feito o porquê daquele jeito ter dado certo.

Bacich e Moran (2018 p. 4) complementam que “as metodologias ativas dão ênfase ao papel protagonista do estudante, ao seu desenvolvimento direto, participativo e reflexivo em todas as etapas do processo, experimentando, desenhando, criando, com orientação do professor”. Deste modo, Bergmann e Sams (2018) apontam que é nesta perspectiva de amparar os estudante que a aprendizagem torna-se ativa e não apenas mecanismo de transmitir informações.

O desenvolvimento desse tipo de aprendizagem passa a ser também cooperativo, e é cada vez mais necessário que se perceba que o protagonismo do estudante depende em grande parte do papel de *designer* de estratégias metodológicas exercido pelo professor. “[...] na qual o aluno amplia sua aprendizagem por meio de diferentes formas de envolvimento, interação e compartilhamento de saberes” (BACICH e MORAN 2018 p. 4).

É importante frisar que o professor não perde espaço neste novo cenário. Ao contrário, o seu papel se torna ainda mais relevante, demandando novas competências, pois conceber o estudante como sujeito ativo implica no desenvolvimento não apenas da sua dimensão técnica como também da sua dimensão humana. De acordo com Bacich e Moran (2018), “Os bons professores e orientadores sempre foram e sempre serão fundamentais para avançarmos na aprendizagem. Eles ajudam a desenhar roteiros interessantes, problematizam, orientam, ampliam os cenários, os caminhos a serem percorridos”.

2. PROBLEMAS

Por que os estudantes do Ensino Médio sentem dificuldades em assimilar os conteúdos de Genética Molecular e não conseguem associá-los às situações concretas?

Como promover aos estudantes do Ensino Médio um ensino de Genética Molecular capaz de ampliar o interesse deles nesta área?

3. HIPÓTESE DE INTERESSE DA PESQUISA

3.1. Hipótese alternativa (H_1)

A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética Molecular numa perspectiva interacionista pode contribuir para a ampliação do interesse dos estudantes e, conseqüentemente, na melhoria da aprendizagem neste campo.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

Investigar a importância da utilização e construção de modelos didáticos numa perspectiva interacionista no estudo em Genética Molecular para despertar o interesse dos estudantes do Ensino Médio neste campo.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar os vários componentes da molécula de DNA e RNA através da utilização e construção de modelos didáticos destas moléculas;
- Mostrar com o uso e construção de modelos didáticos que o processo de replicação do DNA ocorre de forma semiconservativa;
- Expressar através de modelos didáticos as etapas que ocorrem na síntese proteica e sua importância na produção do fenótipo dos indivíduos.

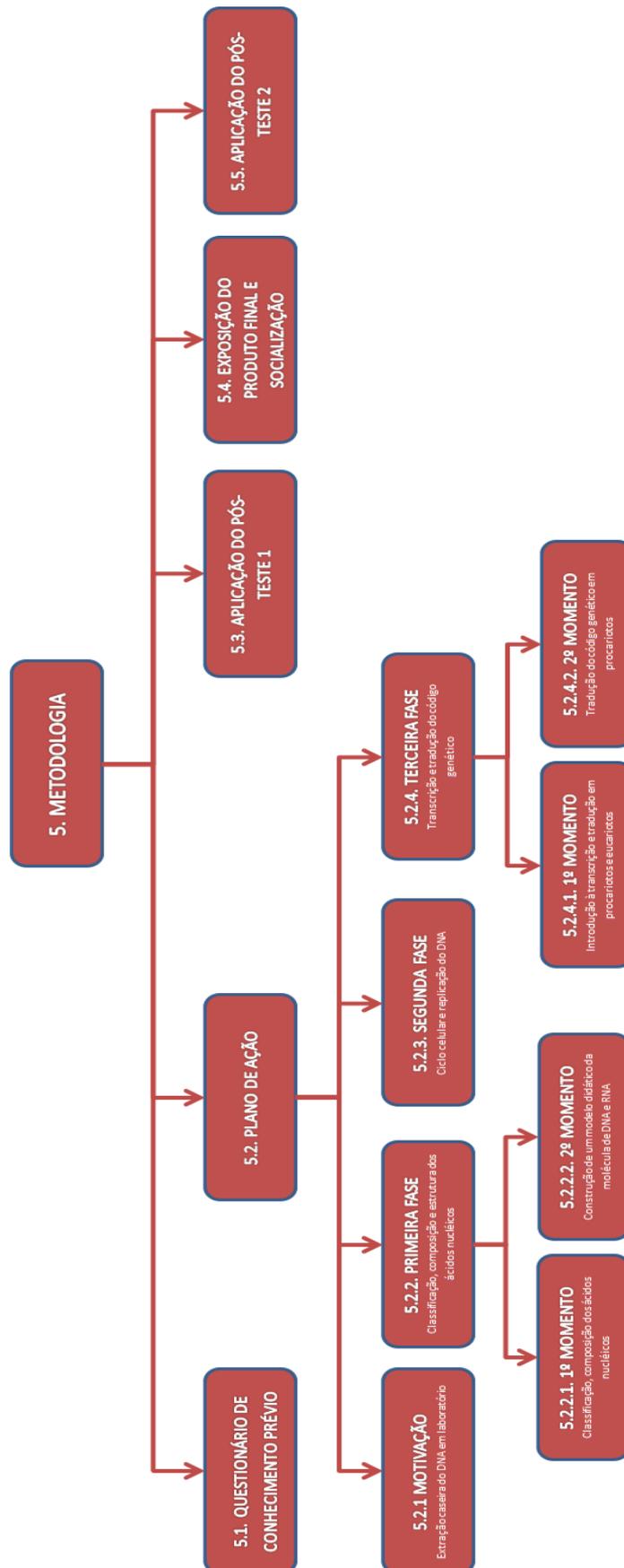
5. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em uma escola da rede estadual de Pernambuco, localizada na área urbana do município de Barreiros-PE, distando 100 km da capital pernambucana - Recife e 165 km da capital alagoana – Maceió. A Escola é classificada como de grande porte e no ano de 2018 trabalhou apenas com o Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos em nível Médio – EJA médio e o Projeto Travessia (Projeto do governo do estado de Pernambuco para atender estudantes em distorção idade/série).

O público-alvo foram 120 estudantes de quatro turmas de terceiro ano do Ensino Médio da escola envolvida, sendo duas turmas do turno da manhã e duas do turno da tarde, as quais tiveram a sua integridade assegurada pela resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012 do Ministério da Saúde e 510 de 07 de abril de 2016, também do CNS.

Após a apropriação do referencial teórico, elaboração e submissão do projeto para apreciação ética, o mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFAL sob o CAAE 84513518.4.0000.5013 e ocorreu em quatro etapas: a primeira etapa envolveu a aplicação dos questionários: de caracterização dos grupos (controle e experimental), e do questionário para avaliação dos conhecimentos prévios (QCP). A segunda etapa abrangeu o plano de ação com abordagem metodológica do conteúdo empregada de forma distinta nos grupos controle e experimental. A terceira etapa envolveu a aplicação do questionário pós-teste 1, aplicado imediatamente após o ensino do conteúdo da pesquisa. Na quarta etapa realizou-se uma exposição dos modelos didáticos utilizados e confeccionados pelo grupo experimental, socializados à comunidade escolar, incluindo o grupo controle. Por fim, na quinta etapa, houve uma reaplicação do questionário de conhecimento prévio, aqui identificado como pós-teste 2. Os detalhes da organização da metodologia estão apresentados na **figura 1**.

Figura 1. Organograma das etapas vivenciadas na metodologia



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

5.1. Aplicação dos questionários de caracterização dos grupos e avaliação prévia dos conhecimentos (QCP).

Envolveram-se nesta etapa, voluntariamente, 120 estudantes de quatro turmas de terceiro ano do Ensino Médio da escola pesquisada nas duas avaliações que antecederam o início das aulas sobre o conteúdo da pesquisa. O objetivo foi diagnosticar os aspectos inerentes à idade, o contato dos estudantes com o conteúdo da pesquisa, como os estudantes avaliam a relevância desta temática e o nível de compreensão dos estudantes frente ao conteúdo abordado. Portanto, além de analisar o *background* do conhecimento prévio dos estudantes, o questionário serviu de parâmetro para a divisão dos grupos controle e experimental, estabelecer uma relação de análise qualitativa dos dados e para o planejamento das aulas que foram abordadas na segunda etapa.

O questionário foi constituído por uma série de perguntas, que foram respondidas por escrito e que continham questões objetivas e dissertativas, conforme se apresenta no **Anexo 1** desta dissertação. Os conteúdos tratados nesta pesquisa foram: a composição dos ácidos nucléicos (DNA e RNA), a replicação do DNA e síntese proteica.

Os nomes dos estudantes foram usados apenas para análises estatísticas dos dados pareados correspondentes às pontuações do questionário de conhecimentos prévios e do pós-teste. O sigilo e a confidencialidade dos estudantes pesquisados foram respeitados, conforme resolução número 466 de 12 de dezembro de 2012, do Ministério da Saúde (CNS/MS) e resolução 510 de 07 de abril de 2016, também do CNS e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido - TALE.

Após a aplicação dos instrumentos da pesquisa, as respostas foram quantificadas e tabuladas para compor os dados iniciais e para a separação dos grupos controle e experimental, conforme o **Quadro 1**.

Quadro 1 - Distribuição das turmas nos grupos controle e experimental.

Turmas	Turno	Nº de estudantes	Grupos
3º B	Manhã	26	Controle
3º C	Manhã	28	Experimental
3º D	Tarde	32	Experimental
3º E	Tarde	34	Controle

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Os conteúdos referentes à Genética Molecular (GM) foram abordados imediatamente após as divisões dos grupos controle e experimental. Estes grupos vivenciaram metodologias distintas, de tal forma que no grupo controle foi empregada a metodologia tradicional, com aulas expositivas, centralizando no professor e utilizando quadro branco para exposição e o livro didático de Ogo e Godoy, 2016. Já no grupo experimental adotou-se uma metodologia ativa, com ensino investigativo com situações-problemas, e utilização de modelos didáticos prontos e de instrumentos para a confecção de novos modelos.

Vale salientar que o plano de ação traçado na metodologia desta dissertação se refere à abordada no grupo experimental na perspectiva de um trabalho voltado para uma aprendizagem ativa e colaborativa. Conforme aponta Bacich e Moran (2018, p. 4) “[...] o aluno amplia sua aprendizagem por meio de diferentes formas de envolvimento, interação e compartilhamento de saberes”. As salas que compõem o grupo experimental foram divididas pelos participantes da pesquisa em 13 equipes, contendo em cada grupo um estudante com os melhores resultados durante os três bimestres anteriores, sendo este o líder de cada grupo, escolhido pelo professor pesquisador e aceito pelos voluntários da pesquisa. Ao todo, foram 6 equipes com estudantes que estudavam no primeiro turno (3º C) e 7 equipes com estudantes que estudavam no segundo turno (3º D).

As aulas foram realizadas numa sequência didática dividida e avaliadas em três fases distintas: Na primeira fase, foi trabalhada a estrutura dos ácidos nucleicos; na segunda, o ciclo celular com foco na fase S da replicação do DNA; e por fim, na terceira fase, a síntese proteica e relação com as mutações.

5.2. Plano de Ação

5.2.1. Motivação

Para Freire (2013), “A motivação faz parte da ação. É um momento da própria ação. Isto é, você se motiva à medida que está atuando, e não antes de atuar”.

Conteúdo: A universalidade da molécula de DNA

Objetivos:

- ✓ Reconhecer conceitos de genética molecular, envolvidos na extração do DNA de morango (*Fragaria vesca*) e banana (*Musa paradisiaca*);
- ✓ Compreender o papel da química e da biologia nos diversos organismos, através da manipulação de produtos que desempenham funções específicas ao isolar o DNA da célula;

- ✓ Propor questionamentos acerca da temática envolvida na pesquisa.

Número de aulas: 2 h/a de 50 min cada

Material:

- ✓ Morangos maduros ou bananas
- ✓ 6 sacos plásticos para maceração das frutas
- ✓ 6 colheres de sopa
- ✓ 6 colheres de chá
- ✓ 18 copos de beakers
- ✓ 6 recipientes contendo sal de cozinha
- ✓ 6 frascos com detergente neutro
- ✓ Frasco com álcool comercial 98% GL
- ✓ 6 provetas ou frascos contendo 150 ml de água
- ✓ 6 peneiras ou coadores de chá
- ✓ 12 tubos de ensaio grandes
- ✓ 6 bastões de vidro, plástico ou madeira
- ✓ 6 protocolos com os procedimentos

Procedimento:

Na intenção de motivar os estudantes e ao mesmo tempo propor algumas problemáticas acerca da temática da pesquisa, cada equipe do grupo experimental foi convidada a ir ao laboratório de ciências da escola para realizar a extração caseira do DNA de morango (*Fragaria vesca*) e de banana (*Musa paradisiaca*), conforme protocolo do Centro de Estudo do Genoma Humano da USP (disponível em: http://genoma.ib.usp.br/sites/default/files/protocolos-de-aulas-praticas/extracao_dna_morango_web1.pdf). Na ocasião (**Apêndice D**), os estudantes puderam realizar o experimento e isolar o DNA. Foi possível inserir alguns questionamentos para reflexão, conforme consta na **Quadro 2**, incluindo: uma pesquisa e estudo para ser realizado extraclasse (em casa ou outros ambientes favoráveis) a partir de vídeos do *Youtube*® acerca da constituição dos ácidos nucleicos. O objetivo desta atividade foi de inverter a sala de aula, pois como afirmam Bergmann e Sams (2018): “O que tradicionalmente é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que tradicionalmente é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula”.

Quadro 2 - Questionamentos realizados após a prática de extração de DNA para pesquisa prévia do conteúdo.

QUESTIONAMENTOS	RESPOSTAS ESPERADAS
Qual a composição da molécula do DNA?	O DNA é composto por subunidades denominadas de nucleotídeos
Qual a composição dos nucleotídeos?	São formados por: um grupo fosfato que se liga a um açúcar pentose e este, por sua vez se liga a uma base nitrogenada que pode ser: Adenina, citosina, guanina ou timina
Qual a diferença entre o DNA e o RNA?	A diferença é que o açúcar do DNA é a desoxirribose e no RNA é a ribose; o RNA não apresenta timina e sim uracila além das outras bases. Quanto à estrutura, geralmente o DNA é composto de fita dupla e o RNA de fita simples.
Quanto à composição da molécula de DNA, você acredita que o DNA extraído do morango e da banana tem diferença em relação ao seu DNA?	Não, pois esta molécula apresenta a mesma composição em todos os seres vivos, isto é o que torna a molécula universal.
O que se pode inferir quando relacionamos os mais diversos seres, com suas mais variadas formas e tamanhos com a universalidade da molécula de DNA?	É possível concluir que todos os seres vivos possam ter apresentado um ancestral comum.
Como o DNA participa na formação das características físicas do indivíduo?	É através do DNA que ocorre a síntese proteica que por sua vez irá refletir nas características físicas do indivíduo juntamente com fator ambiental.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

5.2.2. Primeira fase: classificação, composição e estrutura dos ácidos nucléicos.

5.2.2.1. Primeiro momento: classificação, composição dos ácidos nucléicos.

Conteúdo: Classificação, composição dos ácidos nucléicos.

Objetivos:

- ✓ Reconhecer a relação de complementaridade entre as bases;
- ✓ Reconhecer as regularidades apresentadas na molécula de DNA;
- ✓ Reconhecer a importância da difração de Raios-X realizado por Rosalin Franklin para a composição da molécula de DNA;
- ✓ Calcular o percentual de bases nitrogenadas de um organismo a partir do percentual de uma única base fornecida;
- ✓ Diferenciar DNA de RNA.

Número de aulas: 2 h/a de 50 min cada.

Recursos:

- ✓ 1 modelo didático em material MDF (Medium Density Fiberboard) (**Apêndice E**);
- ✓ 1 atividade impressa em papel A4 (**Quadro 3**);
- ✓ 1 atividade impressa (Situação-problema 1) em papel A4 (**Apêndice 1**).

Procedimentos: Expostos no **Quadro 3**.

Obs.: O professor já deve ter solicitado aos estudantes na aula anterior uma pesquisa sobre a composição dos ácidos nucleicos e recomendar vídeos do *Youtube*® sobre esta temática.

Quadro 3 – Procedimentos sugeridos para estudo da classificação, composição dos ácidos nucleicos em seus respectivos tempos de duração.

Procedimentos	Tempo
1. Expor os objetivos da aula no quadro branco;	3'
2. Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática;	17'
3. Dividir a sala em equipes de 4 a 6 estudantes, a depender do tamanho da turma, e disponibilidade de modelos didáticos;	5'
4. Entregar um modelo didático a cada equipe e, separadamente, as peças que representam bases nitrogenadas e pontes de hidrogênios, conforme a Figura 3B ;	2'
5. Solicitar a cada equipe para alocar as bases nitrogenadas e pontes de hidrogênios de acordo com a afinidade bioquímica entre elas, conforme a Figura 3C ;	8'
6. Entregar o Quadro 4 contendo as questões propostas sem as respostas esperadas;	20'
7. Levantar discussão sobre as respostas atribuídas – por intermédio do professor mediador;	20'
8. Entregar a Situação-problema 1 (Apêndice A);	20'
9. Discussão dos resultados apresentados por cada equipe referente à situação-problema 1.	20'

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Avaliação

- ✓ Participação nas discussões em grupo;
- ✓ Proatividade;
- ✓ Explicação dos resultados para socialização das respostas atribuídas pelo grupo;
- ✓ Resolução dos questionários.

Quadro 4 - Questões propostas com as respostas esperadas, segundo Griffiths et al (2013) para postulações das regularidades propostas Watson e Crick.

Questões	Respostas esperadas
Observando a quantidade de Adenina (A) no DNA apresentado, qual a relação que a equipe conclui em relação à quantidade de Timina (T)?	A quantidade de Adenina é sempre igual à quantidade de Timina.
Observando a quantidade de Citosina (C) no DNA apresentado, qual a relação que a equipe conclui em relação à quantidade de Guanina (G)?	A quantidade de Citosina é sempre igual à quantidade de Guanina.
Observando a quantidade de nucleotídeos pirimídicos (T+C), pode-se inferir que é igual à quantidade de nucleotídeos purínicos (A+G)? Justifique	Sim. Pois a quantidade de nucleotídeos pirimídicos é 5, igual à quantidade de nucleotídeos purínicos.
Observando a quantidade de nucleotídeos A+T, pode-se inferir é igual a quantidade de C+G? Justifique.	Não. Pois a quantidade de A+T é 6, já a quantidade de C + G é 4.
A razão entre A+T/C+G é característico entre organismos da mesma espécie. Por que a razão entre eles não se repete entre organismos de espécies diferentes?	Devido a quantidades diferentes de bases nitrogenadas cada espécie apresenta uma razão específica.
Observando as ligações das pontes de hidrogênios, onde cada linha preta nas peças representa uma ligação, quais são os pares mais estáveis, entre A e T ou entre C e G? Justifique!	As ligações entre C e G são mais estáveis por terem três pontes de hidrogênio, enquanto entre A e T têm apenas duas pontes.
De acordo com a quantidade de cada base nitrogenada do DNA, representando, determine o percentual de cada uma delas.	20% de Citosina e Guanina 30% de Timina e Adenina

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

5.2.2.2. Segundo momento: construção de modelos didáticos de DNA e RNA

Conteúdo: Composição dos ácidos nucleicos

Objetivos:

- ✓ Reconhecer a relação de complementaridade entre as bases, segundo a regra de Chargaff;
- ✓ Calcular o percentual de bases nitrogenadas de um organismo a partir do percentual de uma única base fornecida;
- ✓ Diferenciar DNA de RNA;
- ✓ Reconhecer detalhes intrínsecos a respeito das moléculas de DNA e RNA;
- ✓ Consolidar os conhecimentos alusivos aos objetivos tratados anteriormente.

Número de aulas: 2 h/a de 50 min cada

Recursos: Foi fornecido um kit para cada equipe composto pelos itens descritos abaixo:

- ✓ 1 pasta para alocar os itens com uma etiqueta contendo o nome de todos os itens;
- ✓ Canudos nas cores: amarela, azul, verde e vermelha (quantidades variadas, conforme o **Apêndice G**);
- ✓ Fitas adesivas 12mm x 65mm nas cores: amarela, verde e azul (1 de cada);
- ✓ 2 lápis preto de madeira;
- ✓ 1 régua de 30 cm;
- ✓ 1 tesoura sem ponta;
- ✓ 1 cartela contendo etiquetas para ser colada nas estruturas do modelo didático do DNA (**Apêndice J**).

Procedimentos: Expostos no **Quadro 5**.

Quadro 5 – Procedimentos sugeridos para estudo da composição dos ácidos nucleicos em seus respectivos tempos de duração.

Procedimentos	Tempo
1. Expor os objetivos da aula no quadro branco em papel A4 e lê-los aos estudantes;	2'
2. Dividir a sala em equipes de 4 a 6 estudantes, a depender da quantidade de estudantes e disponibilidade de kits para a construção dos modelos didáticos;	5'
3. Distribuição de uma pasta contendo um kit e um protocolo para cada equipe;	3'
4. Solicitar a confecção de uma molécula de DNA, de acordo com o protocolo fornecido (Apêndice H);	40'
5. Etiquetar cada estrutura correspondente aos componentes do DNA conforme o Apêndice J ;	5'
6. Solicitar a confecção de uma molécula de RNA sem protocolo;	30'
7. Discussão dos resultados de confecção dos modelos didáticos por cada equipe;	15'
8. Recomendar vídeos do Youtube® referente à replicação do DNA. Atividade extraclasse.	

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Avaliação

- ✓ Participação nas discussões no grupo;
- ✓ Proatividade;
- ✓ Explicação dos resultados para socialização das respostas atribuídas pelo grupo;
- ✓ Resolução dos questionários;
- ✓ Participação na confecção dos modelos didáticos.

5.2.3. Segunda fase: Ciclo celular e Replicação do DNA

Conteúdo: Ciclo celular e Replicação da molécula de DNA

Objetivos:

- ✓ Reconhecer que a replicação do DNA ocorre de forma semiconservativa;
- ✓ Reconhecer detalhes intrínsecos na replicação do DNA com uso de modelos didáticos;
- ✓ Reconhecer o papel das enzimas helicase e polimerase III na replicação do DNA.
- ✓ Compreender que a replicação ocorre sempre no sentido 5' para 3'

Número de aulas: 3 h/a de 50 min cada.

Recursos por equipe:

- ✓ 1 Modelo didático em material MDF representando a replicação semiconservativa em procariotos e eucariotos (**Apêndice M**).
- ✓ Texto-chave para alocar as peças em material MDF no modelo referente à replicação do DNA em procariotos e eucariotos;
- ✓ 1 Modelo didático da molécula de DNA, confeccionado na aula anterior;
- ✓ 1 Tesoura;
- ✓ Modelos didáticos de nucleotídeos isolados com as 4 bases nitrogenadas, (**Apêndice K**);
- ✓ 1 Celular ou máquina fotográfica para registro de imagens.

Procedimentos: Expostos no **quadro 6**.

Quadro 6 – Procedimentos sugeridos para estudo do ciclo celular e replicação da molécula de DNA em seus respectivos tempos de duração.

Procedimentos	Tempo
1. Expor os objetivos da aula no quadro branco em papel A4 e lê-los aos estudantes;	2'
2. Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática;	10'
3. Dividir a sala em equipes de 4 a 6 estudantes (a depender da quantidade de estudantes e do número de modelos didáticos disponíveis);	5'
4. Entregar um modelo didático para cada equipe (um tabuleiro e 14 peças) referente a replicação do DNA e uma a folha de papel A4 contendo os textos-chaves conforme o Quadro 7 ;	2'
5. Solicitar a escolha de um dos estudantes da equipe para fazer a leitura dos textos-chaves na ordem em que está apresentado no Quadro 7 ;	1'
6. Todos os demais integrantes da equipe precisam se articular para descobrir qual o termo (peça em material MDF) se refere ao texto-chave e alocar a peça no tabuleiro; continuar a leitura do texto na ordem alfabética indicativa no texto chave, até que todas as peças estejam devidamente sobrepostas no tabuleiro;	20'
7. Solicitar que todas as equipes mostrem seus resultados e tentem justificar o porquê de terem feito daquela forma;	10'
8. Solicitar que cada equipe realize a replicação semiconservativa de acordo com cada etapa apresentada no Quadro 8 , fornecendo os nucleotídeos isolados em modelo didático (Apêndice K) às equipes, fotografando cada etapa;	40'
9. Compartilhar as fotos das três principais fases da replicação do DNA utilizando o aplicativo Whatsapp®;	10'
10. Aplicação de situação-problema 2, referente a replicação do DNA (Apêndice B);	30'
11. Discussão dos resultados da situação-problema 2.	20'

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Avaliação

- ✓ Participação nas discussões no grupo;
- ✓ Proatividade;
- ✓ Explicação dos resultados para socialização das respostas atribuídas pelo grupo;
- ✓ Resolução das situações-problemas;
- ✓ Participação na confecção dos modelos didáticos.

Quadro 7 - Textos-chaves que orientam a localização das peças no modelo didático no Apêndice M.

LETRAS	TEXTOS-CHAVES UTILIZADOS PARA ALOCAR AS PEÇAS DO MODELO DIDÁTICO REFERENTE À REPLICAÇÃO
A	Termo que se refere a molécula de ácido desoxirribonucleico – molécula que apresenta duas fitas que será replicada na fase S da interfase (Fase que antecede a duplicação da célula);
B	A imagem representa uma longa cadeia de um organismo eucarioto, composta de dupla-hélice em que cada hélice servirá de molde ou modelo para a cópia de ambas;
C	Cromossomo circular de <i>Eschericia coli</i> (bactéria), com seu DNA em dupla hélice;
D	Termo que se refere a primeira fase da replicação do DNA – Nesta fase forma(m)-se a(s) bolha(s) de replicação;
E	Pelo tamanho do DNA em eucariotos a replicação ocorre em vários pontos da cadeia de forma bidirecional. Portanto, há a formação de muitos replicons.
F	Em <i>E. coli</i> a replicação também é bidirecional, no entanto, com um único replicon;
G	Termo utilizado para demonstrar que as origens de replicação ampliaram sua atividade;
H	Fusão dos replicons em eucariotos;
I	Extensão da origem de replicação no DNA em <i>E. coli</i> ;
J	Termo que representa a replicação semiconservativa;
K	Imagem que representa o resultado didático de uma replicação semiconservativa em eucarioto, composta de duas fitas duplas, ou dois DNAs, cada um contendo uma fita antiga e outra recém-sintetizada;
L	Imagem que representa o resultado didático de uma replicação semiconservativa em procarioto, composta de duas fitas duplas circulares, ou dois DNAs, cada um contendo uma fita antiga e outra recém-sintetizada;
M	Como o acréscimo ocorre apenas nas pontas 3', a polimerização em um molde é descontínua em trechos curtos (Fragmentos de Okazaki); Cadeia retardada. Lembre-se: a outra fita é antiparalela;
N	Fita contínua, produzindo o filamento contínuo (<i>leading</i>), sempre no sentido 5' para 3'. Lembrete: posição antiparalela.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 8 - Representação simplificada das etapas da replicação do DNA.

Etapas	Ação	Enzima
1ª etapa	Rompimentos das pontes de hidrogênio	Helicase
2ª etapa	Encaixe dos nucleotídeos livres	Polimerase III
3ª etapa	Formação de duas moléculas de DNA. Replicação semiconservativa.	Várias

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

5.2.4. Terceira fase: Transcrição e Tradução do Código Genético.

5.2.4.1. Primeiro momento: introdução à transcrição e tradução em procariotos e eucariotos

Conteúdo: Transcrição e tradução em procariotos e eucariotos

Objetivos:

- ✓ Compreender resumidamente as principais etapas da transcrição e da tradução do código genético em procariotos e eucariotos.
- ✓ Diferenciar a síntese proteica em procariotos e eucariotos e relacioná-los ao Dogma Central da Biologia;

Número de aulas: 1 h/a de 50 min cada.

Materiais:

- ✓ Modelo didático (Tabuleiro e peças) em material MDF que representa as fases de transcrição e tradução do código genético em procariotos e eucariotos (**Apêndice N**).
- ✓ Texto chave para alocar as peças em material MDF no modelo referente à síntese proteica;
- ✓ Atividade impressão: Situação-problema 3 (**Apêndice C**)

Procedimentos: Expostos no **Quadro 9**.

Quadro 9 – Procedimentos sugeridos para diferenciar a replicação do DNA em procariotos e eucariotos em seus respectivos tempos de duração.

Procedimentos	Tempo
1. Expor os objetivos da aula no quadro branco em papel A4 e lê-los aos estudantes;	2'
2. Levantar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática;	8'
3. Dividir a sala em equipes de 4 a 6 estudantes (a depender da quantidade de estudantes e do número de modelos didáticos disponíveis);	5'
4. Entregar um modelo didático para cada equipe (um tabuleiro e 20 peças) referente à Síntese proteica e uma folha de papel A4 contendo os textos-chaves, conforme o Quadro 10 ;	2'
5. Solicitar a escolha de um dos estudantes da equipe para fazer a leitura dos textos-chaves na ordem em que está apresentado no Quadro 10 ;	1'
6. Todos os demais integrantes da equipe precisam se articular para descobrir qual o termo (peça em material MDF) se refere ao texto-chave e alocar a peça no tabuleiro; continuar a leitura do texto na ordem numérica indicativa no texto chave, até que todas as peças estejam devidamente sobrepostas no tabuleiro;	22'
7. Discussão dos resultados - Solicitar que todas as equipes mostrem seus resultados e tentem justificar o porquê de terem feito daquela forma.	10'

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Avaliação

- ✓ Participação nas discussões;
- ✓ Protagonismo;
- ✓ Resolução dos questionários;
- ✓ Participação na construção dos modelos didáticos.

Quadro 10 - Textos chaves para a alocação das peças no modelo didático (Apêndice N).

Nº	TEXTOS-CHAVES UTILIZADOS PARA ALOCAR AS PEÇAS DO MODELO DIDÁTICO REFERENTE À SÍNTESE PROTEICA
1	Molécula de ácido desoxirribonucleico, empregada para identificar pessoas em casos de crimes e de paternidade, bem como para estabelecer as relações de parentescos entre os vários organismos numa árvore filogenética.
2	Ácido ribonucleico pré-mensageiro; ainda com os íntrons que são posteriormente removidos; presentes apenas em células eucarióticas.
3	A primeira etapa na transferência da informação do gene para a proteína. Processo de formação do ácido ribonucleico a partir da cadeia-molde de DNA. Sinônimo de copiar, escrever.
4	Processo que remove os íntrons e liga os éxons, só ocorre em células eucarióticas, já que o DNA das células procarióticas não possui íntrons.
5	Refere-se a molécula de ácido ribonucleico (mensageiro).
6	Processo de leitura e interpretação do código genético, a partir de uma sequência linear de nucleotídeos em aminoácidos.
7	Cadeia polipeptídica responsável pelas características fenotípicas do indivíduo.
8	Processo de duplicação dos ácidos nucleicos. No DNA ocorre de forma semiconservativa.
9	Processo que ocorre em vírus que conseguem produzir DNA a partir do RNA, através da enzima transcriptase reversa.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

5.2.4.2. Segundo momento: Tradução do código genético em procariotos

Conteúdo: Tradução do código genético em procariotos

Objetivos:

- ✓ Estabelecer coerentemente os mecanismos de tradução do código genético a partir da oficina proposta por Amabis e Martho (1998); Oficina disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/55550470/Codigo-Genetico-e-Sintese-de-Proteinas>;
- ✓ Compreender que o código genético é estabelecido em trincas de bases chamados e códon;
- ✓ Reconhecer que para cada códon no RNA mensageiro há um anticódon no RNA transportador;
- ✓ Reconhecer que cada RNA transportador carrega um aminoácido (subunidade da proteína);

- ✓ Compreender que alterações nos nucleotídeos do DNA podem permitir a mudança de aminoácido ocasionando a modificação da proteína.

Número de aulas: 2 h/a de 50 min cada.

Recursos por equipe:

- ✓ 1 Modelo didático em material MDF (Tradução do código genético) adaptado de Amabis e Martho (1998);
- ✓ 1 Protocolo da atividade em papel A4, conforme Amabis e Martho (1998) por equipe (**Anexo E**);
- ✓ 1 Folha de papel cartão A4 para recortar (**Anexo F**);
- ✓ 1 Situação-problema 3 em papel A4 impresso adaptado de Amabis e Martho (1998) (**Apêndice C**);
- ✓ 1 folha de papel em branco A4;
- ✓ 1 cola branca.

Procedimentos: Expostos no **Quadro 11**.

Quadro 11 – Procedimentos sugeridos para da tradução do código genético em procariotos em seus respectivos tempos de duração.

Procedimentos	Tempo
1. Expor os objetivos da aula no quadro branco em papel A4 e lê-los aos estudantes;	3'
2. Dividir a sala em equipes de 4 a 6 estudantes, a depender da quantidade de estudantes e do número de modelos didáticos disponíveis;	5'
3. Entregar o protocolo da aula prática para cada equipe referente a síntese proteica, uma folha de papel A4 e uma cola branca;	2'
4. Solicitar que cada equipe realize a prática conforme o protocolo;	40'
5. Ao final do protocolo, cada equipe recebe a situação-problema 3 e inicia a resolução das questões;	1'
6. De acordo com a sequência de aminoácidos estabelecida no modelo didático de papel, cada equipe deverá indicar o tipo de proteína produzida e responder o “Quem sou eu?” no verso da folha, podendo utilizar instrumentos que possibilitem o acesso à internet;	19'
7. Ao final, cada equipe deverá apresentar quais as consequências são observadas por um indivíduo que não consegue produzir aquele tipo de proteína.	30'

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Avaliação

- ✓ Participação nas discussões;
- ✓ Protagonismo;
- ✓ Resolução dos questionários;
- ✓ Participação na construção dos modelos didáticos.

5.3. Aplicação do pós-teste 1

Na intenção de estabelecer uma análise experimental e observacional dos resultados da pesquisa, os estudantes foram submetidos a uma primeira avaliação pós-teste. Esta primeira avaliação foi aplicada logo após a conclusão das aulas aplicadas com diferentes metodologias nos grupos controle e experimental e contou com 15 questões, sendo 12 questões de múltipla escolha e 3 questões abertas (**Anexo C**). Vale salientar que o nível de dificuldade desta primeira avaliação pós-teste foi maior, se comparado ao pré-teste, visto que os estudantes já haviam vivenciado o estudo do conteúdo da pesquisa.

5.4. Exposição do produto final e socialização

Ao acatar a sugestão da banca durante a qualificação do projeto de pesquisa, oportunizou-se o grupo controle na vivência das experiências que foram desenvolvidas com o grupo experimental, após a avaliação pós-teste 1. Os pesquisadores realizaram uma culminância do projeto, possibilitando uma apresentação dos modelos didáticos realizada por cada equipe do grupo experimental. A atividade ocorreu no auditório da escola no mesmo horário das aulas de biologia, com a finalidade de socializar para toda a comunidade escolar (em especial o grupo controle) os produtos da pesquisa, democratizando as possibilidades de envolvimento dos roteiros aplicados com o grupo experimental.

O grupo controle desde o começo da pesquisa, foi um grupo ativo no processo, no entanto, não tiveram a oportunidade de vivenciar as práticas com modelos didáticos durante o percurso da pesquisa. Assim, esta vivência possibilitou um envolvimento não só do grupo controle na participação das oficinas de uso e construção de modelos didáticos, mas também um aprofundamento do conteúdo do grupo experimental, pois este último, teve a responsabilidade de consolidar conhecimentos, antes não consolidados, para apresentar seus trabalhos (**Apêndice O**).

5.5. Aplicação do pós-teste 2

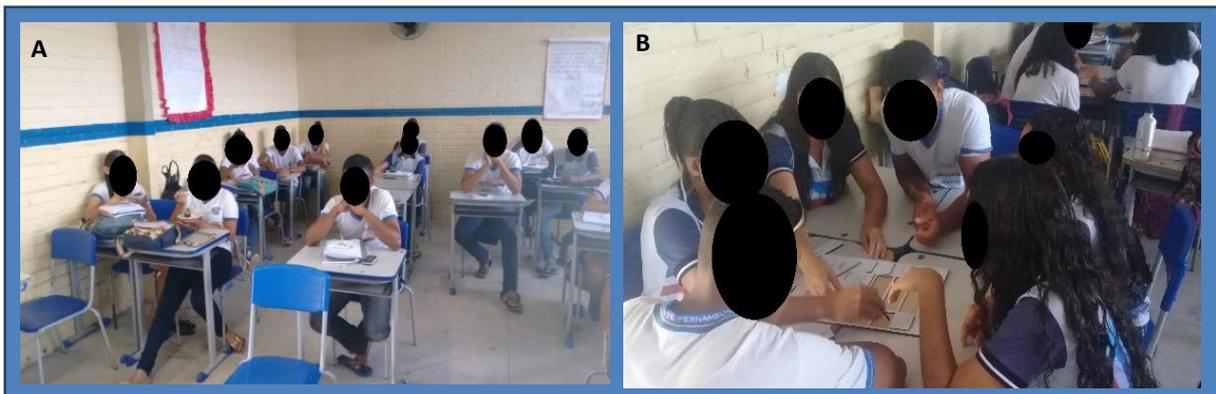
Sem aviso prévio, passadas duas semanas do final da aplicação da pesquisa, em pleno período de provas bimestrais, os estudantes receberam uma nova atividade pós-teste (Pós-teste 2). Desta vez, idêntico a primeira avaliação (QCP) agregado a uma autoavaliação (**Anexo D**). O objetivo foi o de resgatar a compreensão dos estudantes acerca da temática da pesquisa e estabelecer uma comparação dos resultados com o pós-teste anterior, aferindo se de fato a aprendizagem foi consolidada.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Análise qualitativa

Considerando que houve aplicações de diferentes abordagens metodológicas atribuídas nos dois grupos (controle e experimental) da pesquisa conforme **Figura 2**, notadamente infere-se diferentes formas de envolvimento dos participantes da pesquisa numa análise qualitativa.

Figura 2 - Fotos dos estudantes dos grupos controle e experimental submetidos à diferentes abordagens metodológicas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

É possível observar na **Figura 2A** que os estudantes do grupo controle estão em uma sala organizada com as carteiras em fileiras de forma tradicional, cujo elemento principal no processo de ensino-aprendizagem é pautado no professor e o estudante é um sujeito passivo diante desta metodologia. Na **Figura 2B**, fotos dos estudantes do grupo experimental organizados em grupos, realizando aprendizagem colaborativa com uso de modelos didáticos, cujo foco principal no processo de ensino-aprendizagem é o estudante, este, por sua vez, diante de uma metodologia ativa passa a ser protagonista de sua própria aprendizagem.

6.1.1. Resultados da pesquisa na 1ª fase - 1º momento.

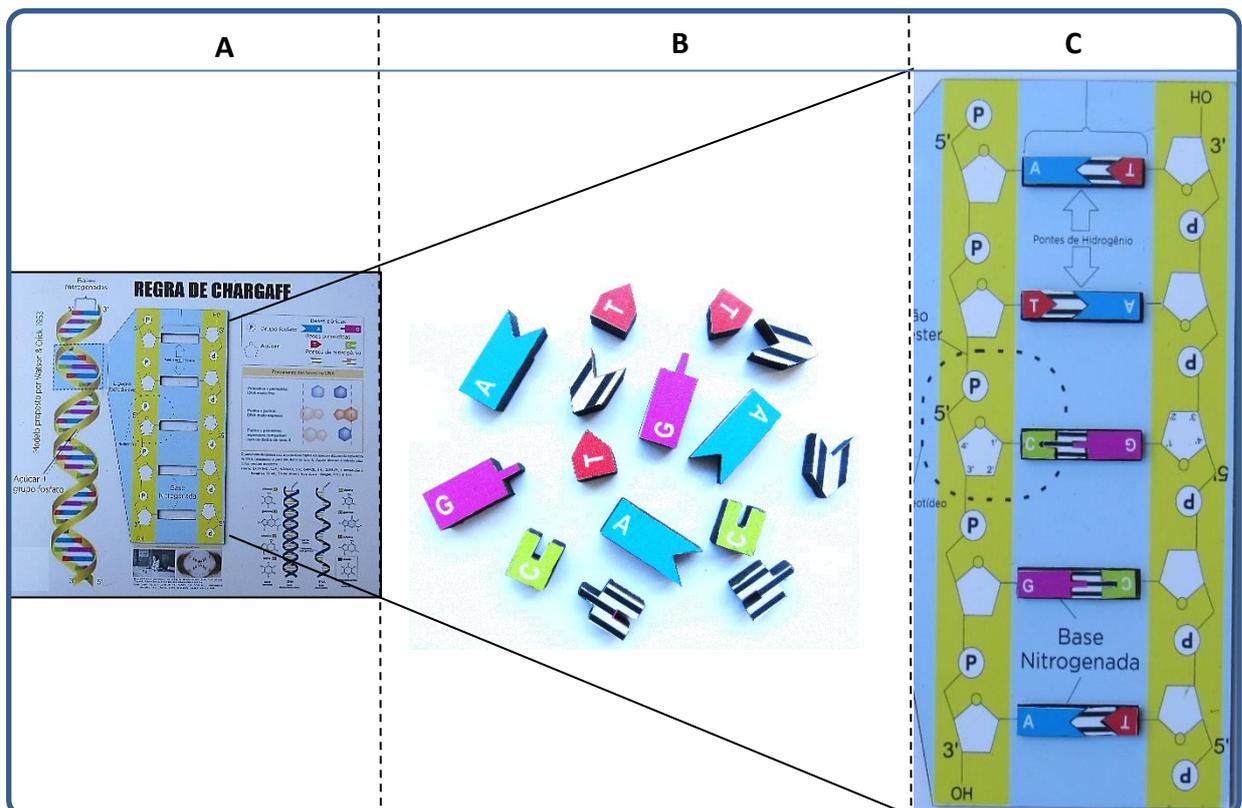
A aula se iniciou quando o professor expôs os objetivos da aula no quadro branco e solicitou que os estudantes transcrevessem em seus cadernos. De posse dos resultados da pesquisa realizada anteriormente, na sala de aula se iniciou uma discussão para resgatar os

conhecimentos prévios referente a classificação, composição e estrutura dos ácidos nucleicos, adotando uma metodologia ativa de aprendizagem.

Em seguida, os estudantes do grupo experimental receberam o primeiro modelo didático que abordava a Regra de Chargaff - um tabuleiro em material MDF com a estrutura impressa do DNA contendo espaços na região central para alocar as peças que representavam as bases nitrogenadas e pontes de hidrogênios, conforme o **Apêndice E**. Na oportunidade, os estudantes estabeleceram a relação de complementaridade entre as bases nitrogenadas, ou seja, conectaram a peça da base nitrogenada Adenina (A) a peça que representava a base nitrogenada Timina (T) através de uma peça central que representava as pontes de hidrogênios. Ao mesmo tempo, conectaram a peça que representa a base nitrogenada Citosina (C) a Guanina (G) através de uma peça central que representava as três pontes de hidrogênio.

Neste intermédio, os estudantes analisaram as informações apresentadas e discutiram as possibilidades de complementaridade das bases nitrogenadas, de acordo com a sua forma, pois propositalmente, estes modelos apresentavam encaixes perfeitos com extremidades coesivas, conforme **Figura 2B**.

Figura 3 - Modelo Didático em material MDF representando a regra de complementaridade entre as bases nitrogenadas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Observa-se na **Figura 3A** – O modelo didático para se trabalhar a regra da complementaridade entre as bases nitrogenadas propostas por Watson e Crick, 1953 ; na **Figura 3B** – Bases nitrogenadas e pontes de hidrogênio com extremidades coesivas; na **Figura 3C** – Imagem ampliada de uma possibilidade de arranjo das bases e suas pontes de hidrogênios, apresentada por uma das equipes.

Intuitivamente, os estudantes puderam estabelecer relações de afinidades entre as bases nitrogenadas (A com T e C com G), simulando na prática a afinidade bioquímica, tendenciados a concluir da mesma forma que Watson e Crick em sua análise molecular. Imediatamente, após a alocação das peças (Figura 1 C), que não durou mais do que 10 minutos, e considerando a universalidade da molécula de DNA, os estudantes foram desafiados a postular as regularidades observadas nesta prática, de acordo com as problematizações apresentadas no **Quadro 3** conforme consta as imagens no **Apêndice F**.

Em seguida, o professor levantou uma discussão acerca das respostas atribuídas em cada questão por cada equipe, fazendo as devidas intervenções. Ao final desta etapa, foi entregue a cada uma equipe a Situação-problema 1 (**Apêndice A**) que foi respondida e novamente abriu-se uma discussão para a correção coletiva deste questionário.

Após as arguições dos componentes das equipes, os estudantes puderam associar os conhecimentos construídos utilizando uma atividade impressa, para responder a Situação-problema 1, contextualizando a regra de Chargaff, e composição dos ácidos nucleicos, conforme consta no **Apêndice A**. Desta forma, puderam determinar as porcentagens das bases nitrogenadas em DNAs de diferentes organismos, aplicando conhecimentos da matemática e da química como metodologia interdisciplinar no processo de ensino-aprendizagem. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, 1996), um dos princípios básicos da educação está pautado no pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas, numa perspectiva, inter, multi e transdisciplinar permitindo o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico.

6.1.2. Resultados da pesquisa 1ª fase - 2º momento.

No início desta aula, o professor expôs os objetivos no quadro e foram lidos para os estudantes, em seguida, os estes foram divididos em equipes de 5 estudantes. Cada equipe recebeu um protocolo e um kit contendo todos os materiais necessários para a confecção de uma molécula de DNA em dupla hélice.

Após os estudantes conferirem se seu kit continha todos os itens destacados na etiqueta da pasta, puderam iniciar a confecção da molécula de DNA, conforme protocolo. Importante ressaltar que cada equipe construiu um DNA com diferentes quantidades de bases nitrogenadas, pois cada pasta continha quantidades específicas de canudos que representavam essas bases.

Após a confecção deste modelo, os estudantes etiquetaram a estrutura da molécula de DNA e suas principais ligações, indicando cada uma das bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina e timina); o grupo fosfato, a pentose e as ligações fosfodiéster e por pontes de hidrogênio (**Apêndice J**).

Na intenção de promover a inquietação nos estudantes no que concerne a confecção do modelo didático, os mesmos, após concluírem a estrutura da molécula de DNA (**Apêndice I**), foram desafiados a construir uma molécula de RNA na mesma proposta, porém sem o uso de um protocolo específico.

Em súmula, fizeram parte da primeira fase da avaliação formativa do grupo experimental: uma atividade roteiro para determinar as regularidades da molécula de DNA, um texto sobre a natureza química e estrutura do DNA com situação-problema, um modelo didático para utilização e dois modelos didáticos que foram construídos, todos desenvolvidos em equipe. Já o grupo controle utilizou apenas atividades do livro didático para a resolução individual. Porém, ao final, os estudantes pertencentes aos dois grupos foram capazes de responder aos mais variados objetivos específicos de aprendizagem, alusivos à compreensão da composição e estrutura dos ácidos nucleicos.

Ao final, o professor recomendou alguns vídeos do Youtube® e do KhanAcademy® que abordam as etapas da replicação do DNA, servindo de base conceitual para a próxima aula.

6.1.3. Resultados da pesquisa - 2ª fase.

Inicialmente o professor expos os objetivos da aula no quadro branco em papel A4 e os leu para os estudantes. Em seguida, os estudantes foram divididos em grupo com 5 estudantes. De forma expositiva, com uso de projetor de imagem, a aula foi iniciada com os grupos controle e experimental revisando as etapas que acontecem no ciclo celular, com destaque na fase S (Interfase). Foi apresentado resumidamente como ocorre a replicação do DNA tanto em procariotos como em eucariotos e sua importância. Para Griffiths et al (2013), “Esse é o modo pelo qual a vida perpetua sua cópia através do tempo, tanto na produção de

novas gerações como na regeneração de um novo organismo vivo a partir de uma única célula progenitora como um ovócito fertilizado.” Ao final, os estudantes assistiram ao vídeo a partir do link < <https://www.youtube.com/watch?v=T3RK7w0nfOc>.> que aborda as etapas da replicação do DNA.

Enquanto os estudantes que compuseram o grupo controle continuaram a aula fazendo atividades do livro didático, os estudantes do grupo experimental receberam um modelo didático em material MDF com algumas peças que precisaram ser alocadas no tabuleiro, de modo que atendessem a sequência correta de eventos que ocorrem durante a replicação do DNA em procariotos e eucariotos (**Apêndice M**). O tabuleiro que representa este modelo em material MDF apresenta reentrâncias com letras em ordem alfabética nos espaços próprios para alocar as 14 peças dotadas de uma frase, indicando a fase da replicação, ou uma imagem representando uma das etapas do DNA em replicação ou replicado.

Para que as peças fossem devidamente alocadas, de acordo com a ordem dos acontecimentos no processo de replicação em eucariotos e procariotos, cada letra presente nos espaços do tabuleiro apresentavam correspondência com as letras indicadas no **Quadro 4** com seus respectivos textos-chaves. À medida que um dos estudantes lia cada um dos textos-chaves, os demais componentes da equipe analisavam a possibilidade da peça se encaixar no local apropriado.

Finalizada esta etapa, os estudantes tiveram que defender a hipótese da sequência de eventos atribuídos por sua equipe baseados em um conhecimento adquirido anteriormente. Portanto, abriu-se uma discussão para analisar as justificativas, confrontando cada uma das sequências apresentadas, favorecendo um ambiente de reflexão da prática e tratando o erro como uma estratégia didática, uma possibilidade de aprendizagem, pois como aponta Carvalho, (1997, p 54) “Não existimos para decretar fracassos, mas promover aprendizagens”.

Na sequência, o professor forneceu um conjunto de nucleotídeos individualizados em modelos didáticos com canudos (**Apêndice K**), para montar e fotografar simplificada cada etapa da replicação do DNA, conforme o **Quadro 5**, utilizando o modelo didático confeccionado anteriormente. A aplicação desta atividade está ilustrada no **Apêndice L**, sendo esta imagem fotografada e enviada pelo aplicativo *Whatsapp*® por uma das equipes.

Na intenção de permitir a consolidação do conhecimento nesta temática para o nível ao qual se enquadram os participantes desta pesquisa, os estudantes que compõem o grupo experimental receberam uma atividade em papel A4 com a situação-problema 2 (**Apêndice B**) com dois textos cujos temas são: “Alta fidelidade da replicação do DNA genômico” (trecho adaptado do livro de Griffiths et al 2016) e “Células imortais contam aos cientistas história da

evolução da humanidade” (Adaptado de O Globo, apud UERJ 1997, disponível em <http://biologia.hi7.co/-uerj-1997---biologia-molecular-56ce24965bac5.html>). Textos que auxiliam a compreensão da importância da replicação na manutenção da vida subsidiam a resolução de algumas questões.

Ao final, ocorreu uma discussão dos resultados atribuídos a situação-problema 2 com a participação efetiva dos estudantes no que tange aos conhecimentos envolvidos. Em seguida, os estudantes do grupo experimental ficaram de pesquisar e estudar através de vídeos acerca dos processos de transcrição e tradução do código genético, “invertendo” novamente sala de aula.

6.1.4. Resultados da pesquisa 3ª Fase – 1º momento.

No início desta aula, o professor expôs os objetivos no quadro e os leu para os estudantes. Neste momento, o professor sugeriu que os estudantes formassem equipes de 4 a 6 estudantes cada, a depender da quantidade de estudantes e de modelos didáticos. Na sequência, o professor fez uma discussão a respeito dos processos envolvidos na produção da proteína como a transcrição e a tradução do código genético universal, credenciais que determinam o Dogma Central da Biologia Molecular.

Em seguida, foi entregue a cada equipe um modelo didático que trata da síntese proteica em procariotos, eucariotos e o esquema do dogma central da Biologia Molecular. O tabuleiro que representa este modelo em material MDF, apresenta reentrâncias com numerais indo-arábicos de 1 a 9 com espaços próprios para alocar as 20 peças em MDF dotadas de uma palavra ou sigla (termo), portanto, os numerais e termos se repetem mais de uma vez.

Para que as peças fossem devidamente alocadas, de acordo com a ordem dos acontecimentos no processo de síntese proteica em procariotos, eucarionte e as suas relações com dogma central da biologia, cada numeral presente nos espaços no tabuleiro apresentavam correspondência com os numerais indicados no **Quadro 6** com seus respectivos textos-chaves. À medida que um dos estudantes lia cada um dos textos-chaves os demais componentes da equipe analisavam a possibilidade do termo se encaixar no local apropriado. Em seguida o professor solicitou que cada equipe defendesse suas hipóteses, levantando discussão acerca das repostas atribuídas.

6.1.5. Resultados da pesquisa 3ª Fase – 2º momento.

A tradução do código genético foi realizada através de uma prática que teve como base uma adaptação da oficina referente a tradução do código genético proposta por Amabis e Martho (1998), cujo modelo é intitulado: “Trabalhando com modelo para a síntese de proteínas”. Esta atividade é importante para a compreensão das etapas que envolvem os mecanismos que levam ao encadeamento dos aminoácidos, a partir da sequência de RNA mensageiro.

No dia anterior a esta prática, cada equipe recebeu uma folha em papel cartão para recortar cada uma das estruturas envolvidas no processo de síntese proteica, conforme expostas no **Anexo F** dentre elas: uma molécula de RNA mensageiro, 10 RNAs transportadores, 1 fator de terminação, e 10 aminoácidos. Vale salientar que cada equipe recebeu uma sequência de RNA mensageiro diferente, o que produziria na prática sequências de aminoácidos distintas, portanto, diferentes proteínas.

No dia desta prática, o professor pode estabelecer uma sequência de etapas que se envolve na tradução do código genético, utilizando um modelo didático em material MDF. Ressalta-se que a sequência dos nucleotídeos do RNA mensageiro (RNAm) foi comum a sequência apresentada na oficina desenvolvida por Amabis e Martho (1998). As sequências de RNA mensageiros propostos como desafios para as equipes, foram divergentes, no entanto, se utilizou a mesma proposta.

Devido as sequências de RNAm distintas, confeccionadas nesta pesquisa e inspiradas na oficina proposta por Amabis e Martho (1998), cada equipe, acabou produzindo sequências de aminoácidos que coincide com uma das sequências de aminoácidos explicitadas na tabela da Situação-problema 3 (**Apêndice C**), conferindo, então, o conjunto de aminoácidos que é comum com o produzido naquela sequência de RNAm da equipe. A equipe, indicou com um “x” e verificou no verso da folha quais as dicas do “Quem sou eu?” de acordo com o numeral indicado. Em seguida, a equipe pesquisou (na internet) essas características e concluiu qual a proteína envolvida para aquela sequência de RNAm.

As proteínas indicadas nesta atividade eram todas relacionadas aos seres humanos, totalizando dez proteínas, sendo: miosina, catalase, hemoglobina, distrofina, insulina, glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD), melanina, fibrinogênio, elastina e queratina. Como afirma Trivelato (1998), “exemplos relacionados a seres humanos deixam os alunos mais interessados no ensino de genética” e ratificada por Prochazka e Franzolin (2018); Melo e Carmo (2009) que afirmam que estudos envolvendo características humanas os estudantes

acabam se envolvendo em discussões, motivados pelo conhecimento de suas próprias características.

Por fim, os estudantes precisaram responder, quais as consequências previstas para uma pessoa que não consegue produzir aquele tipo de proteína, compartilhando saberes e divulgando seus resultados para todos da sala. Algumas respostas atribuídas para este questionamento, estão explicitadas a seguir:

- Ausência de melanina: “[...] *causa o albinismo, ficam com a pele “sensível” não pode passar muito tempo no sol [...]*” (Equipe C1).
- Ausência de catalase: “*intoxicação em todo o corpo*” (Equipe D2).
- Ausência de insulina: “*com a ausência da insulina, a glicose acumula-se no sangue e na urina causando diabetes.*” (Equipe D4).

Durante a análise dos resultados e discussão das respostas pelos componentes das equipes, os estudantes exerceram o protagonismo de sua própria aprendizagem, configurando numa aprendizagem ativa, reflexiva, participativa e cooperativa, além de estabelecer relações interpessoais, discutindo opiniões, respeitando as singularidades e atribuindo respostas consensuais que melhor atendessem a solução daquelas situações problematizadoras. O papel do professor neste contexto foi de mediador da aprendizagem, arguindo e ao mesmo tempo levantando algumas reflexões acerca da temática, conforme aponta Bacich & Moran (2018. p.4). Para Carvalho (2018 p. 109),

Durante o desenvolvimento de cada uma das propostas, o professor precisa estar observando sempre e de modo muito cuidadoso quais são as iniciativas dos alunos, quais as principais dificuldades e dúvidas. Com base nesse acompanhamento contínuo das ações, o professor poderá desenvolver a mediação necessária ao diálogo entre as possibilidades de atuação e as ideias dos alunos e as concepções e explicações científicas que deseja ensinar.

Durante as aulas realizadas no grupo experimental percebeu-se a interação entre os componentes das equipes para a confecção dos modelos didáticos, e foi notável que a própria construção dos modelos permitiu aos estudantes a visualização de muitos detalhes intrínsecos que antes não foi percebido e como acrescenta Orlando et al. (2009, p.2) a construção de modelos didáticos permitiu revisar o conteúdo e potencializar as habilidades artísticas, gerando, desta forma a autonomia na construção do conhecimento.

Quanto a estratégia metodológica utilizada no grupo controle, apesar da maioria dos estudantes ter avaliado positivamente, muitos indicaram como sugestão a realização de aulas práticas como um fator importante para a aprendizagem, conforme relatos a seguir:

- *“fazer trabalhos didáticos e práticos com os alunos”* (Estudante B1)
- *“Mais prática do que teórica”* (Estudante B2)
- *“creio que o ensino com Datashow melhora o aprendizado, sem falar que a atenção dos alunos na sala de aula melhora.”* (Estudante B3)
- *“Utilizar materiais que envolvem os alunos e que prendam a atenção deles para que possam manter os mesmos interessados pode ser de grande ajuda.”* (Estudante B4)
- *“Uso de materiais como: slide, vídeos, aulas no laboratório, aplicação de trabalho em grupo.”* (Estudante B5)
- *“modelos didáticos, datashow.”*
- *“usar mais materiais didáticos e ir mais para o laboratório escolar e mais recursos.”* (Estudante E1)
- *“que tivesse um laboratório adequado para as aulas de genética e não ficasse só em sala de aula.”* (Estudante E2)

Vale salientar que a metodologia tradicional de ensino não implica em negação da aprendizagem, visto que, este tipo de metodologia foi e continua a ser a mais utilizada entre professores em todos os níveis de ensino e componentes curriculares, tendo portanto, seu devido valor, mesmo tendo encontrado resistência desde a década de 60 do século passado (LINHA TRADICIONAL, 2008), pois relatos como o estudante E3, pertencente ao grupo controle, ao ser perguntado sobre as sugestões referentes ao tipo de metodologia, ele recomenda: *“nenhuma, porque a aula de genética molecular foi a melhor que eu vivenciei...”* (Estudante E3).

Mesmo diante de tal afirmação, a estratégia metodológica utilizada no grupo experimental para as aulas de genética molecular com o uso do produto, teve impacto positivo e grande aceitação pelos estudantes, pois os mesmos se mostraram motivados e participativos e, como estes se reconheceram como agentes ativos no processo de ensino-aprendizagem, ocorreram poucas ou nenhuma ausência no transcorrer da pesquisa. Os relatos a seguir corroboram tal afirmação e recomendam:

- *“[...]a aula foi satisfatória e de grande aprendizado, ajudou muito sobre o conhecimento de genética molecular”* (Estudante C1)
- *“Utilização constante de modelos didáticos com trabalhos em equipe.”* (Estudante C2)

- *“Simplesmente não tenho palavras para “descreve” o quanto foi gratificante participar desse trabalho em grupo, pois pude compartilhar momentos de aprendizado.”* (Estudante D1)

Quanto aos materiais utilizados para a confecção e uso dos modelos didáticos, considera-se que foram adequados, visto que os estudantes não apresentaram maiores dificuldades para a montagem dos mesmos. Embora os custos da confecção de três do total de seis modelos, apresentaram valores fora da realidade da maioria das escolas brasileiras, o financiamento desta pesquisa pela CAPES tornou viável a execução das atividades. Portanto, sugere-se a mesma proposta, com material de baixo custo.

Importante destacar que os modelos didáticos foram instrumentos utilizados para motivar e ao mesmo tempo produzir questionamentos e discussões estruturadas levando a um amadurecimento de ideias e contribuindo para um “Convite ao raciocínio” como aponta Krasilchik (2016). Sendo assim, esta abordagem metodológica permite a quebra de paradigma no contexto de sala de aula no processo de ensinar e aprender.

6.2. Análise quantitativa

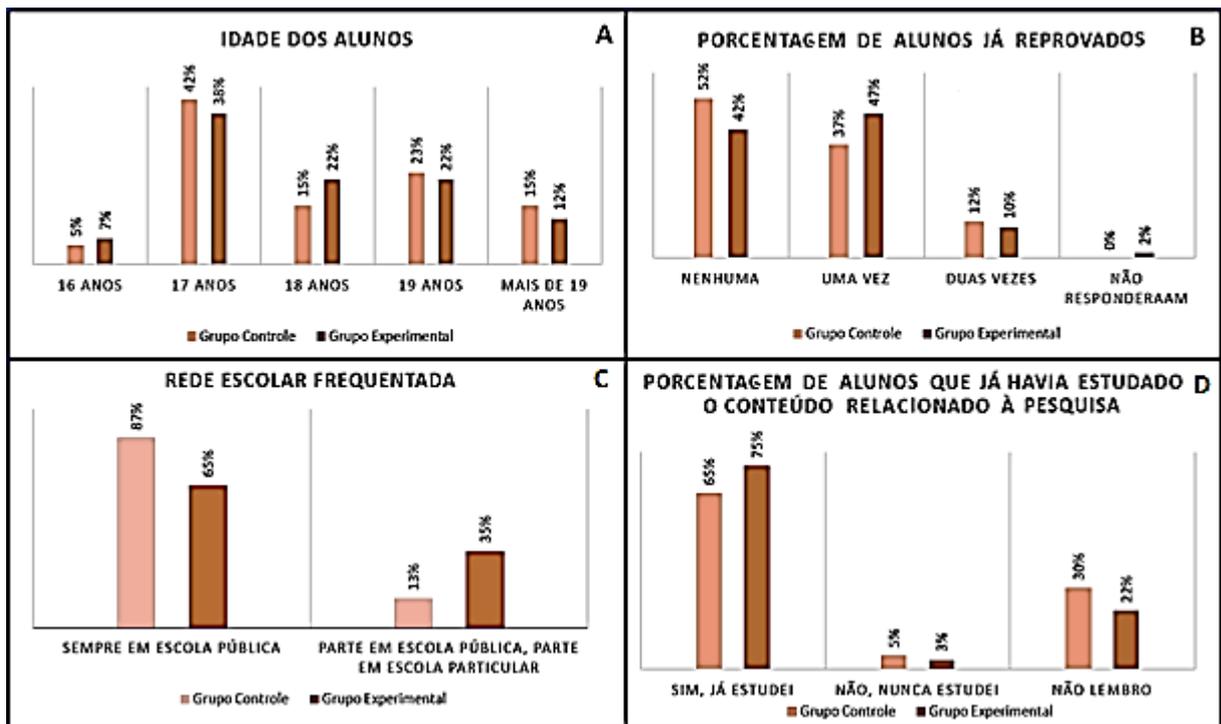
A seguir, apresentamos os resultados da pesquisa quantitativa referente a caracterização geral dos grupos, questionário de conhecimento prévio, pós-testes e de autoavaliação.

6.2.1. Caracterização geral dos grupos controle e experimental

Em sùmula, a maioria dos estudantes participantes da pesquisa tinha entre 16 e 19 anos de idade, sendo que cerca de 40% tinha 17 anos (**Figura 4A**). Embora ambos os grupos tiveram elevado número de estudantes fora de faixa etária (distorção idade/série), os dados apresentaram homogeneização entre os grupos controle e experimental. Destes, mais de 50% (64 estudantes) já reprovaram uma ou mais vezes (**Figura 4B**). Aproximadamente 75% do total de estudantes frequentaram apenas escola da rede pública, os demais estudaram também em escola da rede privada. Na **Figura 4C** foram apresentados os resultados nos grupos controle e experimental. Invariavelmente, este mesmo percentual de estudantes (75%) afirma já ter estudado o conteúdo da pesquisa em algum momento de sua escolarização (**Figura 4D**). Numa análise qualitativa, foi observado que mais da metade dos estudantes (56%) afirmou

positivamente que a temática inerente a pesquisa proporciona aplicações práticas, apenas 11 estudantes (menos de 10% do total pesquisado) conseguiram indicar corretamente alguma aplicação prática. Logo, a grande maioria não conseguiu aprofundamento em relação ao conhecimento prévio do conteúdo envolvido na pesquisa.

Figura 4 - Conjunto de Gráficos com parte dos resultados do questionário de caracterização dos grupos controle e experimental.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Neste conjunto de gráficos da **Figura 3**, apresenta em 3A, a idade dos estudantes; em 3B, se os estudantes já foram reprovados; em 3C, o tipo de escola frequentada; em 3D, se já haviam estudado o conteúdo da pesquisa.

Dos estudantes pesquisados, observou-se que a maioria deles (60% em média) estudaram o conteúdo da pesquisa no Ensino Médio. Em relação a opinião dos estudantes quanto a relevância do conteúdo, mais de 86% classificou como relevante ou muito relevante. Vale salientar que, apesar de, aproximadamente, apenas 35% dos estudantes já terem feito uso de modelos didáticos em outras oportunidades educacionais, a grande maioria (cerca de 90%) concordou que a construção e utilização de modelos didáticos podem contribuir para a sua aprendizagem. Portanto, consideramos que os estudantes voluntários deste estudo demonstraram interesse em participar da pesquisa.

Quanto ao desempenho dos estudantes em sua vida escolar, o grupo controle teve maior número de estudantes dentro da faixa etária, o equivalente a 31 estudantes (cerca de 51%). Já no grupo experimental, 25 estudantes não sofreram reprovações durante sua vida escolar, o que corresponde a um percentual próximo de 10% a menos, quando comparado com o grupo controle. Em relação a distorção idade/série, mais de 50% dos pesquisados já reprovaram em algum momento da vida escolar. Tal resultado confirma a enorme preocupação em relação a distorção idade/série, pois o Brasil tem o maior índice de reprovação da América Latina, segundo a Unesco apud Diniz, 2018.

Sobre o tipo de rede escolar que os estudantes já frequentaram, dos 60 estudantes que compõem o grupo controle, apenas 8 (13,3%) já haviam estudado em escola da rede privada, contra 21 estudantes (35%) que compõem o grupo experimental. Mesmo diante desta diferença, verificou-se que o percentual de estudantes reprovados é maior justamente naqueles casos de estudantes oriundos de escolas da rede privada. Portanto, ter frequentado a escola da rede privada não significa, necessariamente, que estes estudantes teriam melhor desempenho escolar.

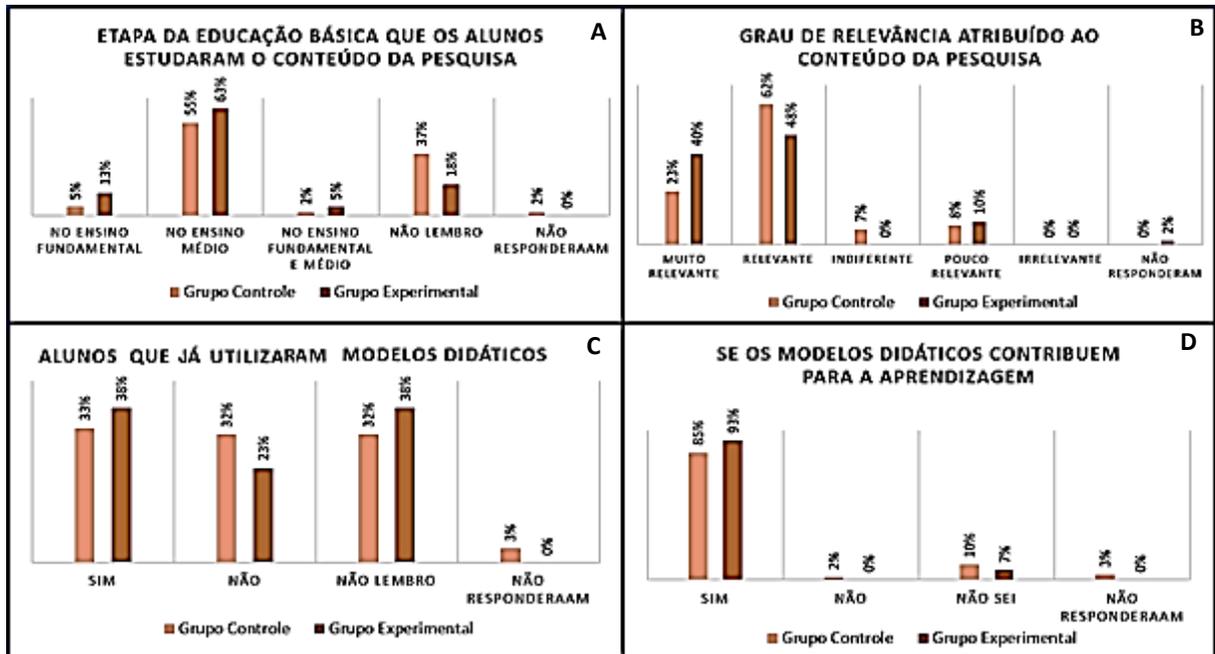
Dos estudantes pesquisados, cerca de 70% afirmaram ter tido contato com o conteúdo de Genética Molecular em anos anteriores, conforme a gráfico apresentado na **Figura 4**. Apesar do conteúdo também estar inserido nos livros do Ensino Fundamental, uma pequena parcela afirma ter estudado este conteúdo nesta etapa, sendo portando, no Ensino Médio o nível em que estes estudantes geralmente iniciam este estudo. Desta forma, trouxeram consigo algum tipo de conhecimento inerente a este conteúdo para ser aprofundado e/ou consolidado no último ano do Ensino Médio (**Figura 5**). Na perspectiva de confirmar esse dado, uma atividade pré-teste foi aplicada.

Na **Figura 5**, foi possível inferir que em ambos os grupos, controle e experimental, a grande maioria indicou positivamente o grau de relevância do conteúdo referente à Genética Molecular, ressaltando que nenhum estudante apontou como irrelevante. Portanto, este resultado ratifica a importância desta pesquisa, uma vez que trata do desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos para a compreensão dos avanços científicos e que respondam as necessidades da vida contemporânea, configurando como um dos objetivos do Ensino Médio conforme aponta os PCNEM (2000 p 6).

Foi possível notar que mais de 60% dos estudantes nunca utilizaram ou não lembravam se haviam utilizado modelos didáticos em sala de aula. No entanto, o demais, mais de 30% já realizaram a construção e/ou utilização destes recursos didáticos em sala de aula. Apesar da maioria dos estudantes nunca ter utilizado ou não se lembrar do uso desta

metodologia em sala de aula, cerca de 90% concordaram que a utilização desta metodologia contribuiu para a melhoria do seu desempenho escolar no que tange a aprendizagem em Genética Molecular.

Figura 5 - Conjunto de Gráficos com parte dos resultados do questionário de caracterização dos grupos controle e experimental.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Diante do exposto, Em 5A, gráfico que indica o percentual de estudantes que já haviam visto o conteúdo da pesquisa; em 5B, o grau de relevância atribuído pelos estudantes ao conteúdo da pesquisa; em 5C, se já haviam utilizado modelos didáticos; e em 5D, a opinião dos estudantes quanto a importância da abordagem com modelos didáticos. É possível observar que tanto o grupo controle quanto o experimental apresentaram homogeneização em relação aos pontos observados: idade, escolarização, grau de relevância dada ao conteúdo da pesquisa e sua participação na aprendizagem voltada a construção e utilização de modelos didáticos.

6.2.2. Resultados do questionário de conhecimentos prévios (QCP).

Após a aplicação do questionário de conhecimento prévio, os resultados foram tabulados para análise acerca da temática em foco, possibilitando avaliar quantitativamente os resultados quando pareados com a avaliação pós-teste e a relação entre os níveis de

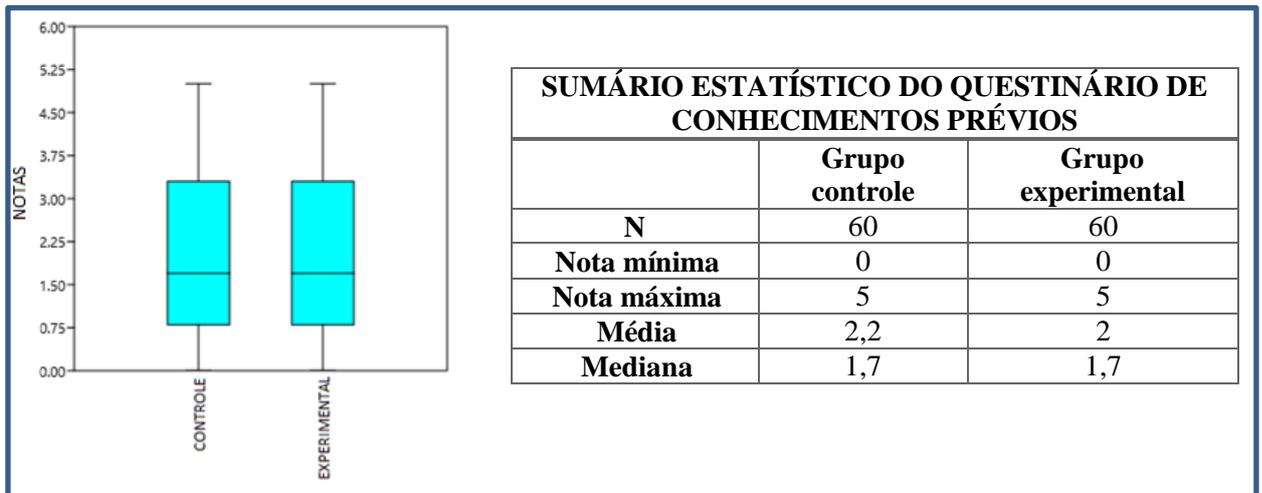
aprendizagem dos grupos controle e experimental. O questionário aplicado nesta avaliação consta no **Anexo B**.

Na **Figura 6**, é possível observar o quanto os dois grupos (controle e experimental) apresentaram resultados similares, coincidindo nas notas menores, maiores e nas notas medianas. Embora ocorram essas coincidências em comparação de duas amostras independentes, as médias aritméticas (MA) são distintas, ou seja, o grupo controle obteve uma MA com leve melhora, em torno de 2,2 enquanto que o grupo experimental obteve uma MA igual a 2,0, conforme esboçado no sumário estatístico da **Figura 6**.

Aplicando o teste de normalidade ou de distribuição normal Shapiro-Wilk, realizado a partir do software *Past 3*, observou-se que os resultados apresentaram uma distribuição normal. Portanto, para um estudo observacional para duas amostras independentes, aplicamos o teste *t*, por comparar duas amostras independentes.

No mesmo *software*, consideramos um grau de confiança de 95%. No entanto, ao atribuir os valores das médias, no teste citado, o valor *p* igual a 0,24551, ($p > 0,05$), assim os valores das médias “não” apresentaram diferenças significativas entre o grupo controle e o experimental, portanto há uma equidade no nível dos dois grupos estudados.

Figura 6 - Resultados do Questionário de Conhecimentos Prévios (QCP).



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

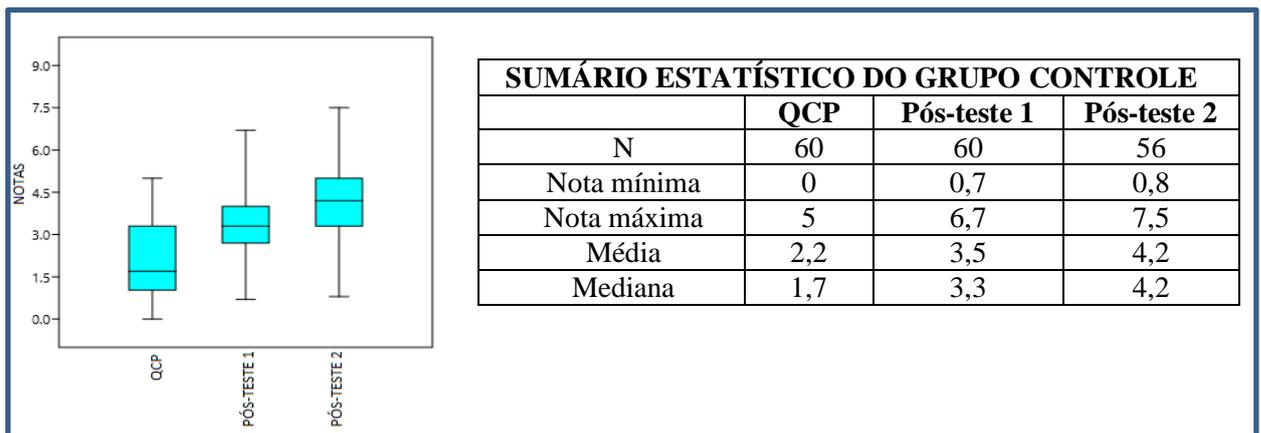
Diante do exposto na **Figura 6**, à esquerda, gráficos *Box plot* e, à direita sumário estatístico do mesmo conjunto de dados referentes aos resultados do QCP de ambos os grupos (controle e experimental).

6.3. Análises pareadas dos resultados de cada grupo (controle e experimental) no questionário de conhecimento prévio e pós-testes.

6.3.1. Grupo controle

Considerando as notas individuais dos estudantes pertencentes ao grupo controle, em um estudo experimental, cuja característica deste tipo de julgamento é avaliar o antes e o depois numa análise pareada, foi possível concluir que a maioria dos estudantes (exatamente 75%), ou obtiveram a mesma nota ou melhoraram o seu desempenho no pós-teste, quando comparados ao exame anterior. Estabelecendo o mesmo critério de comparação na dispersão dos dados quantificados no grupo controle em uma apreciação do questionário de conhecimento prévio e pós-teste foi possível perceber que as menores e maiores notas deste grupo são melhores no pós-teste, bem como a média aritmética e a mediana, conforme a **Figura 7**.

Figura 7 - Análise pareada do grupo controle, em relação aos resultados do QCP, pós-teste 1 e pós-teste 2



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

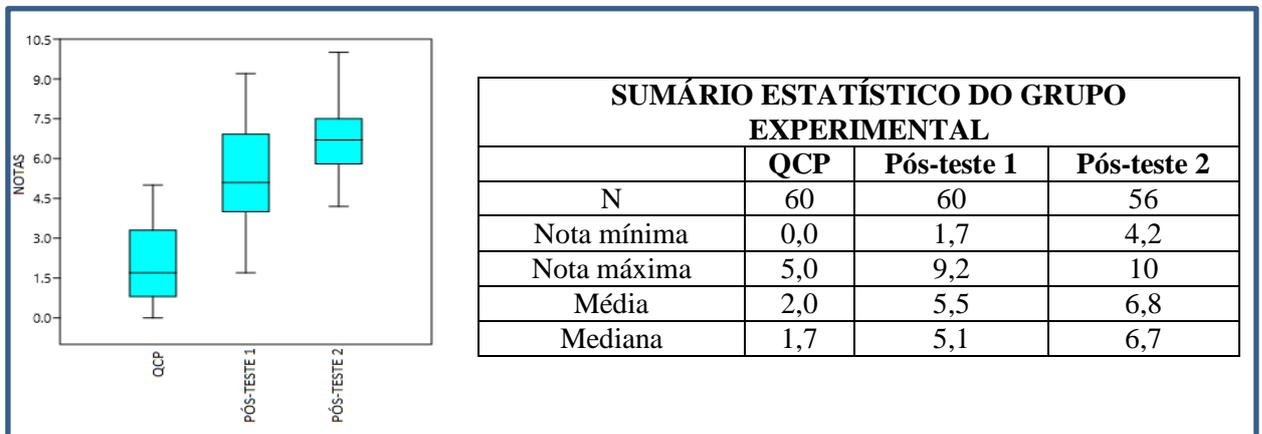
Diante do exposto na **Figura 7**, à esquerda, gráfico *Box plot* representando os resultados da dispersão dos dados do grupo controle em relação aos resultados dos questionários: QCP, pós teste 1 e pós-teste 2. À direita, o sumário estatístico do mesmo grupo, numa análise pareada dos mesmos questionários.

6.3.2. Grupo experimental

Considerando, desta vez, as notas individuais dos estudantes pertencentes ao grupo experimental, em uma análise experimental, cuja característica deste tipo de julgamento é avaliar o antes e o depois numa análise pareada, foi possível inferir de forma geral, que as notas do pós-teste, assim como apresentado no grupo controle, também foram superiores aos do pré-teste. Assim foi possível concluir que a grande maioria dos estudantes (mais de 80%), ou obtiveram a mesma nota ou melhoraram o seu desempenho no pós-teste, quando comparado ao exame anterior.

Com o sumário estatístico, obtido a partir do software *Past 3*, são observadas as notas mínimas, máximas, média e mediana, sendo admissível concluir que o grupo experimental, assim como observado no grupo controle, apresentou melhores desempenhos no pós-teste, quando comparado com o pré-teste, conforme o sumário estatístico apresentado na **Figura 8**.

Figura 8 - Análise pareada do grupo experimental, em relação aos resultados do QCP, pós-teste 1 e pós-teste 2.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

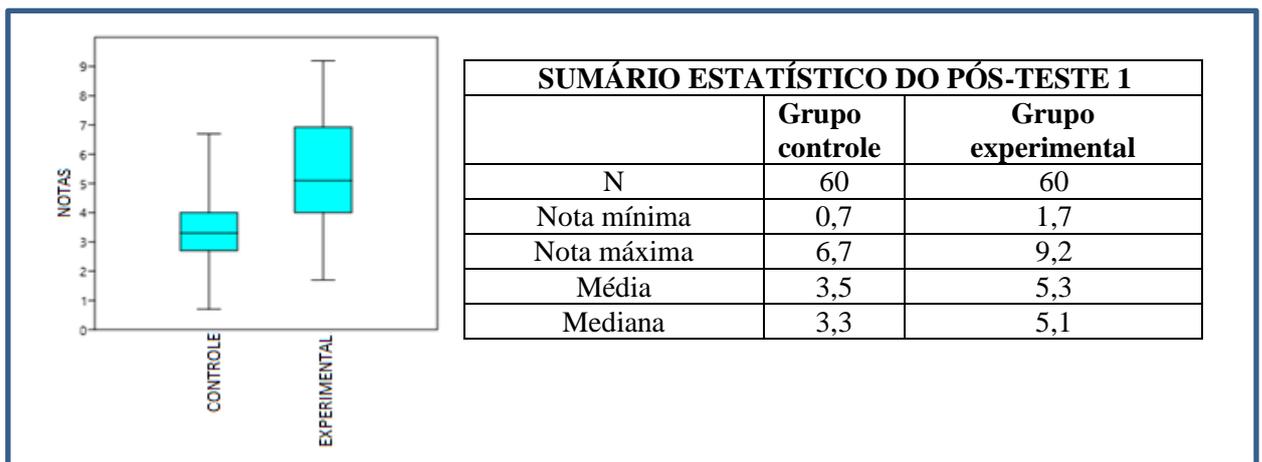
Diante do exposto na **Figura 8**, à esquerda, gráfico *Box plot* representando os resultados da dispersão dos dados do grupo controle em relação aos resultados dos questionários: QCP, pós teste 1 e pós-teste 2. À direita, o sumário estatístico do mesmo grupo, numa análise pareada dos mesmos questionários.

6.4. Resultados dos questionários pós-testes

6.4.1. Pós-teste 1

Estabelecendo uma análise observacional, comparando os resultados da primeira avaliação pós-teste nos dois grupos (controle e experimental), foi observada uma variação nos resultados dos questionários aplicados, sendo possível inferir que o grupo experimental se sobressaiu com resultados que justificam o escopo da pesquisa, quando comparado aos resultados do grupo controle. A análise dos dados pode ser melhor compreendida a partir da dispersão dos valores de cada grupo, conforme a **Figura 9**.

Figura 9 - Análise observacional dos resultados do pós-teste 1, nos grupos controle e experimental.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Diante do exposto na **Figura 9**, à esquerda, gráficos *Box plot* representando os resultados da dispersão dos dados do pós-teste 1 em relação aos grupos controle e experimental. À direita, o sumário estatístico do mesmo questionário, numa análise observacional de ambos os grupos.

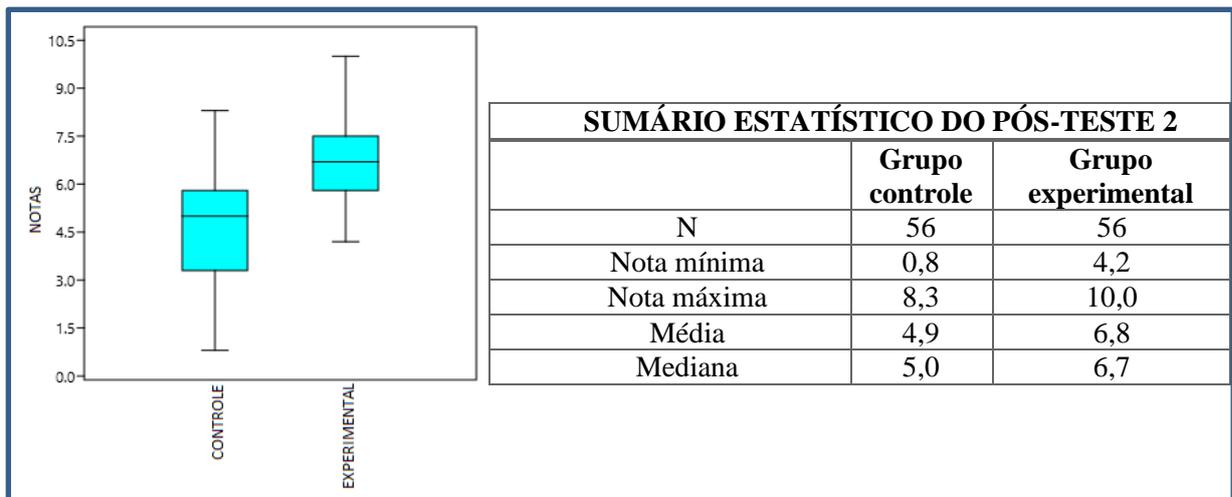
Nesta figura (8), observa-se que os menores valores obtidos pelos estudantes do grupo controle e experimental foram, respectivamente, 0,7 e 1,7 e que as maiores notas nesta mesma ordem foram 6,7 e 9,2. As notas que se enquadram como valores medianos dos estudantes do grupo controle e experimental foram 3,3 e 5,1, respectivamente, conforme exposto no sumário estatístico.

Estabelecendo uma análise observacional para duas amostras independentes e, aplicando “teste estatístico t univariado” com o mesmo grau de confiança adotado, cujo nível de significância 0,05 (5%) e atribuindo o valor da média do grupo controle no teste citado, foi obtido o valor “p” igual a $6,3465 \cdot 10^{-10}$, ($p < 0,05$) ou seja, os valores das médias de ambos os grupos apresentam diferenças significativas.

6.4.2. Pós-teste 2

Tendo passado duas semanas, o pesquisador, de forma planejada, resolveu reaplicar outra atividade pós-teste. Desta vez, igualmente ao questionário para avaliação dos conhecimentos prévios, ou seja, com um nível de dificuldade menor ao pós-teste anterior, com o objetivo de tentar perceber se o conteúdo abordado foi efetivamente consolidado (**Figura 10**).

Figura 10 - Análise observacional dos resultados do pós-teste 2, nos grupos controle e experimental.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Diante do exposto na **Figura 10**, à esquerda, gráficos *Box plot* representando os resultados da dispersão dos dados do pós-teste 2 em relação aos grupos controle e experimental. À direita, o sumário estatístico do mesmo questionário, numa análise observacional de ambos os grupos.

Nesta figura, após tabulação dos resultados da segunda atividade pós-teste, pode-se inferir que os resultados confirmam o melhor desempenho do grupo experimental em relação ao grupo controle, desta vez, com a melhoria também no desempenho nos dois grupos em relação aos desempenhos apresentados no primeiro pós-teste, conforme o **Tabela 1**. Acredita-se que o motivo deste fato se deve ao maior nível de dificuldade requerido na primeira atividade em relação ao segundo pós-teste.

Tabela 1. Sumário estatístico das notas dos dois pós-testes em comparação ao grupo controle e experimental.

SUMÁRIO ESTATÍSTICO EM ANALOGIA DOS DOIS PÓS-TESTES				
	PÓS-TESTE 1		PÓS-TESTE 2	
	Grupo controle	Grupo experimental	Grupo controle	Grupo experimental
N	60	60	56	56
Nota mínima	0,7	1,7	0,8	4,2
Nota máxima	6,7	9,2	8,3	10,0
Média	3,5	5,3	4,9	6,8
Mediana	3,3	5,1	5,0	6,7

Fonte: Dados da pesquisa, 2019

A primeira medida que serviu de parâmetro para analisar os níveis de compreensão do tema, alvo da pesquisa, foi obtida a partir dos resultados extraídos da análise de normalidade do teste estatístico *Shapiro-wilk*. Embora tenham ocorrido ausências de 4 estudantes de cada grupo (controle e experimental), no pós-teste 2, os resultados apresentados foram normais (paramétricos), portanto foi possível utilizar o teste estatístico t.

Comparando as médias entre o grupo controle e experimental no teste t univariado, obteve-se o valor de “p” igual $1,2805 \times 10^{-13}$, ou seja, $p < 0,05$ para um intervalo de confiança de 95%, logo, as médias apresentaram diferenças significativas.

Com estes dados pode-se concluir que a utilização de modelos didáticos como metodologia utilizada com estudantes do Ensino Médio, nas aulas de Genética Molecular numa perspectiva interacionista, produz aprendizagem significativa, eliminando a hipótese nula (H_0) e aceitando a hipótese alternativa (H_1), o que ratifica o objetivo desta pesquisa.

6.5. Resultado da Autoavaliação.

Na intenção de tentar quantificar e qualificar os resultados das opiniões auto avaliadas pelos estudantes, foi proposto, ao fim da avaliação pós-teste 2, um questionário de auto avaliação contendo 9 questões (**Anexo D**). O conteúdo desta pesquisa permitiu diagnosticar como os estudantes se auto avaliam não apenas em relação a metodologia empregada, como também a atuação do professor e o seu próprio desempenho.

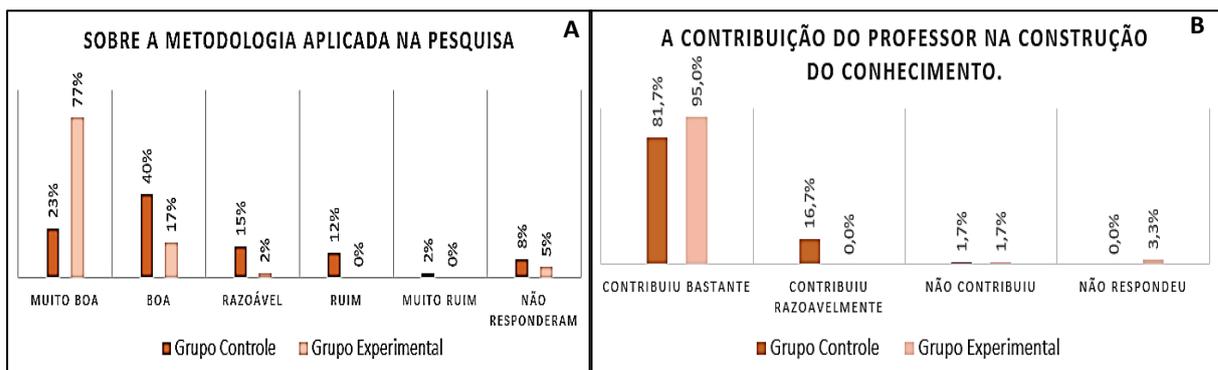
Na auto avaliação, pode-se rever a metodologia utilizada na prática pedagógica, enquanto o discente irá refletir sobre si mesmo e a construção do conhecimento realizado. O momento do diálogo servirá para reflexão sobre a relação e a interação entre docente e discente, no ato comum de conhecer e reconhecer o objeto de estudo,

agora não mais numa relação verticalizada e estática, mas numa construção dialógica. (MITRE et. al, 2008, p. 2138).

Este questionário foi importante, pois a partir de um prognóstico percebido durante as práticas realizadas na aplicação da pesquisa, em especial do grupo experimental, foi possível perceber o envolvimento dos estudantes nas atividades subsidiadas pela metodologia da construção e utilização dos modelos didáticos, tornando factível a aprendizagem. A seguir, apresentamos os resultados referentes a este questionário (**Figuras 11**).

Diante do exposto, na **Figura 11A**, considerando apenas os estudantes que classificaram a metodologia como “muito boa”, observa-se que no grupo controle, 23% dos estudantes apontaram esta alternativa, mesmo diante uma abordagem tradicional, enquanto que, no grupo experimental, presumivelmente a grande maioria (77%) aprovou a metodologia com uso de modelos didáticos. Neste contexto, é possível admitir que em práticas educativas voltadas para o lúdico, a satisfação dos estudantes reflete diretamente com os resultados de sua proficiência.

Figura 11. Resultado da autoavaliação em relação à metodologia e a contribuição do professor na construção do conhecimento.

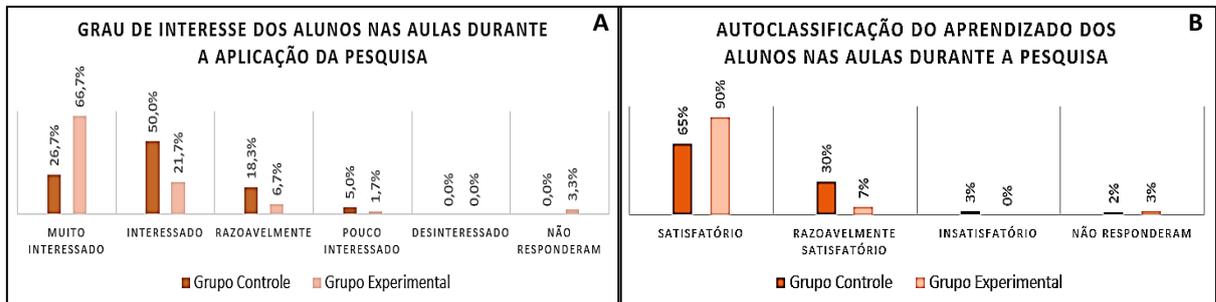


Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Nesta **Figura 11A** autoavaliação dos estudantes quanto à metodologia utilizada na pesquisa e, na **Figura 11B** autoavaliação dos estudantes quanto a contribuição do professor para a construção do conhecimento. Diante dos resultados expostos na **Figura 11 B**, sugere-se uma satisfação em relação à atuação do professor em ambos os grupos, apesar de terem vivenciado situações distintas do ponto de vista das abordagens metodológicas do conteúdo. É importante salientar que os estudantes do grupo controle, mesmo tendo um desempenho inferior no pós-teste, quando comparado ao grupo experimental, também demonstraram um alto grau de satisfação.

Ao se tratar da opinião dos estudantes no que tange aos aspectos de interesse durante as aulas, os estudantes demonstraram com fidelidade suas opiniões sem interferência dos pesquisadores. O grupo experimental apontou que o interesse deles foi maior quando comparado com o grupo controle, pois de todos, apenas 5 estudantes (8%) apontaram ter razoável (4 estudantes) ou pouco interesse (1 estudante). Já o grupo controle, ao contrário, quase triplicou este dado, tendo, 14 estudantes (cerca de 23%) mostraram ter tido razoável (11 estudantes) ou pouco interesse (3 estudantes). Apesar da diferença, nenhum estudante, em ambos os grupos pesquisados, apontou desinteresse em participar das aulas. A diferença maior aparece especialmente naqueles que se mostraram muito interessados, pois quase 67% dos estudantes pertencentes ao grupo experimental opinaram ter tido “muito interesse”, contra quase 27% do outro grupo.

Figura 12 - Resultado da Autoavaliação em relação ao reconhecimento da aprendizagem.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Na **figura 12A**, comparação do grau de interesse dos estudantes do grupo controle em relação ao experimental e, **Figura 12B** autoavaliação da aprendizagem dos dois grupos da pesquisa. O resultado desta pesquisa, refletiu nos desempenhos de aprendizagens construídos ao longo da aplicação das atividades, (**Figura 12**). Na **Figura 12A**, foi possível observar que a maioria dos estudantes do grupo experimental (aproximadamente 67%) apontou como muito interessados nas aulas durante a aplicação da pesquisa, já no grupo controle a maioria apontou como interessados, no entanto, nenhum dos estudantes, de ambos os grupos, afirmou ter desinteresse nas aulas, mesmo submetidos a diferentes metodologias de aprendizagem. Na **Figura 12B**, é visto que cerca 90% dos estudantes do grupo experimental apontaram ter tido conhecimento satisfatório, contrapondo 65% do grupo controle. Portanto, é possível inferir que, independentemente dos resultados das avaliações do pós-teste, os estudantes julgaram satisfatório os conhecimentos adquiridos.

Diante do contexto apresentado nos gráficos acima, mesmo diante de um dado quantitativo, é possível inferir qualitativamente que ambos os grupos não só se mostraram muito interessados ou interessadas nas aulas, mas também, a grande maioria classificou sua aprendizagem como satisfatória, indicando que o pesquisador não vivenciou uma pesquisa tendenciada para um dos grupos. Portanto, o grau de interesse e autoclassificação do aprendiz, permite concluir que é cada vez mais necessária a utilização de metodologias que permitam o desenvolvimento de metodologias que contribuam com a satisfação e o interesse dos estudantes.

7. CONCLUSÃO

A utilização e construção de modelos didáticos na perspectiva interacionista buscou promover aprendizagens significativas, vinculando o conteúdo de genética molecular ao contexto do estudante que, ao vivenciar metodologias ativas de aprendizagem, apresentaram maior interesse diante de um tema tão abstrato e puderam construir seus próprios conhecimentos mediante intervenções adequadas realizadas pelo professor mediador.

Ao utilizar situações problematizadoras, capazes de colocar em conflito os conhecimentos prévios dos estudantes com os conhecimentos científicos abordados, observou-se uma inquietação e curiosidade, características essenciais para se fazer ciência. Tal inquietação provocou neles o desejo em validar as explicações que eles próprios atribuíram aos fenômenos apresentados e que eram frutos do senso comum, ou seja, provenientes das suas experiências de mundo.

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.

Ao envolver situações contextualizadas, aproximando os estudantes dos conteúdos abordados, foi possível observar um maior envolvimento destes, quando comparados com o grupo que não vivenciou esta prática (grupo controle). Desse modo, é necessário que esta prática seja comum não só nas aulas de Genética molecular, mas em todas as áreas da Biologia e demais componentes curriculares.

Além de contribuir para o desenvolvimento de aprendizagens efetivas, potencializando o ensino de genética molecular, esta pesquisa permitiu a criação de um acervo de modelos didáticos no laboratório de Biologia, possibilitando que outros sujeitos se envolvam no uso destas ferramentas. Sendo mister ressaltar que o projeto em tela foi percebido também pela sua capacidade de inspirar novas abordagens metodológicas.

Vale salientar que o uso de modelos didáticos vem a complementar as aulas que corriqueiramente são vistas como tradicionais, possibilitando uma mudança de postura dos estudantes e professor, e a partir da interação realizada intencionalmente com o uso dos modelos didáticos, o professor ampliou o leque de possibilidades de ensinar e aprender.

Deste modo, quando o professor se interessa e desenvolve atividades diversificadas é possível promover aprendizagens significativas e efetivas de modo que o estudante seja capaz de discutir com propriedade os conteúdos abordados.

Ao final desta pesquisa, diante de uma análise qualitativa e quantitativa, os estudantes que utilizaram os modelos didáticos e estabeleceram relações interacionistas na construção de conhecimentos inerentes aos conteúdos abordados, apresentaram resultados mais contundentes diante dos objetivos propostos sendo, portanto, recomendável a aplicação desta proposta por outros profissionais da área.

8. REFERÊNCIAS

- AMABIS J.M.; MARTHO, G.R. **Biologia em contexto**– manual do professor. Vol. 2 1ª ed. São Paulo: Moderna 2013.
- BACICH, Lilian & MORAN, José. **Metodologia ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018
- BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- BIZZO, Nélio. **Novas Bases da Biologia: Das moléculas às populações** – manual do professor. Vol. 1. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2011.
- _____. **Novas Bases da Biologia: O ser humano e o futuro** – manual do professor. Vol. 3. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2011.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000.
- BRASIL. Resolução 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde. Diário Oficial da União 2012; 12 dez.
- BRASIL. Resolução 510, de 07 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde. Diário Oficial da União 2016; 07 abr.
- BROCKELMAN, R.H. **Conexões com a Biologia** – manual do professor. Vol. 3. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2013.
- CARVALHO, Anna (org.); ABIB, Maria; BRICCIA, Viviane CAPECCHI, Maria; OLIVEIRA, Carla; SASSERON, Lúcia; SCARPA, Daniela; SEDANO, Luciana; SILVA, Maria. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo Cengage Learning, 2018.
- COSTA, Vera. R. da; COSTA, Edson. V. da. **Biologia** (Coleção Explorando o Ensino). Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.
- DAMIANI, M.F.; NEVES, R. de A.. **Vygotsky e as Teorias da Aprendizagem**. UNIrevista, vol. 1, n.2, 2006
- DINIZ, Janguê. **Sistema educacional brasileiro: uma análise crítica**. Brasília/DF, 2018. Acessado em 03 de fev de 2019. Disponível em <http://www.leiaja.com/coluna/2018/01/25/sistema-educacional-brasileiro-uma-analise-critica>.
- EMILIANO, M da Silva; ABDALA, Mª Josivânia de Lima, **O Uso do Material Manipulável Geoplano como Recurso Didático em uma Abordagem Algébrica**. VI Semana de Estudos, Teorias e Práticas Educativas, 2016. Disponível em <www.setep2016.com.br>
- FINO, Carlos Nogueira. **Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três implicações pedagógicas**. Revista Portuguesa de Educação, vol.14, No.2, p. 1-20,2001.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários a prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2009.
- _____. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, Paulo; SHOR, Irá. **Medo e Ousadia: O cotidiano do Professor**. 1 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

GRIFFITHS, A.J.F.; WESSLER, S.R.; CARROL, S.B.; DOEBLEY, J. **Introdução à Genética**. 10 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

_____. **Introdução à Genética**. 11 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

JÚNIOR, C. da S.; SASSON, Cezar; JÚNIOR, N.C. **Biologia** – manual do professor. Vol. 3. 10ª ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

JUSTINA LAD, FERLA MR. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. Arq Mudi. 2006.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU, 1987.

_____. **Práticas do ensino de biologia**. São Paulo: EDUSP, 2016.

"Linha Tradicional" em *Só Pedagogia*. Virtuoso Tecnologia da Informação, 2008.

Consultado em 29/05/2019. Disponível na Internet em

<http://www.pedagogia.com.br/conteudos/tradicional.php>

LINHARES, S. & GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia Hoje** – manual do professor. Vol. 3. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2011.

LOPES, S. & ROSSO, S. **Bio**. Manual do professor. Vol. 2. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

MELO, José Romário; CARMO, Edinaldo Medeiros. **Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas**. Ciência e Educação, v. 15, n. 3, p. 593-611, 2009.

MENDONÇA, V.L. **Biologia** – manual do professor. Vol. 3. 2ª ed. São Paulo: AJS, 2013.

MITRE, S. [et.al]. **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais**. Ciência & Saúde Coletiva, 13(Sup 2), Pp. 2133-2144, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.org/pdf/csc/v13s2/v13s2a18.pdf>. Acesso em 26 mar. 2019.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

OGO, Marcela Y.; GODOY, Leandro P de. **Contato Biologia** – manual do professor. Vol. 3. 1ª ed. São Paulo: Quinteto, 2016.

ORLANDO, T. C.; LIMA, A. R.; SILVA, A. M. da; FUZISSAKI, C. N.; RAMOS, C. L.; MACHADO, D.; FERNANDES, F. F.; LORENZI, J. C. C.; LIMA, M. A. de; GARDIM, S.; BARBOSA, V. C.; TRÉZ, T. de A. E. **Planejamento, Montagem e Aplicação de Modelos Didáticos para Abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por 10 Graduandos de Ciências Biológicas**. Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular. Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG), p. 1 – 17, 2009. ISSN: 1677-2318.

PALHANO, J.S. **A Construção de Modelos didáticos com Materiais Diversificados para o Estudo da Embriologia**. Ponta Grossa, 2014

PAVAN, O. H. O. et al. **Evoluindo genética: um jogo educativo**. 1. ed. Campinas: Ed. Unicamp, 1998.

- PROCHAZKA, Luana de Souza; FRANZOLIN, Fernanda. **A genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genético.** *Ciênc. educ. (Bauru)* [online]. 2018, vol.24, n.1, pp.111-124. ISSN 1516-7313.
- REZENDE, L.P.; GOMES, S.C.S. "Uso de Modelos Didáticos no Ensino de Genética: estratégias metodológicas para o aprendizado." *Revista de Educação, Ciências e Matemática* 8.2 (2018).
- RUTHEFORD, Adam. **Criação: A origem da vida.** 1ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2014.
- SANTOS, F.S.; AGUILAR, J.B.V; OLIVEIRA, M.M.A. **Ser Protagonista – manual do professor.** Vol. 3. 1ª ed. São Paulo: SM, 2010.
- SETÚVAL, F. A. R.; BEJARANO, N. R. R. **Os Modelos Didáticos com Conteúdos de Genética e a sua Importância na Formação Inicial de Professores para o Ensino de Ciências e Biologia.** VII ENPEC. Florianópolis. Nov. 2009.
- SILVA, C. M. R. da. **O Modelo Didático do Gênero Comentário Jornalístico Radiofônico: Uma Necessária Etapa para a Intervenção Didática.** Dissertação de Mestrado da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. pp. 187. São Paulo, 2009.
- THOMPSON, M & RIOS, Eloci P. **Conexões com a Biologia – manual do professor.** Vol. 2, 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2016.
- TRIVELATO, S. L. F. **Ensino de genética: um novo ponto de vista.** São Paulo: Faculdade de Educação da USP, 1988
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente** 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1987.
- _____ **A formação social da mente.** 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- WATSON, James D.; BERRY, Andrew. **DNA o Segredo da Vida.** São Paulo: Companhia das letras, 2005.
- ZAGO, Luis Henrique. **O método dialético e a análise do real.** *Kriterion*[online]. 2013, vol.54, n.127, pp.109-124. ISSN 0100-512X. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-512X2013000100006>> Acesso em 10 out. 2018.

9. PRODUTO

Este produto é caracterizado pela confecção de uma sequência didática que pode ser vivenciada em turmas do 1º, 2º ou 3º do Ensino Médio, a depender do currículo de cada escola ou rede, sendo composta de 10 aulas. Esta sequência foi dividida em cinco manuais de aulas práticas referentes à Genética Molecular juntamente com a criação de três modelos didáticos, cada um com sua característica própria da metodologia ativa.

Em cada Manual de Aula Prática foi numerada na sequência de 1 a 5. No primeiro e segundo manuais abordamos a classificação, composição e estrutura dos ácidos nucleicos, explorando a Regra de Chargaff e construindo modelos didáticos de DNA e RNA; no terceiro manual abordamos o ciclo celular e a replicação do DNA; por fim, no quarto e no quinto manuais, tratamos da transcrição e tradução do código genético em procariotos e eucariotos.

A estrutura de cada manual de aula prática apresenta inicialmente um plano de aula, cujo cabeçalho corresponde ao sugerido pela fundação Lemann, contendo o objetivo da aula, a avaliação, as atividades que devem ser desenvolvidas pelo professor e pelos alunos, como deve ser organizada a sala para cada situação vivenciada, o tempo de cada atividade e os recursos que podem ser utilizados. Em seguida, os manuais apresentam a descrição dos procedimentos e em três dos cinco manuais contemplando todos os conteúdos, apresentam um conjunto de atividades para consolidação das informações, intitulado: Situações-problemas.

Diante do exposto, recomendamos que estes manuais possam ser utilizados e aplicados por professores de Biologia do Ensino Médio como sugestão de experiência exitosa em sala de aula para o ensino de Genética Molecular e que se possa vislumbrar de uma aprendizagem ativa, contemporânea e prazerosa.

**A Construção e Utilização
de Modelos Didáticos
no Ensino de Genética Molecular
na Perspectiva Interacionista**

CLEBSON ALEXSANDRO GAMA CAVALCANTI

MELISSA FONTES LANDELL (ORIENTADORA)

MANUAL DE AULA PRÁTICA 1

**Classificação, composição e estrutura dos ácidos nucleicos:
Explorando a Regra de Chargaff**

Planejamento: Classificação, composição e estrutura dos ácidos nucleicos – Explorando a Regra de Chargaff

COMPONENTE CURRICULAR: BIOLOGIA		SÉRIE: 3º ANO DO ENSINO MÉDIO		NÚMERO DE AULAS: 2 H/A DE 50MIN CADA		
OBJETIVO DA AULA	AVALIAÇÃO	ATIVIDADES				
		PROFESSOR	ALUNO	ORGANIZAÇÃO DA SALA	TEMPO	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reconhecer a relação de complementaridade entre as bases, segundo a regra de Chargaff; ✓ Reconhecer as regularidades apresentadas na molécula de DNA; ✓ Reconhecer a importância da difração de Raio X realizado por Rosalind Franklin para a composição da molécula de DNA; ✓ Calcular o percentual de bases nitrogenadas de um organismo a partir do percentual de uma única base fornecida; ✓ Diferenciar DNA de RNA. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Participação nas discussões em grupo; ✓ Proatividade; ✓ Explicação dos resultados para socialização das respostas atribuídas pelo grupo; ✓ Resolução dos questionários. 	<p>Anexar no quadro branco os objetivos da aula.</p>	<p>Compreender os objetivos da aula apresentados pelo professor</p>	<p>Alunos sentados individualmente em fileiras.</p>	<p>3'</p>	<p>Papel em folha A4 com os objetivos impressos</p>
		<p>Levantar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da temática</p>	<p>Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.</p>			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reconhecer a importância da difração de Raio X realizado por Rosalind Franklin para a composição da molécula de DNA; ✓ Calcular o percentual de bases nitrogenadas de um organismo a partir do percentual de uma única base fornecida; ✓ Diferenciar DNA de RNA. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolução dos questionários. 	<p>Dividir a sala em equipes de 4 a 6 alunos, a depender do tamanho da turma e disponibilidade de modelos didáticos</p>	<p>Separar-se em equipes e arrumar as bancas em círculo</p>	<p>Cadeiras e carteiras</p>	<p>5'</p>	<p>Cadeiras e carteiras</p>
		<p>Entregar um modelo didático e as peças que representam bases nitrogenadas e pontes de hidrogénios.</p>	<p>Receber os modelos e aguardar as instruções do professor.</p>			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Calcular o percentual de bases nitrogenadas de um organismo a partir do percentual de uma única base fornecida; ✓ Diferenciar DNA de RNA. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolução dos questionários. 	<p>Solicitar a cada equipe para alocar as bases nitrogenadas e pontes de hidrogénios de acordo com a afinidade bioquímica entre elas.</p>	<p>Alocar cada peça nos espaços adequados do tabuleiro de acordo com a regra de Chargaff</p>	<p>Modelo didático em material MDF</p>	<p>8'</p>	<p>Modelo didático em material MDF</p>
		<p>Entregar o Quadro 1 contendo as questões propostas sem as respostas esperadas</p>	<p>Responder cada um dos questionamentos</p>			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diferenciar DNA de RNA. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolução dos questionários. 	<p>Levantar discussão sobre as respostas atribuídas – por intermédio do professor mediador.</p>	<p>Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.</p>	<p>Oralidade</p>	<p>20'</p>	<p>Atividade impressa em folha A4 contendo os questionamentos.</p>
		<p>Entregar a Situação-problema 1</p>	<p>Contribuir com a resolução das situações-problemas</p>			
<p>Discussão dos resultados apresentados por cada equipe referente a situação-problema 1</p>	<p>Discussão dos resultados apresentados por cada equipe referente a situação-problema 1</p>	<p>Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.</p>	<p>Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.</p>	<p>Oralidade</p>	<p>20'</p>	<p>Atividade impressa em folha A4 contendo as situações-problemas.</p>
<p>Discussão dos resultados apresentados por cada equipe referente a situação-problema 1</p>	<p>Discussão dos resultados apresentados por cada equipe referente a situação-problema 1</p>	<p>Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.</p>	<p>Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.</p>			

Fonte: Cabeçalho da planilha baseado na sugerida pela Fundação Lemann.

Procedimentos

No início desta aula, é importante que o professor exponha os objetivos no quadro e solicite que os alunos os transcrevam em seus cadernos. Em seguida, o professor abre uma discussão para resgatar os conhecimentos prévios dos alunos acerca desta temática. Concluída esta etapa, os alunos são separados em equipes e o professor os entrega o modelo didático (MD) que aborda a Complementaridade entre as bases nitrogenadas segundo Watson e Crick e a Regra de Chargaff (Figura 1).

Figura 1. Modelo Didático em material MDF (dimensões: 60 cm x 60 cm), com a estrutura impressa do DNA contendo espaços na região central para alocar as peças que representam as bases nitrogenadas e pontes de hidrogênios para a compreensão da regra de Chargaff, e a composição e estrutura básica dos ácidos nucleicos.

REGRA DE CHARGAFF

Modelo proposto por Watson & Crick, 1953

Bases Nitrogenadas

5' 3'

Grupo fosfato (P)

Acúcar

Bases púricas (A, G)

Bases pirimidicas (T, C)

Pontes de hidrogênio

Ligação fosfodiéster

U.C.ectideo

Base Nitrogenada

OH

5' 3'

Paralelismo das purinas com as pirimidinas explica exatamente o diâmetro da dupla-hélice de DNA diferenciado a partir dos dados de raios X. Aquel diâmetro é indicado pelas linhas verticais marcadas.

Fonte: GRIFFITHS, A.J.F.; WESSLER, S.R.; CARROL, S.B.; DOEBLEY, J. Introdução à Genética. 11 ed., Rio de Janeiro: Guanabara - Koogan, 2016. p. 666.

Paralelismo das purinas com as pirimidinas explica exatamente o diâmetro da dupla-hélice de DNA diferenciado a partir dos dados de raios X. Aquel diâmetro é indicado pelas linhas verticais marcadas.

Fonte: GRIFFITHS, A.J.F.; WESSLER, S.R.; CARROL, S.B.; DOEBLEY, J. Introdução à Genética. 11 ed., Rio de Janeiro: Guanabara - Koogan, 2016. p. 666.

citosina (C)

guanina (G)

adenina (A)

timina (T)

base nitrogenada

DNA (ácido desoxirribonucleico)

RNA (ácido ribonucleico)

citosina (C)

guanina (G)

adenina (A)

uracila (U)

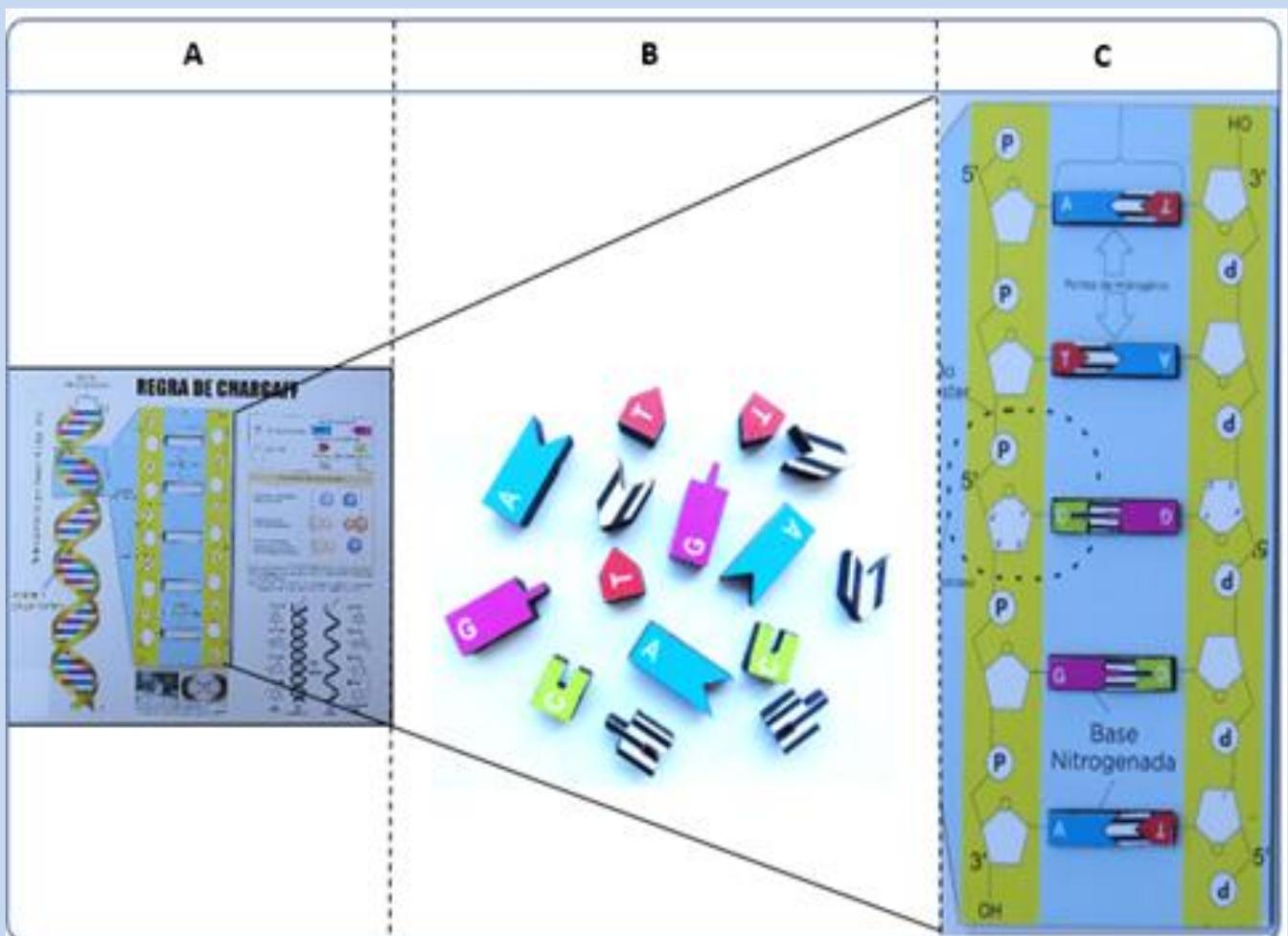
base nitrogenada

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Na oportunidade, os alunos estabelecem a relação de complementaridade entre as bases nitrogenadas, ou seja, conectam a peça da base nitrogenada Adenina (A) a peça que representa a base nitrogenada Timina (T) através de uma peça central que representa as pontes de hidrogênio. Ao mesmo tempo, conectam a peça que representa a base nitrogenada Citosina (C) a Guanina (G) através de uma peça central que representa as três pontes de hidrogênio.

Neste intermédio, os alunos podem analisar as informações apresentadas e discutir as possibilidades de complementaridade das bases nitrogenadas, de encaixes perfeitos com extremidades coesivas, conforme figura 2(B).

Figura 2. Modelo Didático em material MDF utilizado para se trabalhar a regra de Chargaff. Em 2A o MD sem as bases nitrogenadas, em 2B as peças utilizadas para estabelecer a complementaridade entre as bases nitrogenadas e pontes de hidrogênio com extremidades coesivas; em 2C o MD representando uma possibilidade de ordenamento das peças na complementaridade entre os pares de bases e pontes de hidrogênio.



Intuitivamente, os alunos podem estabelecer relações de afinidades entre as bases nitrogenadas (A com T e C com G), simulando na prática a afinidade bioquímica, tendenciados a concluir da mesma forma que Erwin Chargaff em sua análise molecular. Imediatamente, após a alocação das peças (Figura 1C), considerando a universalidade da molécula de DNA, os alunos podem ser desafiados a postular as regularidades observadas nesta prática (Quadro 1).

Quadro 1. Questões propostas com as respostas esperadas, segundo Griffiths et al (2013) para postulações das regularidades propostas Watson e Crick.

Questões	Respostas esperadas
Observando a quantidade de Adenina (A) no DNA apresentado, qual a relação que a equipe conclui em relação a quantidade de Timina (T)?	A quantidade de Adenina é sempre igual à quantidade de Timina.
Observando a quantidade de Citosina (C) no DNA apresentado, qual a relação que a equipe conclui em relação a quantidade de Guanina (G)?	A quantidade de Citosina é sempre igual à quantidade de Guanina.
Observando a quantidade de nucleotídeos pirimídicos (T+C), pode-se inferir que é igual a quantidade de nucleotídeos purínicos (A+G)? Justifique	Sim. Pois a quantidade de nucleotídeos pirimídicos é 5, igual à quantidade de nucleotídeos purínicos.
Observando a quantidade de nucleotídeos A+T, pode-se inferir é igual a quantidade de C+G? Justifique.	Não. Pois a quantidade de A+T é 6, já a quantidade de C + G é 4.
A razão entre A+T/C+G é característico entre organismos da mesma espécie. Por que a razão entre eles não se repete entre organismos de espécies diferentes?	Devido a quantidades diferentes de bases nitrogenadas cada espécie apresenta uma razão específica.
Observando as ligações das pontes de hidrogênios, e cada linha preta nas peças representa uma ligação, quais são os pares mais estáveis, entre A e T e entre C e G? Justifique!	As ligações entre C e G são mais estáveis por terem três pontes de hidrogênio, enquanto entre A e T têm apenas duas pontes.
De acordo com a quantidade de cada base nitrogenada do DNA, representando, determine o percentual de cada uma delas.	20% de Citosina e Guanina 30% de Timina e Adenina

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

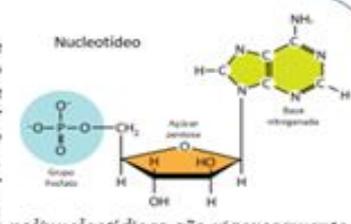
É necessário que o professor levante uma discussão acerca das respostas atribuídas a cada questão, fazendo as devidas intervenções. Ao final desta etapa, o professor solicita que cada equipe responda a Situação-problema 1 (Figura 3) que poderá ser impressa no verso da atividade anterior, podendo, em seguida, iniciar uma nova discussão para a correção coletiva deste questionário.

Figura 3. Situação-problema 1: Classificação, composição e estrutura dos ácidos nucleicos.

SITUAÇÃO-PROBLEMA -1

Natureza química e Estrutura do DNA

O DNA (ácido desoxirribonucleico) foi descoberto em 1869 por Johann Friedrich Miescher, porém só em 1953, Watson e Crick propôs um modelo compatível com os resultados de difração de raios X, realizado por Rosalind Franklin em 1951. Revelaram que o DNA é uma dupla-hélice composta por duas cadeias antiparalelas de nucleotídeos unidas por meio do pareamento complementar. Os nucleotídeos são moléculas compostas por uma tríade, composta por uma molécula de ácido fosfórico (P) ligada a um açúcar pentose (desoxirribose) que se liga a uma base nitrogenada (Adenina -A, Citosina-C, Guanina-G e Timina-T). Hoje se sabe que essas duas cadeias polinucleotídicas são rigorosamente complementares, segundo Erwin Chargaff. Esta estrutura de DNA é um composto orgânico que contém informações hereditárias que coordenam o desenvolvimento dos seres vivos e se transformou, em um ícone da genética e dos avanços científicos.



De acordo com o texto acima e das informações do Modelo em questão, responda:

- Qual o pareamento correto que ocorre de forma universal em todas as moléculas de DNA, segundo Chargaff?
 - A com C e T com G
 - A com T e C com G
 - G com A e T com C
 - C com T e G com A
- Qual o critério utilizado por Chargaff para demonstrar tal complementaridade?
 - Pareamento de purina com purina
 - Pareamento de pirimidina com pirimidina
 - Diâmetro da dupla hélice do DNA, compatível com o verificado em raios X.
 - Por apresentar duas ligações por pontes de Hidrogênio entre G e C e três ligações por pontes de Hidrogênio entre A e T.
- A respeito da estrutura de DNA, analise as proposições:
 - A ligação entre os nucleotídeos são chamadas de fosfodiéster
 - Um nucleotídeo é composto por um grupo fosfato (ácido fosfórico), um açúcar pentose e uma base nitrogenada
 - As duas fitas são antiparalelas, pois uma fita segue no sentido 5' para 3' e outra, ao contrário.

Estão corretas:

 - I apenas
 - II e III apenas
 - I e III apenas
 - Todas
- FUVEST - A tabela mostra a composição das bases nitrogenadas púricas, adenina e guanina, nos DNAs do homem e do boi.

	Adenina	Guanina
Homem	30,4%	?
Boi	?	21,0%

As porcentagens que estão faltando para o homem e para o boi são, respectivamente:

 - 19,6 e 21,0
 - 21,0 e 30,4
 - 19,6 e 29,0
 - 29,0 e 30,4
 - 30,4 e 21,0
- Podemos citar como diferenças DNA e RNA as assertivas abaixo, exceto a alternativa:
 - O RNA não apresenta a base nitrogenada Timina
 - O tipo de Pentose do RNA é a Ribose
 - As bases nitrogenadas do RNA são: A, C, G e U
 - O grupo fosfato do DNA e RNA é o ácido fosfórico
 - O DNA não apresenta dupla hélice e sua pentose é a desoxirribose.
- Complete o texto com os termos que cabem: O _____ é uma molécula universal formada por uma dupla hélice composta de subunidades, os _____ estes compõe uma tríade onde um grupo fosfato é ligado a uma _____ que se liga a um(a) _____. Nesta cadeia a Adenina se liga a _____ e a Citosina se liga a _____, por pontes de _____. No RNA não há a base nitrogenada _____ e a cadeia é dotada de uma única _____.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 2. Gabarito oficial da Situação-problema 1.

1°	2°	3°	4°	5°
B	C	D	C	E
6°				
DNA → NUCLEOTÍDEOS → AÇÚCAR - PENTOSE → BASE NITROGENADA				
→ TIMINA → GUANINA → HIDROGENIOS → TIMINA → FITA OU HELICE				

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

MANUAL DE AULA PRÁTICA 2

**Classificação, composição e estrutura dos ácidos nucleicos:
Construindo modelos didáticos de DNA e RNA**

Planejamento: Construindo Modelos Didáticos de DNA e RNA

COMPONENTE CURRICULAR: BIOLOGIA		SÉRIE: 3º ANO DO ENSINO MÉDIO		NÚMERO DE AULAS: 2 H/A DE 50MIN CADA		
OBJETIVO DA AULA	AVALIAÇÃO	ATIVIDADES				
		PROFESSOR	ALUNO	ORGANIZAÇÃO DA SALA	TEMPO	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reconhecer a relação de complementaridade entre as bases, segundo a regra de Chargaff; ✓ Calcular o percentual de bases nitrogenadas de um organismo a partir do percentual de uma única base fornecida; ✓ Diferenciar DNA de RNA; ✓ Reconhecer detalhes intrínsecos a respeito das moléculas de DNA e RNA; ✓ Consolidar os conhecimentos alusivos aos objetivos tratados anteriormente. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Participação nas discussões em grupo; ✓ Proatividade; ✓ Explicação dos resultados para socialização das respostas atribuídas pelo grupo; ✓ Resolução dos questionários. 	<p>Expor os objetivos da aula no quadro branco</p>	<p>Compreender os objetivos da aula apresentados pelo professor</p>	<p>Alunos sentados individualmente em fileiras.</p>	<p>2'</p>	<p>Papel em folha A4 com os objetivos impressos</p>
		<p>Dividir a sala em equipes de 4 a 6 alunos, a depender do tamanho da turma e disponibilidade de modelos didáticos</p>	<p>Separar-se em equipes e arrumar as bancas em círculo.</p>	<p>Cadeiras e carteiras</p>	<p>5'</p>	<p>(Kit)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 1 pasta para alocar os itens com uma etiqueta contendo o nome de todos os itens; ✓ Canudos nas cores: amarela, azul, verde e vermelha (quantidades variadas, conforme a Figura 2); ✓ Fitas adesivas 12mm x 65mm nas cores: amarela, verde e azul (1 de cada); ✓ 2 lápis preto de madeira; ✓ 1 régua de 30 cm; ✓ 1 tesoura sem ponta.
		<p>Distribuição de uma pasta contendo um kit e um protocolo para cada equipe</p>	<p>Conferir se o kit contém todos os itens, conforme a etiqueta da pasta.</p>	<p>Alunos divididos em grupos de 4 a 6 alunos</p>	<p>40'</p>	
		<p>Solicitar a confecção de uma molécula de DNA, de acordo com o protocolo fornecido.</p>	<p>Confeccionar um modelo didático (MD) de DNA conforme protocolo</p>			
		<p>Solicitar que cada equipe alocue adequadamente cada Etiqueta de DNA em local apropriado.</p>	<p>Recortar e colar cada uma das etiquetas no MD do DNA em local apropriado.</p>		<p>5'</p>	<p>1 cartela contendo etiquetas para ser colada nas estruturas do modelo didático do DNA</p>
		<p>Solicitar a confecção de uma molécula de RNA sem protocolo.</p>	<p>Confeccionar um MD de RNA sem protocolo</p>	<p>(Kit)</p>		
		<p>Discussão dos resultados apresentados por cada equipe referente a situação-problema 1</p>	<p>Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.</p>		<p>15'</p>	<p>Oralidade</p>
		<p>Recomendar vídeos do Youtube® referente à Replicação do DNA, para casa.</p>	<p>Assistir os vídeos recomendados e fazer anotações.</p>	<p>Atividade extraclasse</p>		<p>-</p>

Fonte: Baseada no cabeçalho da planilha sugerida pela Fundação Lemann.

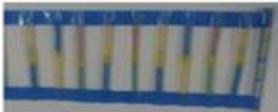
Procedimentos

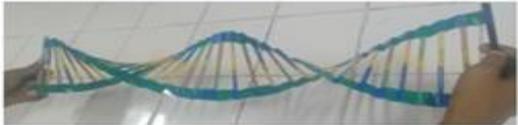
No início desta aula, é importante que o professor exponha os objetivos no quadro e os leia para os alunos. Em seguida, o professor sugere aos alunos que formem equipes de 4 a 6 alunos. Cada equipe recebe um protocolo (Figura 1) e um kit contendo todos os materiais necessários para a confecção de uma molécula de DNA em dupla hélice.

Figura 1. Protocolo da atividade de confecção do modelo didático do DNA.

Protocolo para Construção do Modelo Didático: DNA

- Confira se seu kit está completo, conforme consta na pasta.
 
- Utilizando a tesoura e a régua, divida cada canudo conforme os tamanhos citados abaixo:
 - ✓ Canudo azul e verde: 9 cm cada
 - ✓ Canudo vermelho e amarelo: 6 cm cada
- Utilizando a fita amarela, una os canudos azul com amarelo e vermelho com verde, conforme a imagem abaixo:
 

A fita amarela serve para ligar dois canudos que representam as bases nitrogenadas (uma púrica com outra pirimidica), como se chama este tipo de ligação entre as bases? _____
 Se o canudo vermelho representa a base nitrogenada **Timina**, então o verde representa a base: _____; e se o canudo amarelo é a **Citosina**, então o canudo azul será _____.
- Estire dois pedaços de 1m de fita azul com a face adesiva voltada para cima. Esta será o corrimão da longa escada que irá compor o seu DNA.
 
- Mantendo uma distância aproximada de 2cm entre os degraus da escada, interponha cada um dos degraus ao longo da fita azul.
 
- Em cada uma das extremidades coloque um lápis para dar firmeza ao seu DNA.
 
- Com cuidado, utilize a fita azul com a parte adesiva voltada para baixo para fixar os canudos.
 
- Acrescente um pedaço de fita verde em cada espaço entre as bases. A união entre as fitas azul e verde formam as ligações fosfodiéster.
 

Se a fita verde corresponde ao grupo fosfato - P (Ácido fosfórico), então a fita azul corresponde a(ao): _____
- Cole as etiquetas para indicar cada componente da molécula do DNA. Está pronto seu DNA!
 
- Determine o percentual das bases nitrogenadas nesta molécula.

Desafio!

A partir dessas informações, construa uma sequência de RNA mensageiro a partir de uma fita molde do DNA.

Após os alunos conferirem se o seu kit contém todos os itens destacado na etiqueta da pasta, podem iniciar a confecção da molécula de DNA, conforme protocolo. Importante ressaltar que cada equipe pode construir um DNA com diferentes quantidades de bases nitrogenadas, pois cada pasta contém quantidades específicas de canudos que representam essas bases. (Figura 2).

Figura 2. Etiquetas que podem ser usadas para serem alocadas nas pastas contendo cada kit específico.

ETIQUETA PARA OS KITS	
Cada equipe irá construir um DNA com números diferentes de pares de bases nitrogenadas.	
<p>SEU KIT É COMPOSDO DE:</p> <p>4 CANUDOS AMARELOS 1 RÉGUA 4 CANUDOS AZUIS 1 TESOURA 12 CANUDOS VERDES 1 PROTOCOLO 12 CANUDOS VERMELHOS 1 COLA 1 FITA AMARELA 8 ETIQUETAS 1 FITA VERDE 1 PASTA AZUL 1 FITA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>	<p>SEU KIT É COMPOSDO DE:</p> <p>6 CANUDOS AMARELOS 1 RÉGUA 6 CANUDOS AZUIS 1 TESOURA 9 CANUDOS VERDES 1 PROTOCOLO 9 CANUDOS VERMELHOS 1 COLA 1 FITA AMARELA 8 ETIQUETAS 1 FITA VERDE 1 PASTA AZUL 1 FITA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>
<p>SEU KIT É COMPOSDO DE:</p> <p>7 CANUDOS AMARELOS 1 RÉGUA 7 CANUDOS AZUIS 1 TESOURA 8 CANUDOS VERDES 1 PROTOCOLO 8 CANUDOS VERMELHOS 1 COLA 1 FITA AMARELA 8 ETIQUETAS 1 FITA VERDE 1 PASTA AZUL 1 FITA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>	<p>SEU KIT É COMPOSDO DE:</p> <p>8 CANUDOS AMARELOS 1 RÉGUA 8 CANUDOS AZUIS 1 TESOURA 6 CANUDOS VERDES 1 PROTOCOLO 6 CANUDOS VERMELHOS 1 COLA 1 FITA AMARELA 8 ETIQUETAS 1 FITA VERDE 1 PASTA AZUL 1 FITA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>
<p>SEU KIT É COMPOSDO DE:</p> <p>5 CANUDOS AMARELOS 1 RÉGUA 5 CANUDOS AZUIS 1 TESOURA 11 CANUDOS VERDES 1 PROTOCOLO 11 CANUDOS VERMELHOS 1 COLA 1 FITA AMARELA 2 LÁPIS GRAFITES FITA VERDE 8 ETIQUETAS 1 FITA AZUL 1 PASTA AZUL</p>	<p>SEU KIT É COMPOSDO DE:</p> <p>9 CANUDOS AMARELOS 1 RÉGUA 9 CANUDOS AZUIS 1 TESOURA 5 CANUDOS VERDES 1 PROTOCOLO 5 CANUDOS VERMELHOS 1 COLA 1 FITA AMARELA 8 ETIQUETAS 1 FITA VERDE 1 PASTA AZUL 1 FITA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Durante a aulas é possível perceber a interação entre os componentes das equipes para a confecção do modelo didático, e é notável que a própria construção dos modelos permite aos alunos a visualização de muitos detalhes intrínsecos que antes não foi percebido e como acrescenta ORLANDO et al. (2009, p.2), “a construção de modelos didáticos permite revisar o conteúdo e potencializar as habilidades artísticas, gerando, desta forma a autonomia na construção do conhecimento” (Figura 3).

Figura 3: Foto dos alunos do grupo experimental confeccionando o modelo didático que representa o DNA em dupla hélice.



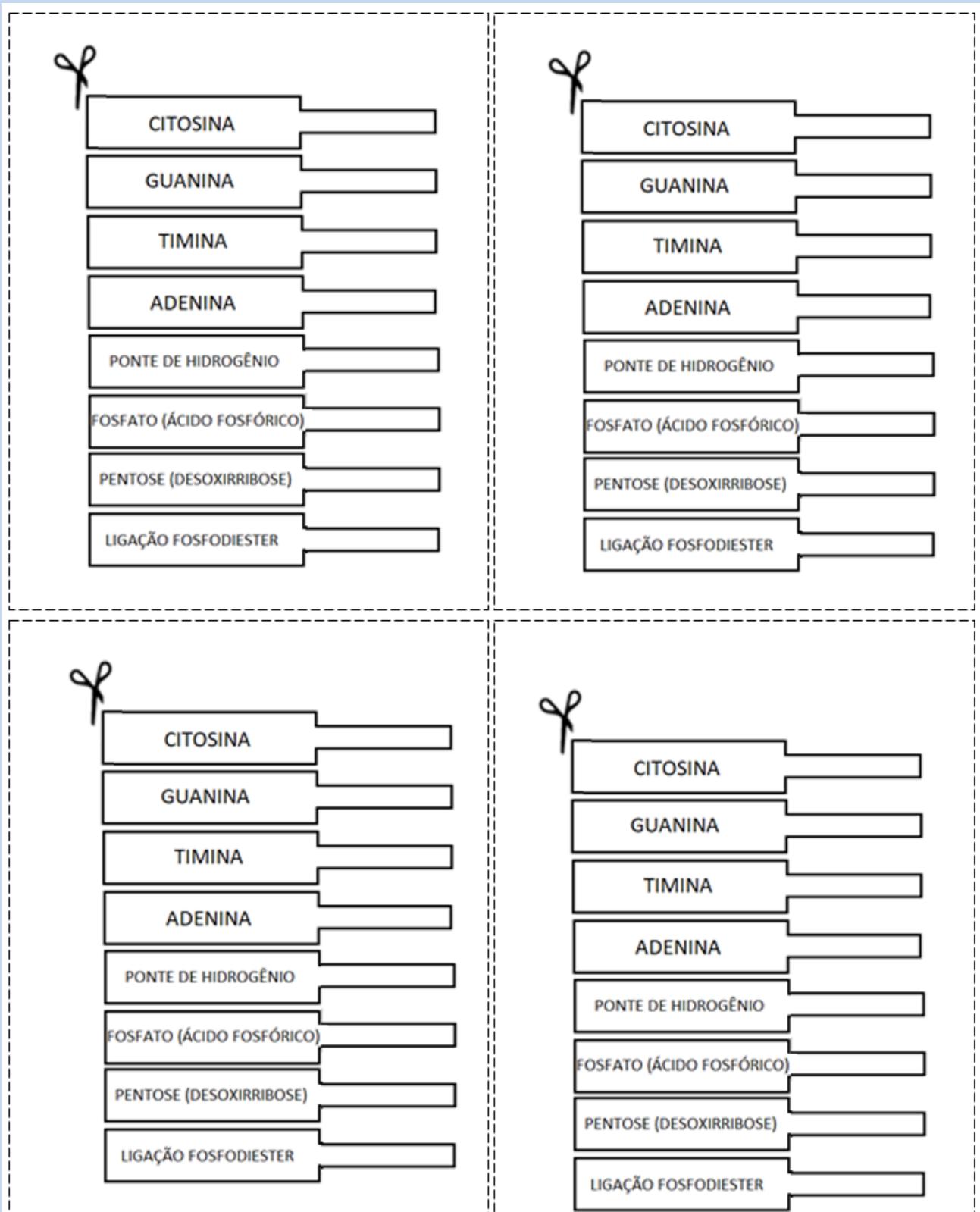
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Após a confecção do modelo didático, recomenda-se que o professor repasse uma cartela contendo as etiquetas com oito nomes entre estruturas da molécula de DNA e suas principais ligações, (figura 4) indicando cada uma das bases nitrogenadas (adenina, citosina, guanina e timina); o grupo fosfato, a pentose e as ligações fosfodiéster e por pontes de hidrogênio. Neste momento os alunos devem recortar cada etiqueta e colá-la em seu local apropriado.

Na intenção de promover a inquietação nos alunos no que concerne a confecção do modelo didático, os mesmos ao concluírem a estrutura da molécula de DNA, devem desafiados a construir uma molécula de RNA na mesma proposta, porém, sem o uso de um protocolo específico.

Ao final, o professor pode recomendar vídeos do Youtube® ou da Plataforma Khan Academy para a próxima atividade sobre Replicação do DNA.

Figura 4. Etiquetas a serem recortadas e coladas em cada estrutura e principais ligações da molécula de DNA.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

MANUAL DE AULA PRÁTICA 3

Ciclo celular e Replicação do DNA

Planejamento: Ciclo celular e Replicação do DNA

COMPONENTE CURRICULAR: BIOLOGIA		SÉRIE: 3º ANO DO ENSINO MÉDIO		NÚMERO DE AULAS: 3 H/A DE 50MIN CADA		
OBJETIVO DA AULA	AValiação	PROFESSOR	ALUNO	ORGANIZAÇÃO DA SALA	TEMPO	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reconhecer que a replicação do DNA ocorre de forma semiconservativa; ✓ Reconhecer detalhes intrínsecos na replicação do DNA com uso de modelos didáticos; ✓ Reconhecer o papel das enzimas helicase e polimerase III na replicação do DNA. ✓ Compreender que a replicação ocorre sempre no sentido 5' para 3'. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Participação nas discussões em grupo; ✓ Proatividade; dos resultados para socialização das respostas atribuídas pelo grupo; ✓ Resolução dos questionários. 	<p>Expor os objetivos da aula no quadro branco</p> <p>Levantar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da temática</p> <p>Dividir a sala em equipes de 4 a 6 alunos, a depender do tamanho da turma e disponibilidade de modelos didáticos</p> <p>Entregar um modelo didático para cada equipe (um tabuleiro e 14 peças) referente a replicação do DNA e uma a folha de papel A4 contendo os textos-chaves</p> <p>Solicitar a escolha de um dos alunos da equipe para fazer a leitura dos textos-chaves na ordem em que está apresentado.</p> <p>Recomendar que todos os integrantes da equipe precisem se articular para descobrir qual o termo (peça em material MDF) se refere ao texto-chave e alocar a peça no tabuleiro; continuar a leitura do texto na ordem alfabética indicativa no texto chave, até que todas as peças estejam devidamente sobrepostas no tabuleiro</p> <p>Solicitar que todas as equipes mostrem seus resultados e tentem justificar o porquê de terem feito daquela forma</p> <p>Solicitar que cada equipe realize a replicação semiconservativa e faça o registro fotográfico de acordo com cada etapa apresentada na Quadro 5</p> <p>Solicitar o compartilhamento das fotos de cada fase solicitada da replicação do DNA utilizando o aplicativo Whats.App</p>	<p>Compreender os objetivos da aula apresentados pelo professor</p> <p>Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.</p> <p>Separar-se em equipes e arrumar as bancas em círculo</p> <p>Receber os modelos e aguardar as instruções do professor.</p> <p>Ficar atento as recomendações do professor</p> <p>Alocar cada peça nos espaços adequados do tabuleiro de acordo os textos-chaves.</p>	<p>Ahunos sentados individualmente em fileiras.</p>	<p>2'</p> <p>10'</p> <p>5'</p> <p>2'</p> <p>1'</p> <p>20'</p> <p>10'</p> <p>40'</p> <p>10'</p> <p>30'</p> <p>20'</p> <p>-</p>	<p>Papel em folha A4 com os objetivos impressos</p> <p>Oralidade</p> <p>Cadeiras e carteiras</p> <p>✓ 1 Modelo didático em material MDF representando a replicação semiconservativa em procaríotos e eucariotos;</p> <p>✓ Texto-chave para alocar as peças em material MDF no modelo referente à replicação do DNA em procaríotos e eucariotos.</p> <p>Oralidade</p> <p>✓ 1 MD da molécula de DNA, confeccionado na aula anterior;</p> <p>✓ 1 Tesoura;</p> <p>✓ MD de nucleotídeos isolados com as 4 bases nitrogenadas;</p> <p>✓ 1 Celular ou máquina fotográfica para registro de imagens.</p> <p>Atividade impressa em folha A4 contendo as situações-problemas.</p> <p>Oralidade</p> <p>✓ Internet</p>
		<p>Entregar a Situação-problema 2, referente a replicação do DNA.</p> <p>Discussão dos resultados apresentados por cada equipe referente a situação-problema 2</p> <p>Recomendar vídeos do Youtube® referente à Replicação do DNA, para casa.</p>	<p>Contribuir com a resolução das situações-problemas</p> <p>Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.</p> <p>Assistir os vídeos recomendados e fazer anotações.</p>	<p>Atividade extraclasses</p>		

Fonte: Baseada no cabeçalho da planilha sugerida pela Fundação Lemann.

Procedimentos

No início desta aula, é importante que o professor exponha os objetivos no quadro e os leia para os alunos. Em seguida, o professor sugere aos alunos que formem equipes de 4 a 6 alunos cada.

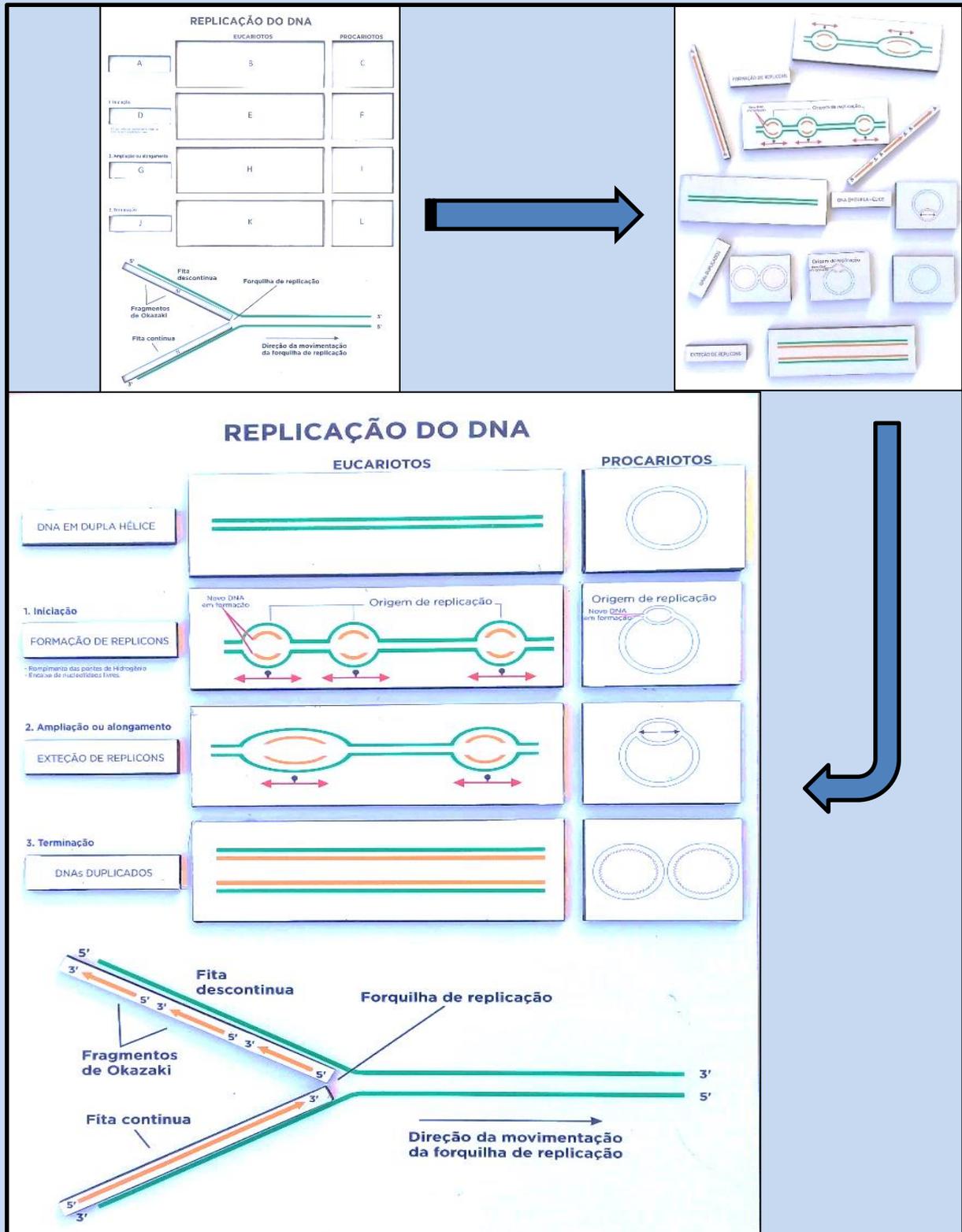
De forma expositiva, a aula pode ser iniciada revisando as etapas que acontecem no ciclo celular, com destaque na fase S (Interfase), apresentando resumidamente como ocorre a replicação do DNA tanto em procariotos como em eucariotos e sua importância. Para Griffiths et al (2013), “Esse é o modo pelo qual a vida perpetua sua cópia através do tempo, tanto na produção de novas gerações como na regeneração de um novo organismo vivo a partir de uma única célula progenitora como um ovócito fertilizado.” Ao final, os alunos poderão assistir ao vídeo a partir do link <<https://www.youtube.com/watch?v=T3RK7w0nfOc>> que aborda as etapas da replicação do DNA.

Em seguida, o professor fornece o modelo didático em material MDF com algumas peças que precisarão ser alocadas no tabuleiro, de modo que atenda a sequência correta de eventos que ocorrem durante a replicação do DNA em procariotos e eucariotos (Figura 1). O tabuleiro que representa este modelo em material MDF apresenta reentrâncias com letras em ordem alfabética nos espaços próprios para alocar as 14 peças dotadas de uma frase, indicando a fase da replicação, ou uma imagem representando uma das etapas do DNA em replicação ou replicado.

Para que as peças sejam devidamente alocadas de acordo com a ordem dos acontecimentos no processo de replicação em eucariotos e procariotos, cada letra presente nos espaços do tabuleiro apresenta correspondência com as letras indicadas no Quadro 1 com seus respectivos textos-chaves. À medida que um dos alunos lê cada um dos textos-chaves, os demais componentes da equipe analisam a possibilidade da peça se encaixar no local apropriado.

Finalizada esta etapa, os alunos terão que defender a hipótese da sequência de eventos atribuídas por sua equipe baseados em um conhecimento adquirido anteriormente. Portanto, abre-se uma discussão para analisar as justificativas, confrontando cada uma das sequências apresentadas, favorecendo um ambiente de reflexão da prática e tratando o erro como uma estratégia didática, uma possibilidade de aprendizagem, pois como aponta Carvalho, (1997, p 54) “Não existimos para decretar fracassos, mas promover aprendizagens”.

Figura 1. Modelo didático em material MDF, (dimensões 30cm x 40 cm), utilizado para estudo das etapas da replicação do DNA em eucariotos e procariotos, (Imagem extraídas de Dantas, 2012 disponível em <https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/replicacao-e-transcriao-dna-procariotos>). Em A o modelo como deve ser entregue para alocar as peças às equipes; em B, as 14 peças a serem alocadas; em C as peças corretamente alocadas.



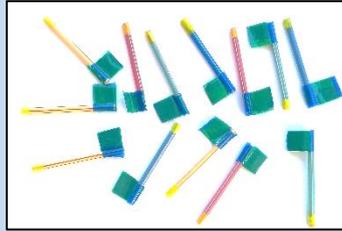
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 1. Textos-chaves que orientam a localização das peças no modelo didático apresentado na **Figura 1**.

LETRAS	TEXTOS-CHAVES UTILIZADOS PARA ALOCAR AS PEÇAS DO MODELO DIDÁTICO REFERENTE À REPLICAÇÃO
<i>A</i>	Termo que se refere a molécula de ácido desoxirribonucleico – molécula que apresenta duas fitas que será replicada na fase S da interfase (Fase que antecede a duplicação da célula);
<i>B</i>	A imagem representa uma longa cadeia de um organismo eucarioto, composta de dupla-hélice em que cada hélice servirá de molde ou modelo para a cópia de ambas;
<i>C</i>	Cromossomo circular de <i>Eschericia coli</i> (bactéria);
<i>D</i>	Termo que se refere a primeira fase da replicação do DNA – Nesta fase forma(m)-se a(s) bolha(s) de replicação;
<i>E</i>	Pelo tamanho do DNA em eucariotos a replicação ocorre em vários pontos da cadeia de forma bidirecional. Portanto, há a formação de muitos replicons.
<i>F</i>	Em <i>E. coli</i> a replicação também é bidirecional, no entanto, com um único replicon;
<i>G</i>	Termo utilizado para demonstrar que as origens de replicação ampliaram sua atividade;
<i>H</i>	Fusão dos replicons em eucariotos;
<i>I</i>	Extensão da origem de replicação no DNA em <i>E. coli</i> ;
<i>J</i>	Termo que representa a replicação semiconservativa;
<i>K</i>	Imagem que representa o resultado didático de uma replicação semiconservativa em eucarioto, composta de duas fitas duplas, ou dois DNAs, cada um contendo uma fita antiga e outra recém-sintetizada;
<i>L</i>	Imagem que representa o resultado didático de uma replicação semiconservativa em procarioto, composta de duas fitas duplas circulares, ou dois DNAs, cada um contendo uma fita antiga e outra recém-sintetizada;
<i>M</i>	Como o acréscimo ocorre apenas nas pontas 3', a polimerização em um molde é descontínua em trechos curtos (fragmentos de Okazaki); Cadeia retardada. Lembre-se: a outra fita é antiparalela;
<i>N</i>	Fita contínua, produzindo o filamento contínuo (<i>leading</i>), sempre no sentido 5' para 3'. Lembrete: posição antiparalela.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Figura 2. Modelo didático representando os nucleotídeos isolados.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 2. Representação simplificada das etapas da replicação do DNA.

REPLICAÇÃO SEMICONSERVATIVA DO DNA		
Etapas	Ação	Enzima
1ª etapa	Rompimentos das pontes de hidrogênio	Helicase
2ª etapa	Encaixe dos nucleotídeos livres	Polimerase III
3ª etapa	Formação de duas moléculas de DNA. Replicação semiconservativa.	Várias enzimas

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Figura 3. Etapas da replicação realizada por uma das equipes que fotografou e enviou pelo aplicativo WhatsApp® para ser avaliado.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Em seguida é necessário que o professor levante uma discussão acerca desta atividade, fazendo as devidas intervenções. Ao final desta etapa, o professor entrega a cada uma das equipes a Situação-problema 2 para que seja respondida em equipe, podendo iniciar uma nova discussão para a correção coletiva deste questionário.

Figura 4. Situação-problema 2: Ciclo celular e replicação do DNA

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

A alta fidelidade da Replicação do DNA Genômico

O DNA é uma molécula formada por uma dupla fita, enrolada uma sobre a outra, que forma uma estrutura helicoidal. Essa molécula se caracteriza pela sua capacidade de autoduplicação e de manter, na maioria das vezes, fidedignas, caso contrário permitiria certas mutações e até a formação de câncer. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

Adaptado: GRIFFITHS, A. J. F. et al. Introdução à Genética. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002./

**Células Imortais Contam aos Cientistas
História da Evolução da Humanidade.**

Estas células formam um livro, conservado em tanques de nitrogênio líquido que guarda informações desconhecidas sobre a humanidade. Os capítulos contam diferentes detalhes da saga do homem na terra: suas andanças pelos continentes, casamentos ancestrais e os ataques de doenças.

Adaptado de, "O Globo"

Fonte: <http://wikiciencias.casadasciencias.org>

Desafios!

- Qual a fase do ciclo celular que o DNA está se replicando?
 - Prófase
 - Telófase
 - Anáfase
 - Intérfase
- Qual o tipo de replicação que foi confirmada após os experimentos de Meselson e Stahl em 1958?
 - Conservativa
 - Semiconservativa
 - Dispersiva
 - Semidispersiva
- O processo de replicação se inicia com:
 - A formação dos replicons
 - O rompimento das pontes de hidrogênio
 - O encaixe de nucleotídeos livres
 - A fusão das bolhas de replicação
- Por que o processo de autoduplicação do DNA dá significado à hereditariedade permitindo revelar a história da evolução da humanidade.
 - Porque o DNA não mantém cópias idênticas de si mesmo.
 - Porque a replicação é dispersiva.
 - Porque o DNA produz cópias idênticas de si mesmo.
 - Porque sua replicação é diferente nos diferentes organismos.
- São características observadas no processo de replicação em eucariotos e procariotos, exceto:
 - Os replicons se fundem até que toda a cadeia esteja completamente duplicada em eucariotos.
 - Os procariotos apresentam uma única origem de replicação, já nos eucariotos há várias.
 - O DNA de bactérias são menores do que o DNA de outros organismos eucariotos como fungos e algas, por exemplo.
 - A replicação do DNA procariotos ocorre no núcleo da célula.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 3. Gabarito oficial da Situação-problema 2.

1°	2°	3°	4°	5°
E	B	B	C	D

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

MANUAL DE AULA PRÁTICA 4

**Transcrição e tradução do código genético em
procariotos e eucariotos**

Planejamento: Transcrição e tradução do código genético em procariontos e eucariotos

COMPONENTE CURRICULAR: BIOLOGIA		SÉRIE: 3º ANO DO ENSINO MÉDIO		NÚMERO DE AULAS: 1 H/A DE 50MIN CADA	
OBJETIVO DA AULA	AVALIAÇÃO	ATIVIDADES			
		PROFESSOR	ALUNO	ORGANIZAÇÃO DA SALA	TEMPO
✓ Compreender resumidamente as principais etapas da transcrição e da tradução do código genético em procariontos e eucariotos. ✓ Diferenciar a síntese proteica em procariontos e eucariotos e relacioná-los ao Dogma Central da Biologia;	✓ Participação nas discussões em grupo; ✓ Proatividade; ✓ Explanação dos resultados para socialização das respostas atribuídas pelo grupo; ✓ Resolução dos questionários.	Expor os objetivos da aula no quadro branco	Compreender os objetivos da aula apresentados pelo professor.	Alunos sentados individualmente em fileiras.	2'
		Levantar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da temática	Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.		Oralidade
		Dividir a sala em equipes de 4 a 6 alunos, a depender do tamanho da turma e disponibilidade de modelos didáticos	Separar-se em equipes e arrumar as bancas em círculo	Cadeiras e carteiras	5'
		Entregar um modelo didático para cada equipe (um tabuleiro e 20 peças) referente a Síntese proteica e uma folha de papel A4 contendo os textos-chaves.	Receber os modelos e aguardar as instruções do professor.		2'
		Solicitar a escolha de um dos alunos da equipe para fazer a leitura dos textos-chaves na ordem em que está apresentado.	Ficar atento as recomendações do professor		1'
		Recomendar que todos os integrantes da equipe precisem se articular para descobrir qual o termo (peça em material MDF) se refere ao texto-chave e alocar a peça no tabuleiro; continuar a leitura do texto na ordem alfabética indicativa no texto chave, até que todas as peças estejam devidamente sobrepostas no tabuleiro	Alocar cada peça nos espaços adequados do tabuleiro de acordo os textos-chaves.		Alunos divididos em grupos de 4 a 6 alunos
Solicitar que todas as equipes mostrem seus resultados e tentem justificar o porquê de terem feito daquela forma	Participar da discussão do levantamento dos conhecimentos prévios.	Oralidade	10'		

Fonte: Baseada no cabeçalho da planilha sugerida pela Fundação Lemann.

Procedimentos

No início desta aula, é importante que o professor exponha os objetivos no quadro e os leia para os alunos. Logo após, o professor sugere aos alunos que formem equipes de 4 a 6 alunos cada, a depender da quantidade de alunos e de modelos didáticos disponíveis.

Na sequência, o professor inicia uma discussão a respeito dos processos envolvidos na produção da proteína como a transcrição e a tradução do código genético universal, credenciais que determinam o Dogma Central da Biologia Molecular.

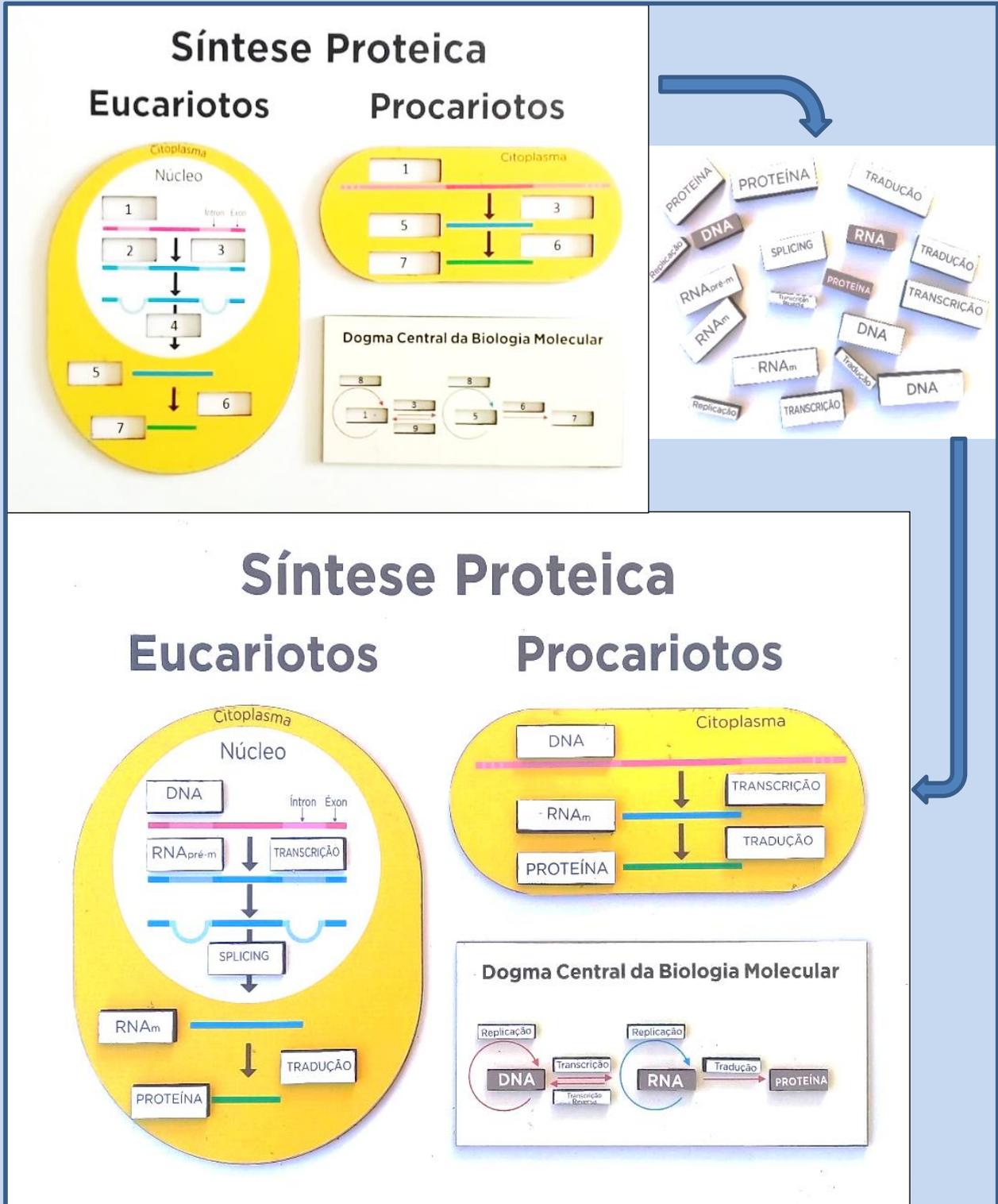
Em seguida, é entregue a cada equipe um modelo didático (**Figura 1**), que trata da síntese proteica em procariotos, eucariotos e o esquema do dogma central da Biologia Molecular. O tabuleiro que representa este modelo em material MDF, possui reentrâncias com numerais indo-arábicos de 1 a 9, com espaços próprios para alocar as 20 peças em MDF dotadas de uma palavra ou sigla (termo), portanto, os numerais e termos se repetem mais de uma vez.

Para que as peças sejam devidamente alocadas, de acordo com a ordem dos acontecimentos, cada numeral presente nos espaços do tabuleiro apresentam correspondências com os numerais indicados no **Quadro 1** com seus respectivos textos-chaves.

Na ocasião, recomenda-se que o professor solicite a escolha de um dos alunos da equipe para fazer a leitura dos textos-chaves na ordem em que está apresentado no **Quadro 1** e os demais integrantes da equipe precisam se articular para descobrir qual o termo (peça em material MDF) se refere ao texto-chave e alocar a peça no tabuleiro; este procedimento deve continuar até que todas as peças estejam devidamente sobrepostas no tabuleiro.

Durante o desenvolvimento deste tipo de abordagem, os alunos exercem o protagonismo de sua própria aprendizagem, configurando numa aprendizagem ativa, reflexiva, participativa e cooperativa, além de estabelecer relações interpessoais, discutindo opiniões, respeitando as singularidades e atribuindo respostas consensuais que melhor atenda a solução dos desafios propostos. Enquanto que, o papel do professor neste contexto é de mediador da aprendizagem, arguindo e ao mesmo tempo levantando algumas reflexões acerca da temática, conforme aponta BACICH & MORAN (2018. p.4).

Figura 1. Modelo didático em material MDF (dimensões 30cm x 40 cm), utilizado para a compreensão das etapas a síntese proteica em procariotos, eucariotos e sua relação com o Dogma Central da Biologia Molecular. (Imagem extraídas de Dantas, 2012 disponível em <https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/replicacao-e-transcriao-dna-procariotos>). Em **A** o modelo como foi entregue para alocar as peças; em **B** as 20 peças a serem alocadas; em **C** as peças corretamente sobrepostas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Quadro 1. Textos-chaves utilizados para alocar cada peça ao Modelo Didático referente à Síntese Proteica.

Nº	TEXTOS-CHAVES UTILIZADOS PARA ALOCAR AS PEÇAS DO MODELO DIDÁTICO REFERENTE À SÍNTESE PROTEICA
1	<i>Molécula de ácido desoxirribonucleico, empregada para identificar pessoas em casos de crimes e de paternidade, bem como para estabelecer as relações de parentescos entre os vários organismos numa árvore filogenética.</i>
2	<i>Ácido ribonucleico pré-mensageiro; ainda com os íntrons que são posteriormente removidos; presentes apenas em células eucarióticas.</i>
3	<i>A primeira etapa na transferência da informação do gene para a proteína. Processo de formação do ácido ribonucleico a partir da cadeia-molde de DNA. Sinônimo de copiar, escrever.</i>
4	<i>Processo que remove os íntrons e liga os éxons, só ocorre em células eucarióticas, já que o DNA das células procarióticas não possui íntrons.</i>
5	<i>Refere-se a molécula de ácido ribonucleico (mensageiro).</i>
6	<i>Processo de leitura e interpretação do código genético, a partir de uma sequência linear de nucleotídeos em aminoácidos.</i>
7	<i>Cadeia polipeptídica responsável pelas características fenotípicas do indivíduo.</i>
8	<i>Processo de duplicação dos ácidos nucleicos. No DNA ocorre de forma semiconservativa.</i>
9	<i>Processo que ocorre em vírus que conseguem produzir DNA a partir do RNA, através da enzima transcriptase reversa.</i>

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Finalizada esta etapa, os alunos precisam defender a hipótese da sequência de eventos atribuídas por sua equipe baseados em conhecimentos adquiridos anteriormente. Portanto, abre-se uma discussão para analisar as justificativas, confrontando cada uma das sequências apresentadas, favorecendo um ambiente de reflexão da prática e tratando o erro como uma estratégia didática, uma possibilidade de aprendizagem, pois como aponta Carvalho, (1997, p 54) “Não existimos para decretar fracassos, mas promover aprendizagens”.

Importante destacar que os modelos didáticos são instrumentos utilizados para motivar e ao mesmo tempo produzir questionamentos e discussões estruturadas levando a um amadurecimento de ideias e contribuindo para um “Convite ao raciocínio” como aponta KRASILCHIK (2016). Sendo mais uma abordagem metodológica que permite a quebra de paradigma no contexto de sala de aula no processo de ensinar e aprender. Para Carvalho (2018 p. 109),

“o desenvolvimento de cada uma das propostas, o professor precisa estar observando sempre e de modo muito cuidadoso quais são as iniciativas dos alunos, quais as principais dificuldades e dúvidas. Com base nesse acompanhamento contínuo das ações, o professor poderá desenvolver a mediação necessária ao diálogo entre as possibilidades de atuação e as ideias dos alunos e as concepções e explicações científicas que deseja ensinar.”

Vale salientar também que o uso de modelos didáticos vem a complementar as aulas que corriqueiramente são vistas como tradicionais, possibilitando uma mudança de postura dos alunos e do professor, e a partir da interação realizada intencionalmente com o uso dos modelos didáticos, o professor amplia o leque de possibilidades de ensinar e aprender.

Deste modo, quando o professor se interessa e desenvolve atividades diversificadas é possível promover aprendizagens significativas e efetivas de modo que o aluno seja capaz de emitir com propriedade os conteúdos abordados.

MANUAL DE AULA PRÁTICA 5

Tradução do Código Genético

Planejamento: Tradução do Código Genético

COMPONENTE CURRICULAR: BIOLOGIA		SÉRIE: 3º ANO DO ENSINO MÉDIO		NÚMERO DE AULAS: 2 H/A DE 50MIN CADA	
OBJETIVO DA AULA	AVALIAÇÃO	ATIVIDADES			
		PROFESSOR	ALUNO	ORGANIZAÇÃO DA SALA	TEMPO
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estabelecer coerentemente os mecanismos de tradução do código genético a partir da oficina proposta por AMABIS e MARTHO (1998); Oficina disponível em: <https://pt.scribd.com/document/55550470/Codigo-Genetico-e-Sintese-de-Proteinas>; ✓ Compreender que o código genético é estabelecido em trincas de bases chamados e códons; ✓ Reconhecer que para cada códon no RNA mensageiro há um anticódon no RNA transportador; ✓ Reconhecer que cada RNA transportador carrega um aminoácido (subunidade da proteína); ✓ Compreender que alterações nos nucleotídeos do DNA podem permitir a mudança de aminoácido ocasionando a modificação da proteína. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Participação nas discussões em grupo; ✓ Proatividade; ✓ Explicação dos resultados para socialização das respostas atribuídas pelo grupo; ✓ Resolução dos questionários. 	<p>Expor os objetivos da aula no quadro branco</p> <p>Dividir a sala em equipes de 4 a 6 alunos, a depender do tamanho da turma e disponibilidade de modelos didáticos</p> <p>Entregar o protocolo da aula prática para cada equipe referente a Síntese proteica.</p> <p>Solicitar que cada equipe realize a prática conforme o protocolo.</p>	<p>Compreender os objetivos da aula apresentados pelo professor</p> <p>Separar-se em equipes e arrumar as bancas em círculo.</p> <p>Receber os modelos e aguardar as instruções do professor.</p> <p>Realizar coerentemente o mecanismo de tradução do código genético utilizando MD baseado na oficina de Amabis e Martho.</p>	<p>Alunos sentados individualmente em fileiras.</p>	<p>3'</p>
					<p>5'</p>
					<p>2'</p>
					<p>40'</p>
					<p>20'</p>
					<p>30'</p>

Fonte: Baseada no cabeçalho da planilha sugerida pela Fundação Lemann.

Procedimentos

No início desta aula, é importante que o professor exponha os objetivos no quadro e os leia para os alunos. Logo após, o professor sugere aos alunos que formem equipes de 4 a 6 alunos cada, a depender da quantidade de alunos e de modelos didáticos disponíveis.

Sugere-se que a tradução do código genético seja realizada através de uma prática que tem como base uma adaptação da oficina referente a tradução do código genético proposta por AMABIS E MARTHO (1998), cujo modelo é intitulado: “Trabalhando com modelo para a síntese de proteínas”, a qual permite a compreensão das etapas que envolvem os mecanismos que levam ao encadeamento dos aminoácidos, a partir da sequência do RNA mensageiro.

Na aula anterior a esta prática, é importante que cada equipe receba uma folha de papel cartão para recortar cada uma das estruturas envolvidas no processo de síntese proteica, dentre elas: uma molécula de RNA mensageiro, 10 RNAs transportadores, 1 fator de terminação, e 10 aminoácidos. Vale salientar que cada equipe deve receber uma sequência de RNA mensageiro diferente, o que produziria na prática sequências de aminoácidos distintas, portanto, diferentes proteínas, conforme Figura 1 (1.1 a 1.10).

Na aula seguinte, o professor deve entregar o protocolo da prática de Tradução do código genético (Figura 2) segundo AMABIS e MARTHO (1998) e apresentar a sequência de etapas que se envolve na tradução desse código. Devido as sequências de RNAm distintas, confeccionadas nesta pesquisa e inspiradas na oficina proposta por AMABIS e MARTHO (1998), cada equipe, pode produzir sequências de aminoácidos que coincide com uma das sequências explicitadas na tabela da Situação-problema 3, devendo marcar com um “x” e verificar no verso da folha quais as dicas do “Quem sou eu?”, de acordo com o numeral indicado. Em seguida, a equipe deve pesquisar (na internet) essas características e concluir qual a proteína envolvida para aquela sequência de RNAm.

As proteínas indicadas nesta atividade são todas relacionadas aos seres humanos, totalizando dez proteínas, sendo: miosina, catalase, hemoglobina, distrofina, insulina, glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD), melanina, fibrinogênio, elastina e queratina. Pois como afirma TRIVELATO (1998), “exemplos relacionados a seres humanos deixam os alunos mais interessados no ensino de genética” e ratificada por PROCHAZKA e FRANZOLIN (2018); MELO e CARMO (2009), os quais afirmam que em estudos envolvendo características humanas os alunos acabam se envolvendo em discussões, motivados pelo conhecimento de suas próprias características.

Por fim, os alunos precisam responder, quais as consequências previstas para uma pessoa que não consegue produzir determinado tipo de proteína. Na intenção de compartilhar saberes, cada equipe é convidada a apresentar os seus resultados da síntese proteica divulgando para os demais alunos da sala.

Figura 2. Protocolo da atividade de tradução do código genético segundo Amabis e Martho, 1998.

ATIVIDADE: TRABALHANDO COM UM MODELO PARA A SÍNTESE DE PROTEÍNAS

Nome: _____ Série: _____

O objetivo desta atividade é facilitar a compreensão do mecanismo da síntese de proteínas pela utilização de modelos de papel. Estes representam os principais participantes da síntese de proteínas: RNA mensageiro (RNAm), ribossomo, diversos tipos de RNA transportador (RNAt), fator de terminação e aminoácidos. A atividade consiste em simular, passo a passo, os mecanismos que levam ao encadeamento dos aminoácidos da proteína sob o comando do RNA mensageiro.

MATERIAL NECESSÁRIO

- ✓ Tesoura e/ou estilete
- ✓ Cola (de preferência em bastão)
- ✓ 11 miniclipes
- ✓ Folhas para recortar com desenhos do mRNA, do ribossomo, dos aminoácidos, dos tRNA e do fator de terminação (xerox)
- ✓ Painel de isopor ou de cortiça (opcional)
- ✓ Alfinetes de mapa ou percevejos (opcional)
- ✓ Lápis ou canetas hidrográficas coloridos (opcional)

ORIENTAÇÕES GERAIS

Com tesoura ou estilete recorte, das folhas de desenhos, os modelos do RNAm, do ribossomo, dos aminoácidos, dos RNAt e do fator de terminação. Note que o RNAm está dividido em dois pedaços, que precisam ser unidos. Para isso, siga as instruções da folha de desenhos e una os dois pedaços com cola. Pode-se também colorir os modelos para que sejam mais facilmente reconhecidos. A montagem do modelo pode ser feita sobre uma superfície plana ou fixando-se as peças em um painel de isopor ou cortiça por meio de alfinetes de mapa ou percevejos.

PASSO A PASSO DA SÍNTESE DE PROTEÍNAS

1. Sua primeira tarefa, antes de iniciar a síntese de proteína, consiste em ligar, por meio de um miniclipe, cada RNAt à extremidade carboxila (cinza) do aminoácido correspondente. Para isso, consulte uma tabela de codificação genética, lembrando, porém, que geralmente as tabelas se referem aos códons (trincas de bases no RNAm) dos aminoácidos. É necessário "traduzir" os códons para os anticódons do RNAt. Por exemplo, se o códon para a metionina é AUG, a trinca do RNAt correspondente é UAC.
2. Alinhe o RNAm na subunidade menor do ribossomo, de maneira que o códon de início fique exatamente embaixo do sítio P, na subunidade maior do ribossomo. Posicione o RNAt da metionina no sítio P do ribossomo de modo que seu anticódon se encaixe ao códon de início. É esse encaixe que marca o começo da síntese de proteína.
3. Encaixe o RNAt que corresponde ao códon localizado sob o sítio A. O aminoácido transportado por esse RNAt será o segundo da cadeia polipeptídica. Solte a metionina de seu RNAt e cole sua extremidade carboxila (cinza) à extremidade amina (branca) do segundo aminoácido.
4. Deslize com cuidado o ribossomo para a direita. Percorra uma distância correspondente a três bases, mantendo encaixados os códons e os anticódons. O RNAt da metionina fica fora do ribossomo; o segundo RNAt, com os dois aminoácidos unidos, passa a ocupar o sítio P; o sítio A fica vazio. Encaixe o RNAt que corresponde ao códon localizado sob o sítio A. Solte a dupla de aminoácidos (dipeptídeo) do RNAt localizado no sítio P e cole a extremidade carboxila livre à extremidade amina do terceiro aminoácido.
5. Repita o procedimento anterior até que o códon de término passe a ocupar o sítio A do ribossomo. O encaixe do fator de terminação determina o fim da mensagem genética para a proteína, que se desliga do último RNAt e está pronta para atuar.

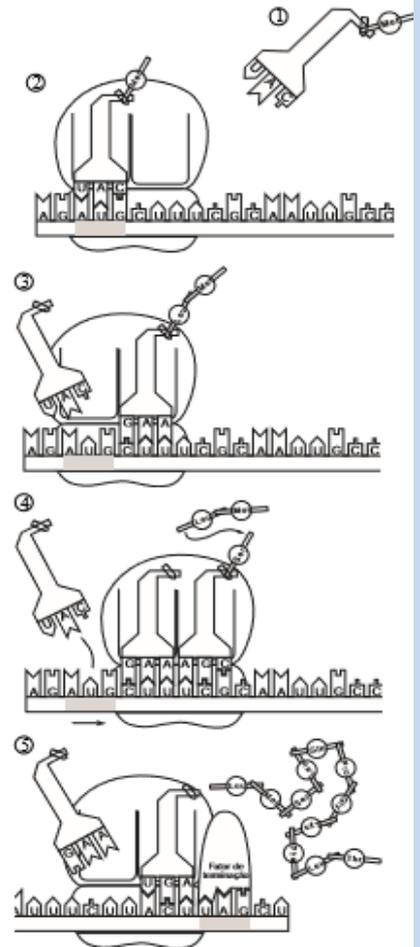


Figura 3. Situação-problema 3: O papel biológico das proteínas

O Papel Biológico das Proteínas

As proteínas são macromoléculas biológicas constituídas por uma ou mais cadeias de aminoácidos. Elas estão presentes em todos os seres vivos e participam em praticamente todos os processos celulares. Podem ser classificadas de acordo com as funções que desempenham no corpo, podendo ser:

- Transportadoras:** São aquelas que atuam no transporte de moléculas para dentro e para fora das células;
- Reguladoras:** Possuem a função de regular atividades metabólicas no organismo;
- Defesa (anticorpos):** Possuem a função de proteger o organismo contra os organismos estranhos;
- Catalizadoras ou enzimáticas:** Função de acelerar e facilitar reações químicas que ocorrem no interior das células;
- Estruturais:** Possuem a função de promover a sustentação estrutural aos tecidos do organismo;
- Contráteis:** Possuem a função de possibilitar a contração das fibras dos músculos.

Adaptado de Wikipédia. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Prote%C3%ADna> Acesso em out. 2018.

Desafio!

Considerando uma situação hipotética de produção de proteínas em humanos, observou-se que ao final da transcrição e tradução do código genético, as quais ocorreram sem qualquer tipo de mutação na sequência dos aminoácidos apresentados no modelo didático. A partir dessas informações, responda:

1. Quantos códons estão presentes na cadeia de RNAm?
2. Quantos anticódons foram necessários para a síntese proteica?
3. Utilizando as informações contidas na tabela abaixo, determine os aminoácidos que serão produzidos a partir da cadeia de RNAm.

TABELA DE AMINOÁCIDOS

		2ª BASE							
		U	C	A	G				
U	UUU	Fenilalanina (Fen)	UCU	Serina (Ser)	UAU	Tirosina (Tir)	UGU	Cisteína (Cis)	U
	UUC	Fenilalanina (Fen)	UCC	Serina (Ser)	UAC	Tirosina (Tir)	UGC	Cisteína (Cis)	C
	UUA	Leucina (Leu)	UCA	Serina (Ser)	UAA	Finalizador **	UGA	Finalizador **	A
	UUG	Leucina (Leu)	UCG	Serina (Ser)	UAG	Finalizador **	UGG	Triptofano	G
C	CUU	Leucina (Leu)	CCU	Prolina (Pro)	CAU	Histidina (His)	CGU	Arginina (Arg)	U
	CUC	Leucina (Leu)	CCC	Prolina (Pro)	CAC	Histidina (His)	CGC	Arginina (Arg)	C
	CUA	Leucina (Leu)	CCA	Prolina (Pro)	CAA	Glutamina (Glu)	CGA	Arginina (Arg)	A
	CUG	Leucina (Leu)	CCG	Prolina (Pro)	CAG	Glutamina (Glu)	CGG	Arginina (Arg)	G
A	AUU	Isoleucina (Ile)	ACU	Treonina (Tre)	AUU	Asparagina (Asn)	AGU	Serina (Ser)	U
	AUC	Isoleucina (Ile)	ACC	Treonina (Tre)	AAC	Asparagina (Asn)	AGC	Serina (Ser)	C
	AUA	Isoleucina (Ile)	ACA	Treonina (Tre)	AAA	Lisina (Lis)	AGA	Arginina (Arg)	A
	AUG	Metionina (Met) *	ACG	Treonina (Tre)	AAG	Lisina (Lis)	AGG	Arginina (Arg)	G
G	GUU	Valina (Val)	GCU	Alanina (Ala)	GAU	Ác. aspártico (Asp)	GGU	Glicina (Gli)	U
	GUC	Valina (Val)	GCC	Alanina (Ala)	GAC	Ác. aspártico (Asp)	GGC	Glicina (Gli)	C
	GUA	Valina (Val)	GCA	Alanina (Ala)	GAA	Ác. glutâmico (Glu)	GGA	Glicina (Gli)	A
	GUG	Valina (Val)	GCG	Alanina (Ala)	GAG	Ác. glutâmico (Glu)	GGG	Glicina (Gli)	G

* Aminoácido inicializador
 ** Aminoácido finalizador

Responda aqui!

4. A partir dos dados fornecidos na tabela abaixo, marque com um "x" a proteína hipotética:

	SEQUÊNCIA DE AMINOÁCIDOS	INDIQUE A PROTEÍNA
1	Met – Arg – Asn – Leu – Fen – Ala – Arg – Asp – Arg – Leu	()
2	Met – Arg – Asn – Leu – Fen – Ala – Arg – Asp – Arg – Pro	()
3	Met – Arg – Asn – Leu – Leu – Ala – Arg – Asp – Arg – Leu	()
4	Met – Arg – Asn – Leu – Leu – Ala – Arg – Glu – Arg – Leu	()
5	Met – Arg – Asn – Leu – Ser – Ala – Arg – Glu – Arg – Leu	()
6	Met – Arg – Asn – Leu – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Leu	()
7	Met – Arg – Asn – Leu – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Pro	()
8	Met – Arg – Lis – Leu – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Pro	()
9	Met – Arg – Lis – Pro – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Pro	()
10	Met – Arg – Lis – Glu – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Pro	()

Figura 3. Verso da folha da situação-problema 3: O papel biológico das proteínas.

A PARTIR DO NÚMERO INDICADO NA TABELA DA SUA SEQUÊNCIA DE AMINOÁCIDOS, PESQUISE AS DICAS SOBRE A SUA PROTEÍNA EM SEGUIDA RESPONDA O “QUEM SOU EU?” NA ATIVIDADE QUE SEGUE

- Sou uma proteína que me localizo no interior das hemácias (Células vermelhas do sangue), no plasma e em certas plantas e cuja principal função é o transporte de oxigênio. O número baixo desta proteína no sangue pode causar sintomas como cansaço frequente, falta de ar e palidez, já em alta concentração é caracterizada pela tontura, pele de cor azulada nos lábios e nas pontas dos dedos e, em casos mais raros, perda temporária de visão e de audição. QUEM SOU EU?*
- Sou uma proteína de ação hormonal, produzida no pâncreas que tem como função primordial de transportar glicose para dentro das células, a qual será usada para produção de energia. Com isso, também a proteína é fundamental para o controle do nível da glicemia sanguínea. Pessoas com diabetes podem precisar de injeções desta proteína por diferentes motivos: não produzirem esta proteína suficiente, não conseguirem usá-la adequadamente ou ambos os casos. QUEM SOU EU?*
- Sou uma proteína que garante a coloração da pele e evita danos da radiação ultravioleta ao nosso DNA. Devido a esta proteína, os seres humanos apresentam diversas tonalidades de pele e de pelos. Sua ausência caracteriza o albinismo. QUEM SOU EU?*
- Sou uma proteína de função estrutural que forma fibras elásticas bastante abundantes em nosso organismo. Esta proteína pode ser esticada várias vezes o seu tamanho e depois voltar à sua dimensão inicial. Encontra-se no tecido elástico dos pulmões, nos grandes vasos e nos ligamentos. Cada molécula desta proteína se estende quando a fibra é esticada e se recolhe logo que a força de alongamento é relaxada. O corpo humano deixa de produzir esta proteína quando atinge a puberdade, quando o processo de envelhecimento se inicia. QUEM SOU EU?*
- Sou uma proteína cuja atividade biológica mais importantes é a capacidade de se ligar à actina durante a contração muscular, ou seja é base molecular da contração muscular. Estas proteínas são as principais componentes dos miofilamentos, os organelos que constituem o “esqueleto” das células musculares. QUEM SOU EU?*
- Sou uma proteína que liga o citoesqueleto da fibra muscular à matriz extracelular, através da membrana celular. A deficiência nesta proteína é a causa primária de um dos mais graves tipos de distrofia muscular: A distrofia muscular de Duchenne. QUEM SOU EU?*
- Sou uma proteína com ação enzimática presente em todas as células do corpo, auxiliando na produção de substâncias que as protegem de fatores oxidantes. Essa proteína é essencial, pois é a única responsável por essa proteção. Não há um tratamento específico ou cura para a doença. A deficiência desta enzima irá acompanhar seu portador por toda a vida. O que deve ser feito é “evitar as drogas oxidantes, infecções e alimentos como fava e corantes, por exemplo. QUEM SOU EU?”*
- Sou uma proteína produzida no fígado que é essencial para uma variedade de processos, incluindo formação de coágulos sanguíneos, cicatrização de feridas, inflamação e crescimento de vasos sanguíneos. Circula através da corrente sanguínea e de longe a mais alta concentração de qualquer fator de coagulação do sangue. Os níveis desta proteína também podem contribuir para a trombose, na qual o sangue coagula demais. A coagulação excessiva pode causar derrames e ataques cardíacos. QUEM SOU EU?*
- Sou uma proteína estrutural constituída de cerca de 20 aminoácidos, principalmente de um aminoácido sulfurado denominado cisteína. Sua estrutura tridimensional lhe confere características especiais: microfilamentos com resistência, elasticidade e impermeabilidade à água, mesmo mortas, as camadas de células com essa proteína detêm os micro-organismo e impedem a desidratação das células que estão logo abaixo. QUEM SOU EU?*
- Sou uma proteína com ação enzimática produzida por quase todos os organismos vivos. Ela é responsável pela decomposição do peróxido de hidrogênio. Sou encontrada na organela peroxissomo, presente em células animais e vegetais. Atua na decomposição do peróxido de hidrogênio (água oxigenada) a oxigênio e água, pois o peróxido de hidrogênio é uma substância tóxica para as células. QUEM SOU EU?*

a) Indique a proteína que foi hipoteticamente produzida?

- () Miosina () Catalase () Hemoglobina () Distrofina () Insulina
() G6PD () Melanina () Fibrinogênio () Elastina () Queratina

b) Indique a função desta Proteína?

- () Transportadora () Reguladora () Enzimática () Estrutural () Defesa () Contrátil

c) Quais as consequências previstas para uma pessoa que não consegue produzir este tipo de proteína?

Fonte: Amabis e Martho, 1998.



Clebson Aleksandro Gama Cavalcanti
clebgama@gmail.com
(Pesquisador)

Prof.^a Dr.^a Melissa Fontes Landell
Melissa.landell@gmail.com
(Orientadora)



10. APÊNDICES

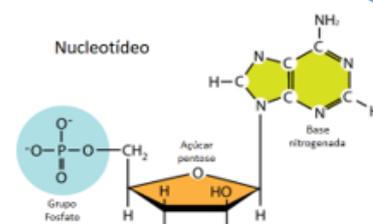
Apêndice A: Situação-problema 1: Classificação, composição e estrutura dos ácidos nucleicos.

ESCOLA: _____

ALUNO(A): _____

SITUAÇÃO-PROBLEMA -1**Natureza química e Estrutura do DNA**

O DNA (ácido desoxirribonucleico) foi descoberto em 1869 por Johann Friedrich Miescher, porém só em 1953, Watson e Crick propôs um modelo compatível com os resultados de difração de raios X, realizado por Rosalind Franklin em 1951. Revelaram que o DNA é uma dupla-hélice composta por duas cadeias antiparalelas de nucleotídeos unidas por meio do pareamento complementar. Os nucleotídeos são moléculas compostas por uma triade, composta por uma molécula de ácido fosfórico (P) ligada a um açúcar pentose (desoxirribose) que se liga a uma base nitrogenada (Adenina -A, Citosina-C, Guanina-G e Timina-T). Hoje se sabe que essas duas cadeias polinucleotídicas são rigorosamente complementares, segundo Erwin Chargaff. Esta estrutura de DNA é um composto orgânico que contém informações hereditárias que coordenam o desenvolvimento dos seres vivos e se transformou, em um ícone da genética e dos avanços científicos.



De acordo com o texto acima e das informações do Modelo em questão, responda:

- Qual o pareamento correto que ocorre de forma universal em todas as moléculas de DNA, segundo Chargaff?
 - A com C e T com G
 - A com T e C com G
 - G com A e T com C
 - C com T e G com A
- Qual o critério utilizado por Chargaff para demonstrar tal complementaridade?
 - Pareamento de purina com purina
 - Pareamento de pirimidina com pirimidina
 - Diâmetro da dupla hélice do DNA, compatível com o verificado em raio X.
 - Por apresentar duas ligações por pontes de Hidrogênio entre G e C e três ligações por pontes de Hidrogênio entre A e T.
- A respeito da estrutura de DNA, analise as proposições:
 - A ligação entre os nucleotídeos são chamadas de fosfodiéster
 - Um nucleotídeo é composto por um grupo fosfato (ácido fosfórico), um açúcar pentose e uma base nitrogenada
 - As duas fitas são antiparalelas, pois uma fita segue no sentido 5' para 3' e outra, ao contrário.

Estão corretas:

 - I apenas
 - II e III apenas
 - I e III apenas
 - Todas
- FUVEST - A tabela mostra a composição das bases nitrogenadas púricas, adenina e guanina, nos DNAs do homem e do boi.

	Adenina	Guanina
Homem	30,4%	?
Boi	?	21,0%

As porcentagens que estão faltando para o homem e para o boi são, respectivamente:

 - 19,6 e 21,0
 - 21,0 e 30,4
 - 19,6 e 29,0
 - 29,0 e 30,4
 - 30,4 e 21,0
- Podemos citar como diferenças DNA e RNA as assertivas abaixo, exceto a alternativa:
 - O RNA não apresenta a base nitrogenada Timina
 - O tipo de Pentose do RNA é a Ribose
 - As bases nitrogenadas do RNA são: A, C, G e U
 - O grupo fosfato do DNA e RNA é o ácido fosfórico
 - O DNA não apresenta dupla hélice e sua pentose é a desoxirribose.
- Complete o texto com os termos que cabem: O _____ é uma molécula universal formada por uma dupla hélice composta de subunidades, os _____ estes compõe uma triade onde um grupo fosfato é ligado a uma _____ que se liga a um(a) _____. Nesta cadeia a Adenina se liga a _____ e a Citosina se liga a _____, por pontes de _____. No RNA não há a base nitrogenada _____ e a cadeia é dotada de uma única _____.

Apêndice B: Situação-problema 2: Ciclo celular e replicação do DNA

ESCOLA: _____

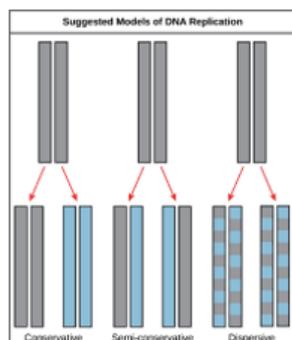
ALUNO(A): _____

SITUAÇÃO-PROBLEMA 2

A alta fidelidade da Replicação do DNA Genômico

O DNA é uma molécula formada por uma dupla fita, enrolada uma sobre a outra, que forma uma estrutura helicoidal. Essa molécula se caracteriza pela sua capacidade de autoduplicação e de manter, na maioria das vezes, fidedignas, caso contrário permitiria certas mutações e até a formação de câncer. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

Adaptado de: GRIFFITHS, A. J. F. et al. Introdução à Genética. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.



Fonte: <http://wikiciencias.casadasciencias.org>

Células Imortais Contam aos Cientistas História da Evolução da Humanidade.

Estas células formam um livro, conservado em tanques de nitrogênio líquido que guarda informações desconhecidas sobre a humanidade. Os capítulos contam diferentes detalhes da saga do homem na terra: suas andanças pelos continentes, casamentos ancestrais e os ataques de doenças.

Adaptado de, "O Globo"

Desafios!

- Qual a fase do ciclo celular que o DNA está se replicando?
 - Prófase
 - Telófase
 - Anáfase
 - Intérfase
- Qual o tipo de replicação que foi confirmada após os experimentos de Meselson e Stahl em 1958?
 - Conservativa
 - Semiconservativa
 - Dispersiva
 - Semidispersiva
- O processo de replicação se inicia com:
 - A formação dos replicons
 - O rompimento das pontes de hidrogênio
 - O encaixe de nucleotídeos livres
 - A fusão das bolhas de replicação
- Por que o processo de autoduplicação do DNA dá significado à hereditariedade permitindo revelar a história da evolução da humanidade.
 - Porque o DNA não mantém cópias idênticas de si mesmo.
 - Porque a replicação é dispersiva.
 - Porque o DNA produz cópias idênticas de si mesmo.
 - Porque sua replicação é diferente nos diferentes organismos.
- São características observadas no processo de replicação em eucariotos e procariotos, exceto:
 - Os replicons se fundem até que toda a cadeia esteja completamente duplicada em eucariotos.
 - Os procariotos apresentam uma única origem de replicação, já nos eucariotos há várias.
 - O DNA de bactérias são menores do que o DNA de outros organismos eucariotos como fungos e algas, por exemplo.
 - A replicação do DNA procariotos ocorre no núcleo da célula.

Apêndice C. Situação-problema 3: O papel biológico das proteínas.

ESCOLA _____
ALUNO(A): _____

O Papel Biológico das Proteínas

As proteínas são macromoléculas biológicas constituídas por uma ou mais cadeias de aminoácidos. Elas estão presentes em todos os seres vivos e participam em praticamente todos os processos celulares. Podem ser classificadas de acordo com as funções que desempenham no corpo, podendo ser:

Transportadoras: São aquelas que atuam no transporte de moléculas para dentro e para fora das células;

Reguladoras: Possuem a função de regular atividades metabólicas no organismo;

Defesa (anticorpos): Possuem a função de proteger o organismo contra os organismos estranhos;

Catalizadoras ou enzimáticas: Função de acelerar e facilitar reações químicas que ocorrem no interior das células;

Estruturais: Possuem a função de promover a sustentação estrutural aos tecidos do organismo;

Contráteis: Possuem a função de possibilitar a contração das fibras dos músculos.

Adaptado de Wikipédia. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Prote%C3%ADna> Acesso em out. 2018.

Desafio!

Considerando uma situação hipotética de produção de proteínas em humanos, observou-se que ao final da transcrição e tradução do código genético, as quais ocorreram sem qualquer tipo de mutação na sequência dos aminoácidos apresentados no modelo didático. A partir dessas informações, responda:

1. Quantos códons estão presentes na cadeia de RNAm?
2. Quantos anticódons foram necessários para a síntese proteica?
3. Utilizando as informações contidas na tabela abaixo, determine os aminoácidos que serão produzidos a partir da cadeia de RNAm.

		2ª BASE								
		U	C	A	G					
1ª BASE	U	UUU	Fenilalanina (Fen)	UCU	Serina (Ser)	UAU	Tirosina (Tir)	UGU	Cisteína (Cis)	U
		UUC	Fenilalanina (Fen)	UCC	Serina (Ser)	UAC	Tirosina (Tir)	UGC	Cisteína (Cis)	C
		UUA	Leucina (Leu)	UCA	Serina (Ser)	UAA	Finalizador **	UGA	Finalizador **	A
		UUG	Leucina (Leu)	UCG	Serina (Ser)	UAG	Finalizador **	UGG	Triptofano	G
	C	CUU	Leucina (Leu)	CCU	Prolina (Pro)	CAU	Histidina (His)	CGU	Arginina (Arg)	U
		CUC	Leucina (Leu)	CCC	Prolina (Pro)	CAC	Histidina (His)	CGC	Arginina (Arg)	C
		CUA	Leucina (Leu)	CCA	Prolina (Pro)	CAA	Glutamina (Glu)	CGA	Arginina (Arg)	A
		CUG	Leucina (Leu)	CCG	Prolina (Pro)	CAG	Glutamina (Glu)	CGG	Arginina (Arg)	G
	A	AUU	Isoleucina (Ile)	ACU	Treonina (Tre)	AAU	Asparagina (Asn)	AGU	Serina (Ser)	U
		AUC	Isoleucina (Ile)	ACC	Treonina (Tre)	AAC	Asparagina (Asn)	AGC	Serina (Ser)	C
		AUA	Isoleucina (Ile)	ACA	Treonina (Tre)	AAA	Lisina (Lis)	AGA	Arginina (Arg)	A
		AUG	Metionina (Met) *	ACG	Treonina (Tre)	AAG	Lisina (Lis)	AGG	Arginina (Arg)	G
G	GUU	Valina (Val)	GCU	Alanina (Ala)	GAU	Ác. aspártico (Asp)	GGU	Glicina (Gli)	U	
	GUC	Valina (Val)	GCC	Alanina (Ala)	GAC	Ác. aspártico (Asp)	GGC	Glicina (Gli)	C	
	GUA	Valina (Val)	GCA	Alanina (Ala)	GAA	Ác. glutâmico (Glu)	GGA	Glicina (Gli)	A	
	GUG	Valina (Val)	GCG	Alanina (Ala)	GAG	Ác. glutâmico (Glu)	GGG	Glicina (Gli)	G	

* Aminoácido inicializador

** Aminoácido finalizador

Responda aqui!

4. A partir dos dados fornecidos na tabela abaixo, marque com um “x” a proteína hipotética:

	SEQUÊNCIA DE AMINOÁCIDOS	INDIQUE A PROTEÍNA
1	Met – Arg – Asn – Leu – Fen – Ala – Arg – Asp – Arg – Leu	()
2	Met – Arg – Asn – Leu – Fen – Ala – Arg – Asp – Arg – Pro	()
3	Met – Arg – Asn – Leu – Leu – Ala – Arg – Asp – Arg – Leu	()
4	Met – Arg – Asn – Leu – Leu – Ala – Arg – Glu – Arg – Leu	()
5	Met – Arg – Asn – Leu – Ser – Ala – Arg – Glu – Arg – Leu	()
6	Met – Arg – Asn – Leu – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Leu	()
7	Met – Arg – Asn – Leu – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Pro	()
8	Met – Arg – Lis – Leu – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Pro	()
9	Met – Arg – Lis – Pro – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Pro	()
10	Met – Arg – Lis – Glu – Leu – Tre – Arg – Glu – Arg – Pro	()

A PARTIR DO NÚMERO INDICADO NA TABELA DA SUA SEQUÊNCIA DE AMINOÁCIDOS, PESQUISE AS DICAS SOBRE A SUA PROTEÍNA EM SEGUIDA RESPONDA O “QUEM SOU EU?” NA ATIVIDADE QUE SEGUE

1. *Sou uma proteína que me localizo no interior das hemácias (Células vermelhas do sangue), no plasma e em certas plantas e cuja principal função é o transporte de oxigênio. O número baixo desta proteína no sangue pode causar sintomas como cansaço frequente, falta de ar e palidez, já em alta concentração é caracterizada pela tontura, pele de cor azulada nos lábios e nas pontas dos dedos e, em casos mais raros, perda temporária de visão e de audição. QUEM SOU EU?*
2. *Sou uma proteína de ação hormonal, produzida no pâncreas que tem como função primordial de transportar glicose para dentro das células, a qual será usada para produção de energia. Com isso, também a proteína é fundamental para o controle do nível da glicemia sanguínea. Pessoas com diabetes podem precisar de injeções desta proteína por diferentes motivos: não produzirem esta proteína suficiente, não conseguirem usá-la adequadamente ou ambos os casos. QUEM SOU EU?*
3. *Sou uma proteína que garante a coloração da pele e evita danos da radiação ultravioleta ao nosso DNA. Devido a esta proteína, os seres humanos apresentam diversas tonalidades de pele e de pelos. Sua ausência caracteriza o albinismo. QUEM SOU EU?*
4. *Sou uma proteína de função estrutural que forma fibras elásticas bastante abundantes em nosso organismo. Esta proteína pode ser esticada várias vezes o seu tamanho e depois voltar à sua dimensão inicial. Encontra-se no tecido elástico dos pulmões, nos grandes vasos e nos ligamentos. Cada molécula desta proteína se estende quando a fibra é esticada e se recolhe logo que a força de alongamento é relaxada. O corpo humano deixa de produzir esta proteína quando atinge a puberdade, quando o processo de envelhecimento se inicia. QUEM SOU EU?*
5. *Sou uma proteína cuja atividade biológica mais importantes é a capacidade de se ligar à actina durante a contração muscular, ou seja é base molecular da contração muscular. Estas proteínas são as principais componentes dos miofilamentos, os organelos que constituem o “esqueleto” das células musculares. QUEM SOU EU?*
6. *Sou uma proteína que liga o citoesqueleto da fibra muscular à matriz extracelular, através da membrana celular. A deficiência nesta proteína é a causa primária de um dos mais graves tipos de distrofia muscular: A distrofia muscular de Duchenne. QUEM SOU EU?*
7. *Sou uma proteína com ação enzimática presente em todas as células do corpo, auxiliando na produção de substâncias que as protegem de fatores oxidantes. Essa proteína é essencial, pois é a única responsável por essa proteção. Não há um tratamento específico ou cura para a doença. A deficiência desta enzima irá acompanhar seu portador por toda a vida. O que deve ser feito é “evitar as drogas oxidantes, infecções e alimentos como fava e corantes, por exemplo. QUEM SOU EU?*
8. *Sou uma proteína produzida no fígado que é essencial para uma variedade de processos, incluindo formação de coágulos sanguíneos, cicatrização de feridas, inflamação e crescimento de vasos sanguíneos. Circula através da corrente sanguínea e de longe a mais alta concentração de qualquer fator de coagulação do sangue. Os níveis desta proteína também podem contribuir para a trombose, na qual o sangue coagula demais. A coagulação excessiva pode causar derrames e ataques cardíacos. QUEM SOU EU?*
9. *Sou uma proteína estrutural constituída de cerca de 20 aminoácidos, principalmente de um aminoácido sulfurado denominado cisteína. Sua estrutura tridimensional lhe confere características especiais: microfilamentos com resistência, elasticidade e impermeabilidade à água, mesmo mortas, as camadas de células com essa proteína detêm os micro-organismo e impedem a desidratação das células que estão logo abaixo. QUEM SOU EU?*
10. *Sou uma proteína com ação enzimática produzida por quase todos os organismos vivos. Ela é responsável pela decomposição do peróxido de hidrogênio. Sou encontrada na organela peroxissomo, presente em células animais e vegetais. Atuo na decomposição do peróxido de hidrogênio (água oxigenada) a oxigênio e água, pois o peróxido de hidrogênio é uma substância tóxica para as células. QUEM SOU EU?*

a) Indique a proteína que foi hipoteticamente produzida?

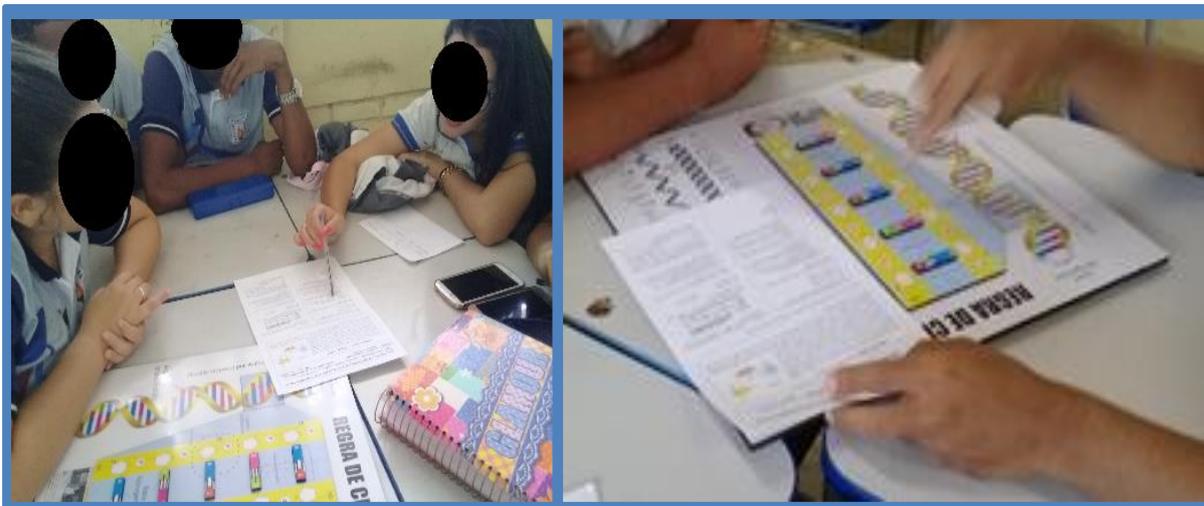
- () Miosina () Catalase () Hemoglobina () Distrofina () Insulina
 () G6PD () Melanina () Fibrinogênio () Elastina () Queratina

b) Indique a função desta Proteína?

- () Transportadora () Reguladora () Enzimática () Estrutural () Defesa () Contrátil

c) Quais as consequências previstas para uma pessoa que não consegue produzir este tipo de proteína?

Apêndice F - Estudantes em interação discutindo respostas para as situações-problemas do questionário referente à regra de complementaridade entre as bases nitrogenadas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Apêndice G - Etiquetas que podem ser usadas para serem alocadas nas pastas contendo cada kit específico.

ETIQUETA PARA OS KITS

Cada equipe irá construir um DNA com números diferentes de pares de bases nitrogenadas.

<p>SEU KIT É COMPOSIDO DE:</p> <p>4 CANUDOS AMARELOS 4 CANUDOS AZUIS 12 CANUDOS VERDES 12 CANUDOS VERMELHOS 1 FITA AMARELA 1 FITA VERDE 1 FITA AZUL</p> <p>1 RÉGUA 1 TESOURA 1 PROTOCOLO 1 COLA 8 ETIQUETAS 1 PASTA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>	<p>SEU KIT É COMPOSIDO DE:</p> <p>6 CANUDOS AMARELOS 6 CANUDOS AZUIS 9 CANUDOS VERDES 9 CANUDOS VERMELHOS 1 FITA AMARELA 1 FITA VERDE 1 FITA AZUL</p> <p>1 RÉGUA 1 TESOURA 1 PROTOCOLO 1 COLA 8 ETIQUETAS 1 PASTA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>
<p>SEU KIT É COMPOSIDO DE:</p> <p>7 CANUDOS AMARELOS 7 CANUDOS AZUIS 8 CANUDOS VERDES 8 CANUDOS VERMELHOS 1 FITA AMARELA 1 FITA VERDE 1 FITA AZUL</p> <p>1 RÉGUA 1 TESOURA 1 PROTOCOLO 1 COLA 8 ETIQUETAS 1 PASTA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>	<p>SEU KIT É COMPOSIDO DE:</p> <p>8 CANUDOS AMARELOS 8 CANUDOS AZUIS 6 CANUDOS VERDES 6 CANUDOS VERMELHOS 1 FITA AMARELA 1 FITA VERDE 1 FITA AZUL</p> <p>1 RÉGUA 1 TESOURA 1 PROTOCOLO 1 COLA 8 ETIQUETAS 1 PASTA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>
<p>SEU KIT É COMPOSIDO DE:</p> <p>5 CANUDOS AMARELOS 5 CANUDOS AZUIS 11 CANUDOS VERDES 11 CANUDOS VERMELHOS 1 FITA AMARELA FITA VERDE 1 FITA AZUL</p> <p>1 RÉGUA 1 TESOURA 1 PROTOCOLO 1 COLA 2 LÁPIS GRAFITES 8 ETIQUETAS 1 PASTA AZUL</p>	<p>SEU KIT É COMPOSIDO DE:</p> <p>9 CANUDOS AMARELOS 9 CANUDOS AZUIS 5 CANUDOS VERDES 5 CANUDOS VERMELHOS 1 FITA AMARELA 1 FITA VERDE 1 FITA AZUL</p> <p>1 RÉGUA 1 TESOURA 1 PROTOCOLO 1 COLA 8 ETIQUETAS 1 PASTA AZUL 2 LÁPIS GRAFITES</p>

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Apêndice H - Protocolo da atividade de confecção do modelo didático do DNA.

Protocolo para Construção do Modelo Didático: DNA

1. Confira se seu kit está completo, conforme consta na pasta.



2. Utilizando a tesoura e a régua, divida cada canudo conforme os tamanhos citados abaixo:

- ✓ Canudo azul e verde: 9 cm cada
- ✓ Canudo vermelho e amarelo: 6 cm cada

3. Utilizando a fita amarela, una os canudos azul com amarelo e vermelho com verde, conforme a imagem abaixo:



A fita amarela serve para ligar dois canudos que representam as bases nitrogenadas (uma púrica com outra pirimídica), como se chama este tipo de ligação entre as bases? _____

Se o canudo vermelho representa a base nitrogenada **Timina**, então o verde representa a base: _____; e se o canudo amarelo é a **Citosina**, então o canudo azul será _____.

4. Estire dois pedaços de 1m de fita azul com a face adesiva voltada para cima. Esta será o corrimão da longa escada que irá compor o seu DNA.



5. Mantendo uma distância aproximada de 2cm entre os degraus da escada, interponha cada um dos degraus ao longo da fita azul.



6. Em cada uma das extremidades coloque um lápis para dar firmeza ao seu DNA.



7. Com cuidado, utilize a fita azul com a parte adesiva voltada para baixo para fixar os canudos.



8. Acrescente um pedaço de fita verde em cada espaço entre as bases. A união entre as fitas azul e verde formam as ligações fosfodiéster.



Se a fita verde corresponde ao grupo fosfato - P (Ácido fosfórico), então a fita azul corresponde a(ao): _____

9. Cole as etiquetas para indicar cada componente da molécula do DNA. Está pronto seu DNA!

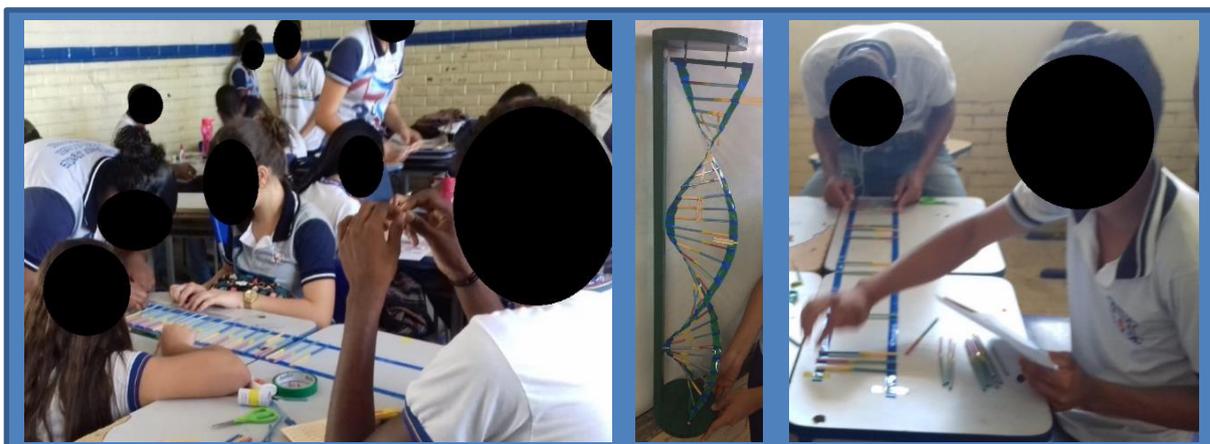


10. Determine o percentual das bases nitrogenadas nesta molécula.

Desafio!

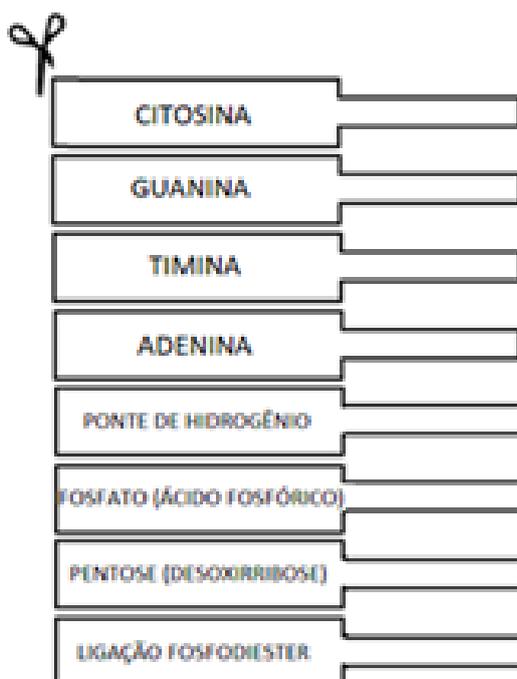
A partir dessas informações, construa uma sequência de RNA mensageiro a partir de uma fita molde do DNA.

Apêndice I - Foto dos estudantes do grupo experimental confeccionando o modelo didático que representa o DNA em dupla hélice.



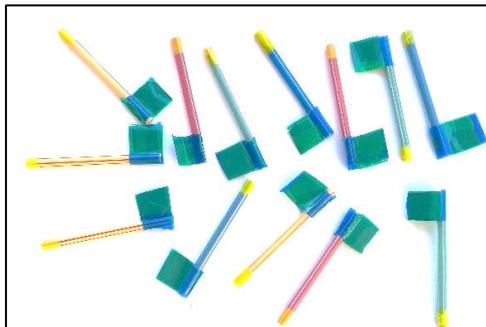
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Apêndice J - Etiquetas a serem recortadas e coladas em cada estrutura e principais ligações da molécula de DNA.



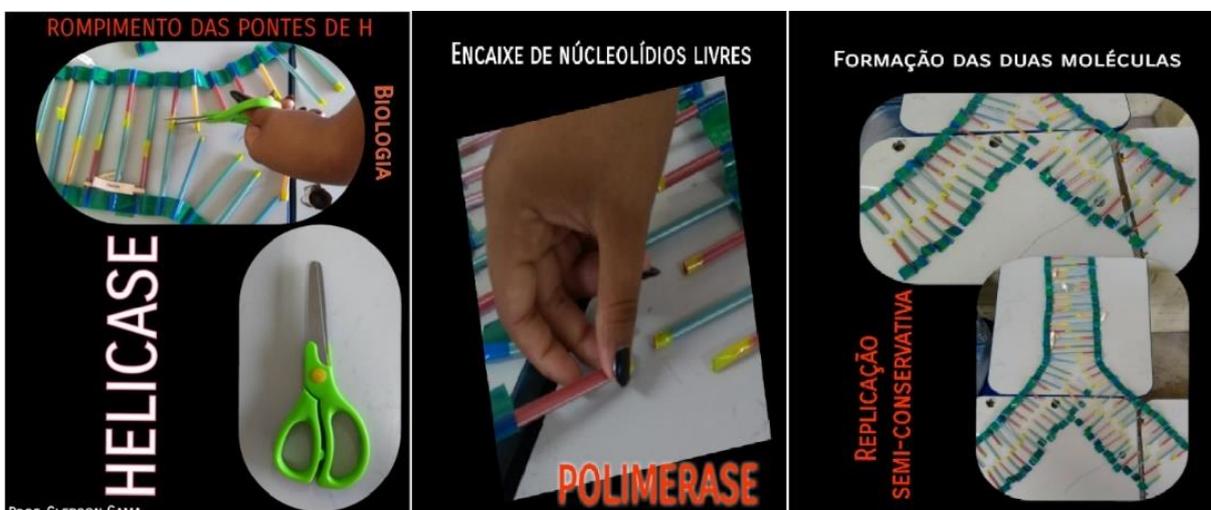
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Apêndice K - Modelo didático representando os nucleotídeos isolados.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Apêndice L - Etapas da replicação realizada por uma das equipes que fotografou e enviou pelo aplicativo Whatsapp® para ser avaliado.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Apêndice M. Modelo didático em material MDF, (dimensões 30 cm x 40 cm), utilizado para estudo das etapas da replicação do DNA em eucariotos e procariotos, (Imagem extraídas de Dantas, 2012 disponível em <https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/replicacao-e-transcricao-dna-procariotos>). Em A o modelo como foi entregue para alocar as peças; em B os textos-chaves que orienta a posição das peças; em C as 14 peças a serem alocadas; em D as peças corretamente alocadas.

REPLICÇÃO DO DNA

	EUCARIOTOS	PROCARIOTOS
1. Iniciação	B	C
2. Ampliação ou alongamento	E	F
3. Terminação	K	L

LETRAS	TEXTOS-CHAVES UTILIZADOS PARA ALOCAR AS PEÇAS DO MODELO DIDÁTICO REFERENTE À REPLICÇÃO
A	Termo que se refere a molécula de ácido desoxirribonucleico – molécula que apresenta duas fitas que será replicada na fase S da interfase (Fase que antecede a duplicação da célula);
B	A imagem representa uma longa cadeia de um organismo eucarioto, composta de dupla-hélice em que cada hélice servirá de molde ou modelo para a cópia de ambas;
C	Cromossomo circular de <i>Escherichia coli</i> (bactéria);
D	Termo que se refere a primeira fase da replicação do DNA – Nesta fase forma(m)-se a(s) bolha(s) de replicação;
E	Pelo tamanho do DNA em eucariotos a replicação ocorre em vários pontos da cadeia de forma bidirecional. Portanto, há a formação de muitos replicons.
F	Em <i>E. coli</i> a replicação também é bidirecional, no entanto, com um único replicon;
G	Termo utilizado para demonstrar que as origens de replicação ampliaram sua atividade;
H	Fusão dos replicons em eucariotos;
I	Extensão da origem de replicação no DNA em <i>E. coli</i> ;
J	Termo que representa a replicação semiconservativa;
K	Imagem que representa o resultado didático de uma replicação semiconservativa em eucarioto, composta de duas fitas duplas, ou dois DNAs, cada um contendo uma fita antiga e outra recém-sintetizada;
L	Imagem que representa o resultado didático de uma replicação semiconservativa em procarioto, composta de duas fitas duplas circulares, ou dois DNAs, cada um contendo uma fita antiga e outra recém-sintetizada;
M	Como o acréscimo ocorre apenas nas pontas 3', a polimerização em um molde é descontínua em trechos curtos (fragmentos de Okazaki). Cadeia retardada. Lembre-se: a outra fita é antiparalela;
N	Fita contínua, produzindo o filamento contínuo (<i>leading</i>), sempre no sentido 5' para 3'. Lembrete: posição antiparalela.

REPLICÇÃO DO DNA

	EUCARIOTOS	PROCARIOTOS
1. Iniciação	FORMAÇÃO DE REPLICONS	Origem de replicação
2. Ampliação ou alongamento	EXTENSÃO DE REPLICONS	Origem de replicação
3. Terminação	DNAs DUPLICADOS	DNAs DUPLICADOS

Apêndice N. Modelo didático em material MDF (dimensões 30cm x 40 cm), utilizado para a compreensão das etapas a síntese proteica em procariotos, eucariotos e sua relação com o Dogma Central da Biologia Molecular. (Imagem extraídas de Dantas, 2012 disponível em <https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/replicacao-e-transcricao-dna-procariotos>). Em A o modelo como foi entregue para alocar as peças; em B os textos-chaves que orienta a posição das peças; em C as 20 peças a serem alocadas; em D as peças corretamente alocadas.

Síntese Proteica

Eucariotos

Procariotos

Dogma Central da Biologia Molecular

B

N°	TEXTOS-CHAVES UTILIZADOS PARA ALOCAR AS PEÇAS DO MODELO DIDÁTICO REFERENTE À SÍNTESE PROTEICA
1	Molécula de ácido desoxirribonucleico, empregada para identificar pessoas em casos de crimes e de paternidade, bem como para estabelecer as relações de parentescos entre os vários organismos numa árvore filogenética.
2	Ácido ribonucleico pré-mensageiro; ainda com os introns que são posteriormente removidos; presentes apenas em células eucarióticas.
3	A primeira etapa na transferência da informação do gene para a proteína. Processo de formação do ácido ribonucleico a partir da cadeia-molde de DNA. Sinônimo de copiar, escrever.
4	Processo que remove os introns e liga os éxons, só ocorre em células eucarióticas, já que o DNA das células procarióticas não possui introns.
5	Refere-se a molécula de ácido ribonucleico (mensageiro).
6	Processo de leitura e interpretação do código genético, a partir de uma sequência linear de nucleotídeos em aminoácidos.
7	Cadeia polipeptídica responsável pelas características fenotípicas do indivíduo.
8	Processo de duplicação dos ácidos nucleicos. No DNA ocorre de forma semiconservativa.
9	Processo que ocorre em vírus que conseguem produzir DNA a partir do RNA, através da enzima transcriptase reversa.

C

D

Síntese Proteica

Eucariotos

Procariotos

Dogma Central da Biologia Molecular

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Apêndice O. Estudantes do grupo experimental apresentando o conteúdo de Genética Molecular com o uso dos modelos didáticos para a comunidade escolar.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

11. ANEXOS

Anexo A – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética da Universidade Federal de Alagoas

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
ALAGOAS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: A CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE GENÉTICA MOLECULAR NA PERSPECTIVA INTERACIONISTA

Pesquisador: CLEBSON ALEXSANDRO GAMA CAVALCANTI

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 84513518.4.0000.5013

Instituição Proponente: Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.923.203

Anexo B – Questionário de caracterização dos grupos e questionário de conhecimento prévio.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL**

**“A CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE
GENÉTICA MOLECULAR NA PERSPECTIVA INTERACIONISTA”**

ALUNO(A): _____ SÉRIE/TURMA _____

**QUESTIONÁRIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS GRUPOS
E QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTO PRÉVIO**

Questionário de Caracterização dos Grupos

1. Qual a sua idade?

<input type="checkbox"/> 15 anos	<input type="checkbox"/> 18 anos
<input type="checkbox"/> 16 anos	<input type="checkbox"/> 19 anos
<input type="checkbox"/> 17 anos	<input type="checkbox"/> mais de 19 anos
2. Você já repetiu alguma série, durante o ensino básico?

Não
 Sim, uma vez
 Sim, mais de uma vez
3. Durante sua vida escolar, você estudou:

Sempre em escola pública
 Parte em escola particular e parte em escola pública
4. Uma das áreas da genética é a genética molecular que envolve, entre outros, o estudo dos ácidos nucleicos (DNA e RNA). Você lembra de já ter estudado sobre esta temática?

Sim, já estudei
 Não, nunca estudei
 Não lembro
5. Se sua resposta foi “sim, já estudei” em que momento você estudou?

Durante o Ensino Fundamental
 Durante o Ensino Médio
 Não lembro
6. Você considera que o estudo em Genética Molecular, sobretudo do DNA, pode envolver aplicações práticas?

sim Não Não sei
7. Se sua resposta foi “sim” na questão anterior, cite uma aplicação:

8. Você considera relevante o estudo nesta área?

sim Não Não sei

9. Para você, qual o grau de relevância do estudo nesta área?

<input type="checkbox"/> muito relevante	<input type="checkbox"/> Pouco relevante
<input type="checkbox"/> Relevante	<input type="checkbox"/> Irrelevante
<input type="checkbox"/> indiferente	

10. O que você espera aprender durante as aulas sobre Genética Molecular?

Questionário de Conhecimento Prévio

1. A sigla inglesa DNA que em português é ADN, tem como significado:

Ácido ribonucleico
 Diversidade nuclear acelular
 Ácido desoxirribonucleico
 Ácido carboxílico
 Não sei
2. De que são constituídos os ácidos nucleicos?

Aminoácidos Carboxilas
 Proteínas Não sei
 Nucleotídios
3. Uma fita de DNA apresenta a seguinte sequência:

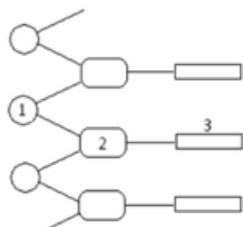
TCAAGT

Marque a alternativa que indica corretamente a sequência encontrada na fita complementar:

AGTTCA
 AGUUCA
 ATAAUA
 UCTTGU
 Não sei
4. A replicação do DNA é:

Conservativa
 Dispersiva
 Semi conservativa
 Semi dispersiva
 Não sei

5. (PUC-PR) No esquema abaixo sobre a estrutura do DNA, os números 1, 2 e 3 representam, respectivamente:



- () Base nitrogenada, desoxirribose e fosfato;
 () Base nitrogenada, fosfato e desoxirribose;
 () Fosfato, desoxirribose e base nitrogenada;
 () Fosfato, base nitrogenada e desoxirribose;
 () Não sei.
6. Em relação a localização dos ácidos nucleicos, podemos encontrá-los:
- () No núcleo dos eucariotos e dispersos no hialoplasma dos procaríotos.
 () No núcleo dos seres procaríotos e dispersos no hialoplasma dos eucariotos.
 () Apenas nos núcleos dos eucariotos.
 () Apenas nos hialoplasma dos procaríotos.
 () Não sei.
7. Quais das organelas celulares, citadas abaixo, apresentam o seu próprio material genético?
- () Complexo golgiense e mitocôndria
 () Cloroplasto e centríolo
 () Cloroplasto e mitocôndria
 () Complexo golgiense e centríolo
 () Não sei
8. Os ácidos nucleicos (DNA e RNA) apresentam a mesma composição química nos diversos seres vivos, o que o torna universal, e são responsáveis pelo:
- () Controle celular
 () Armazenamento e transmissão da informação genética
 () Tradução que é expressa pela síntese de proteínas
 () Todas as alternativas acima estão corretas
 () Nenhuma das alternativas está correta
 () Não sei
9. A diferença do DNA e RNA quanto as bases nitrogenadas está:
- () Na presença do guanina no DNA
 () Na ausência da uracila no DNA
 () Na presença da timina no RNA
 () Na presença da adenina no DNA
 () Não sei

10. Em que organismos vivos, você reconhece a presença dos ácidos nucleicos?

- () Apenas em humanos
 () Apenas em seres eucariotos
 () Apenas em procaríotos
 () Apenas nos vírus
 () Em todos os organismos celulares
 () Em todos os organismos celulares e nos vírus
 () Não sei
11. A capacidade de autoduplicação do DNA é um processo conhecido como:
- () Tradução
 () Replicação
 () Transdução
 () Transcrição
 () Não sei

12. As proteínas são compostos orgânicos poliméricos constituídas basicamente de:

- () Aminoácidos
 () Ácidos graxos
 () Carboidratos
 () Lipídios
 () Não sei.

Sobre o uso de Modelos Didáticos

O Modelo didático é a característica de um brinquedo educacional, e possui a principal finalidade de representar conceitos científicos, (WIKIPÉDIA).

1. Você já fez uso de modelos didáticos durante sua formação?
 () sim () Não () Não lembro
2. Você considera que a construção e utilização de modelos didáticos em sala de aula pode contribuir de alguma forma para a sua aprendizagem?
 () sim () Não () Não sei

Obrigado por sua participação!

Anexo C – Atividade pós-teste 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL

“A CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE
GENÉTICA MOLECULAR NA PERSPECTIVA INTERACIONISTA”

ALUNO(A): _____ SÉRIE/TURMA _____

QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

1. O DNA (ácido desoxirribonucleico) é o ácido nucleico que contém as informações genéticas dos indivíduos. Ele é constituído, assim como o RNA, por três componentes básicos que formam os nucleotídios. São eles:
 - a) pentose, ácido fosfórico e desoxirribose.
 - b) glicídio, ácido clorídrico e bases nitrogenadas.
 - c) ribose, ácido nucleico e desoxirribose.
 - d) polissacarídeos, ácido fosfórico e ribose.
 - e) pentose, ácido fosfórico e bases nitrogenadas.

2. Sobre a estrutura do DNA, marque a alternativa **incorreta**:
 - a) O DNA carrega as informações genéticas do indivíduo.
 - b) Os cromossomos são formados principalmente por DNA.
 - c) O DNA, assim como o RNA, é formado por nucleotídeos, que são constituídos por um fosfato, um açúcar e uma base nitrogenada.
 - d) Os nucleotídeos que formam o DNA diferenciam-se do RNA por apresentarem uma ribose e a base timina.
 - e) As bases nitrogenadas estão unidas por pontes de hidrogênio.

3. Uma fita de DNA apresenta a seguinte sequência:

TCAAGT

Marque a alternativa que indica corretamente a sequência encontrada na fita complementar:

 - a) AGTTCA
 - b) AGUUCA
 - c) ATAAUA
 - d) UCTTGU
 - e) AGUUGA

4. FGV - Depois da descoberta da estrutura da molécula do Ácido Desoxirribonucleico (DNA ou ADN), novos métodos de diagnóstico foram desenvolvidos e utilizados para inúmeros fins (identificação de microrganismos patogênicos, testes de paternidade, mapa genético, medicina forense, entre outros).

Assinale a afirmação correta.

 - a) A molécula de DNA é constituída por uma fita única e por vários nucleotídeos que têm a transcrição como principal função.
 - b) A molécula de DNA nas bactérias se encontra na carioteca da célula
 - c) A molécula de DNA não é capaz de produzir a molécula de RNA.
 - d) A molécula de DNA, nos organismos eucariontes, não se encontra no núcleo da célula.
 - e) A molécula de DNA tem função de duplicação e é constituída por uma fita dupla, sendo que cada filamento é composto por vários nucleotídeos.

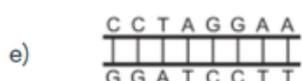
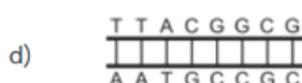
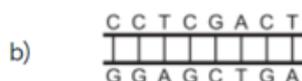
5. (UEL-2006) Considere que um cientista esteja, em um laboratório, tentando reproduzir “in vitro” a síntese de moléculas de DNA. Com base nos conhecimentos sobre o tema, assinale a alternativa que indica, corretamente, as moléculas imprescindíveis que ele deve utilizar para que possa atingir o seu objetivo.
 - a) Quatro diferentes tipos de nucleotídeos, contendo as bases nitrogenadas adenina, timina, citosina e guanina; a enzima DNA polimerase e DNA.
 - b) Os nucleotídeos contendo as bases nitrogenadas timina, guanina, adenina e citosina; a enzima RNA polimerase; RNA mensageiro e DNA.
 - c) As enzimas RNA e DNA polimerase; os três tipos de RNA (mensageiro, transportador e ribossômico) e DNA.
 - d) enzima DNA polimerase; os vinte tipos diferentes de aminoácidos, DNA e RNA.
 - e) As enzimas RNA e DNA polimerase; vinte tipos diferentes de aminoácidos; DNA e RNA.

6. (UFMG) Se o total de bases nitrogenadas de uma sequência de DNA de fita dupla é igual a 240, e se nela existirem 30% de adenina, o número de moléculas de guanina será:

a) 72
b) 48
c) 120
d) 144
e) 168

7. (ENEM-2017) reação em cadeia da polimerase (PCR, na sigla em inglês) é uma técnica de biologia molecular que permite replicação in vitro do DNA de forma rápida. Essa técnica surgiu na década de 1980 e permitiu avanços científicos em todas as áreas de investigação genômica. A dupla hélice é estabilizada por ligações hidrogênio, duas entre as bases adenina (A) e timina (T) e três entre as bases guanina (G) e citosina (C). Inicialmente, para que o DNA possa ser replicado, a dupla hélice precisa ser totalmente desnaturada (desenrolada) pelo aumento da temperatura, quando são desfeitas as ligações hidrogênio entre as diferentes bases nitrogenadas.

Qual dos segmentos de DNA será o primeiro a desnaturar totalmente durante o aumento da temperatura na reação de PCR?



8. (ENEM 2011) Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla hélice por Watson e Crick, que foi confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos

utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. Introdução à Genética. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

Considerando a estrutura da molécula de DNA e a posição das pontes de hidrogênio na mesma, os experimentos realizados por Meselson e Stahl a respeito da replicação dessa molécula levaram à conclusão de que:

- a) a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém-sintetizada e o filamento parental é conservado.
b) a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.
c) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.
d) a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.
e) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificadora.

9. (UEMG-2007) A figura a seguir representa etapas da síntese de uma mesma proteína.



As informações contidas na figura acima e os conhecimentos que você possui sobre o assunto **SÓ NÃO PERMITEM AFIRMAR** que:

- a) na seqüência serão incorporados 5 aminoácidos.
b) a trinca do DNA para o códon de iniciação da seqüência é UAC.
c) o processo é realizado por todas as células e denomina-se tradução.
d) a trinca livre (AUA) no RNA que leva a tirosina (Tyr) é denominada anticódon.
e) O conjunto dos aminoácidos formam a proteína.

15. (UFSCar-2008) As duas seqüências referem-se a moléculas de RNA mensageiros obtidas a partir de células pertencentes a dois organismos diferentes:

Organismo 1: CCUGCUGGCACA

Organismo 2: CCAGCGGGUACU

Durante a síntese de proteínas, a tradução ocorre da esquerda para a direita.

- a) Utilizando as informações da tabela, represente a cadeia de aminoácidos obtida da tradução das moléculas de RNA mensageiros dos organismos 1 e 2.

Códon	aminoácido
CCU	Pro
CCC	Pro
CCA	Pro
CCG	Pro
ACU	Thr
ACC	Thr
ACA	Thr
ACG	Thr
GCU	Ala
GCC	Ala
GCA	Ala
GCG	Ala
GGU	Gly
GGC	Gly
GGA	Gly
GGG	Gly

Pro = prolina; Thr = treonina; Ala = alanina; Gly = glicina

- b) A seqüência de aminoácidos obtida a partir do RNA mensageiro do organismo 1 difere daquela obtida para o organismo 2? Que propriedade do código genético explica os resultados obtidos?

Gabarito Oficial

1. e
2. d
3. a
4. e
5. a
6. b
7. c
8. c
9. b
10. c
11. c
12. a
- 13.

- a) DNA → RNA → PROTEÍNA
- b) Teoricamente é possível se chegar ao DNA pela proteína, porém como código genético é degenerado, ou seja, um aminoácido pode ser codificado por diferentes códons, pode-se admitir então que seriam várias as seqüências de DNA possíveis para se chegar a mesma proteína.
14. A terapia deve atuar diretamente no gene (DNA) pois, assim toda as etapas seguintes estariam corrigidas. O gene que é uma seqüência de DNA que codifica determinada proteína formaria um polipetideo inalterado.
- 15.
- a) Pro – Ala – Gly – Thr
Pro – Ala – Gly – Thr
 - b) Não. O código genético é degenerado, ou seja, um aminoácido pode ser codificado por diferentes códons.

Bom desempenho!

Anexo D – Atividade pós-teste2 e Autoavaliação

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL**

**“A CONSTRUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE
GENÉTICA MOLECULAR NA PERSPECTIVA INTERACIONISTA”**

ALUNO(A): _____ SÉRIE/TURMA _____

QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE 2 E AUTO-AVALIAÇÃO

1. A sigla inglesa DNA que em português é ADN, tem como significado:
 - Ácido ribonucleico
 - Diversidade nuclear acelular
 - Ácido desoxirribonucleico
 - Ácido carboxílico
 - Não sei

 2. De que são constituídos os ácidos nucleicos?
 - Aminoácidos Carboxilas
 - Proteínas Não sei
 - Nucleotídios

 3. Uma fita de DNA apresenta a seguinte sequência:

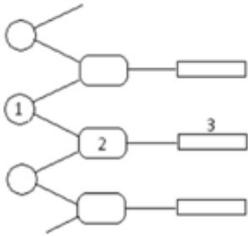
TCAAGT

Marque a alternativa que indica corretamente a sequência encontrada na fita complementar:

 - AGTTCA
 - AGUUCA
 - ATAAUA
 - UCTTGU
 - Não sei

 4. A replicação do DNA é:
 - Conservativa
 - Dispersiva
 - Semi conservativa
 - Semi dispersiva
 - Não sei

 5. (PUC-PR) No esquema abaixo sobre a estrutura do DNA, os números 1, 2 e 3 representam, respectivamente:



 - Base nitrogenada, desoxirribose e fosfato;
 - Base nitrogenada, fosfato e desoxirribose;
 - Fosfato, desoxirribose e base nitrogenada;
 - Fosfato, base nitrogenada e desoxirribose;
 - Não sei.
6. Em relação a localização dos ácidos nucleicos, podemos encontrá-los:
 - No núcleo dos eucariotos e dispersos no hialoplasma dos procariotos.
 - No núcleo dos seres procariotos e dispersos no hialoplasma dos eucariotos.
 - Apenas nos núcleos dos eucariotos.
 - Apenas nos hialoplasma dos procariotos.
 - Não sei.

 7. Quais das organelas celulares, citadas abaixo, apresentam o seu próprio material genético?
 - Complexo golgiense e mitocôndria
 - Cloroplasto e centríolo
 - Cloroplasto e mitocôndria
 - Complexo golgiense e centríolo
 - Não sei

 8. Os ácidos nucleicos (DNA e RNA) apresentam a mesma composição química nos diversos seres vivos, o que o torna universal, e são responsáveis pelo:
 - Controle celular
 - Armazenamento e transmissão da informação genética
 - Tradução que é expressa pela síntese de proteínas
 - Todas as alternativas acima estão corretas
 - Nenhuma das alternativas está correta
 - Não sei

 9. A diferença do DNA e RNA quanto as bases nitrogenadas está:
 - Na presença do guanina no DNA
 - Na ausência da uracila no DNA
 - Na presença da timina no RNA
 - Na presença da adenina no DNA
 - Não sei

10. Em que organismos vivos, você reconhece a presença dos ácidos nucleicos?

- Apenas em humanos
 Apenas em seres eucariotos
 Apenas em procariotos
 Apenas nos vírus
 Em todos os organismos celulares
 Em todos os organismos celulares e nos vírus
 Não sei

11. A capacidade de autoduplicação do DNA é um processo conhecido como:

- Tradução
 Replicação
 Transdução
 Transcrição
 Não sei

12. As proteínas são compostos orgânicos poliméricos constituídas basicamente de:

- Aminoácidos
 Ácidos graxos
 Carboidratos
 Lipídios
 Não sei.

AUTO-AVALIAÇÃO

1. Você fez uso de Modelos Didáticos durante o estudo referente à Genética Molecular.

- Sim Não

2. Se SIM, como você classifica este tipo de metodologia.

- Muito boa
 Boa
 Razoável
 Ruim
 Muito ruim

3. Se NÃO, como você classifica a metodologia adotada pelo professor?

- Muito boa
 Boa
 Razoável
 Ruim
 Muito ruim

4. Quais os recursos que o professor utilizou nas aulas referentes à aplicação do projeto?

- Utilizou o livro didático, quadro e pincel marcador de quadro branco.
 Utilizou computador e datashow, para leitura de imagens e vídeos.

- Utilizou modelos didáticos prontos e material didático para a confecção de novos modelos
 Utilizou todos os recursos acima.
 Não utilizou nenhum recurso dos citados acima.

5. Em relação às aulas, você as vivenciou:

- De forma individual, sem a formação de equipes.
 De forma mista, ora individual, ora em equipes.
 Coletivamente, sempre em equipe.

6. Como você classifica a atuação do professor, na condução das aulas durante a aplicação deste projeto, para a sua aprendizagem?

- Contribuiu bastante para o meu aprendizado
 Contribuiu de forma razoável para o meu aprendizado.
 Não contribuiu em nada para o meu aprendizado.

7. Como você classifica o seu interesse nas aulas de Biologia durante a aplicação do projeto?

- Muito interessado
 Interessado
 Razoavelmente interessado
 Pouco interessado
 Totalmente desinteressado

8. A metodologia utilizada no ensino de Genética Molecular lhe proporcionou um aprendizado:

- Satisfatório
 Razoavelmente satisfatório
 Insatisfatório

9. Qual(ais) sugestão(ões) você daria para a melhoria da qualidade das aulas de Genética Molecular?

Obrigado por sua participação!

Anexo E - Protocolo da atividade de tradução do código genético segundo Amabis e Martho, 1998.

ATIVIDADE: TRABALHANDO COM UM MODELO PARA A SÍNTESE DE PROTEÍNAS

Nome: _____ Série: _____

O objetivo desta atividade é facilitar a compreensão do mecanismo da síntese de proteínas pela utilização de modelos de papel. Estes representam os principais participantes da síntese de proteínas: RNA mensageiro (RNAm), ribossomo, diversos tipos de RNA transportador (RNAt), fator de terminação e aminoácidos. A atividade consiste em simular, passo a passo, os mecanismos que levam ao encadeamento dos aminoácidos da proteína sob o comando do RNA mensageiro.

MATERIAL NECESSÁRIO

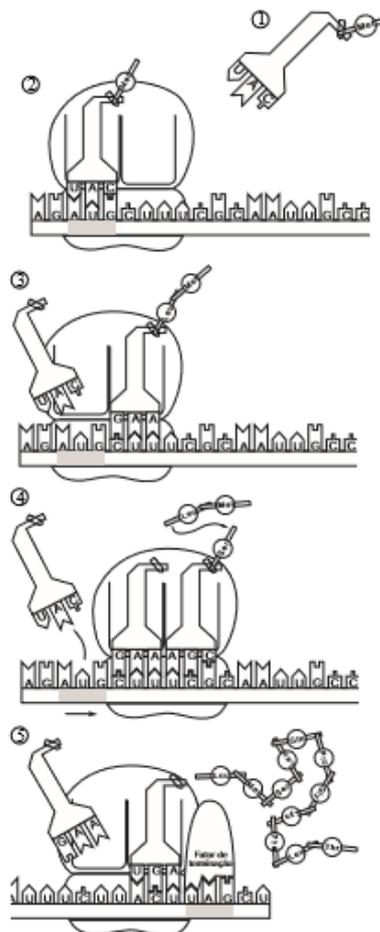
- ✓ Tesoura e/ou estilete
- ✓ Cola (de preferência em bastão)
- ✓ 11 miniclipes
- ✓ Folhas para recortar com desenhos do mRNA, do ribossomo, dos aminoácidos, dos tRNA e do fator de terminação (xerox)
- ✓ Pannel de isopor ou de cortiça (opcional)
- ✓ Alfinetes de mapa ou percevejos (opcional)
- ✓ Lápis ou canetas hidrográficas coloridos (opcional)

ORIENTAÇÕES GERAIS

Com tesoura ou estilete recorte, das folhas de desenhos, os modelos do RNAm, do ribossomo, dos aminoácidos, dos RNAt e do fator de terminação. Note que o RNAm está dividido em dois pedaços, que precisam ser unidos. Para isso, siga as instruções da folha de desenhos e una os dois pedaços com cola. Pode-se também colorir os modelos para que sejam mais facilmente reconhecidos. A montagem do modelo pode ser feita sobre uma superfície plana ou fixando-se as peças em um pannel de isopor ou cortiça por meio de alfinetes de mapa ou percevejos.

PASSO A PASSO DA SÍNTESE DE PROTEÍNAS

1. Sua primeira tarefa, antes de iniciar a síntese de proteína, consiste em ligar, por meio de um miniclipe, cada RNAt à extremidade carboxila (cinza) do aminoácido correspondente. Para isso, consulte uma tabela de codificação genética, lembrando, porém, que geralmente as tabelas se referem aos códons (trincas de bases no RNAm) dos aminoácidos. É necessário "traduzir" os códons para os anticódons do RNAt. Por exemplo, se o códon para a metionina é AUG, a trinca do RNAt correspondente é UAC.
2. Alinhe o RNAm na subunidade menor do ribossomo, de maneira que o códon de início fique exatamente embaixo do sítio P, na subunidade maior do ribossomo. Posicione o RNAt da metionina no sítio P do ribossomo de modo que seu anticódon se encaixe ao códon de início. É esse encaixe que marca o começo da síntese de proteína.
3. Encaixe o RNAt que corresponde ao códon localizado sob o sítio A. O aminoácido transportado por esse RNAt será o segundo da cadeia polipeptídica. Solte a metionina de seu RNAt e cole sua extremidade carboxila (cinza) à extremidade amina (branca) do segundo aminoácido.
4. Deslize com cuidado o ribossomo para a direita. Percorra uma distância correspondente a três bases, mantendo encaixados os códons e os anticódons. O RNAt da metionina fica fora do ribossomo; o segundo RNAt, com os dois aminoácidos unidos, passa a ocupar o sítio P; o sítio A fica vazio. Encaixe o RNAt que corresponde ao códon localizado sob o sítio A. Solte a dupla de aminoácidos (dipeptídeo) do RNAt localizado no sítio P e cole a extremidade carboxila livre à extremidade amina do terceiro aminoácido.
5. Repita o procedimento anterior até que o códon de término passe a ocupar o sítio A do ribossomo. O encaixe do fator de terminação determina o fim da mensagem genética para a proteína, que se desliga do último RNAt e está pronta para atuar.



Anexo F - Folha para recortes (Adaptado de Amabis e Martho, 1998), N° 01.

Folha para recortar

RNA mensageiro

Moléculas de RNA transportador e fator de terminação

Códon de início

Ribossomo

Aminoácidos

Códon de término

Adaptado de Amabis e Martho/Editora Moderna

Anexo F - Folha para recortes (Adaptado de Amabis e Martho, 1998), N° 03.

Folha para recortar

RNA mensageiro

Códon de início

Códon de término

Moléculas de RNA transportador e fator de terminação

Ribossomo

Aminoácidos

Extremidade carboxila

Extremidade amina

Adaptado de Amabis e Martho/Editora Moderna

Anexo F - Folha para recortes (Adaptado de Amabis e Martho, 1998), N° 04.

Folha para recortar

RNA mensageiro

Cédon de início

Cédon de término

Moléculas de RNA transportador e fator de terminação

Ribossomo

Aminoácidos

Adaptado de Amabis e Martho/Editora Moderna

Anexo F - Folha para recortes (Adaptado de Amabis e Martho, 1998), N° 06.

Folha para recortar

RNA mensageiro

Codon de início

Codon de término

Moléculas de RNA transportador e fator de terminação

Ribossomo

Aminoácidos

Adaptado de Amabis e Martho/Editora Moderna

Anexo F - Folha para recorte (Adaptado de Amabis e Martho, 1998), N° 07.

Folha para recortar

RNA mensageiro

Codon de início

Codon de término

Moléculas de RNA transportador e fator de terminação

Ribossomo

Aminoácidos

Adaptado de Amabis e Martho/Editora Moderna

Anexo F - Folha para recortes (Adaptado de Amabis e Martho, 1998), Nº 08.

Folha para recortar

RNA mensageiro

Codon de início

Codon de término

Moléculas de RNA transportador e fator de terminação

Ribossomo

Aminoácidos

Adaptado de Amabis e Martho/Editora Moderna

Anexo F - Folha para recortes (Adaptado de Amabis e Martho, 1998), N° 10.

Folha para recortar

RNA mensageiro

Códon de início

Códon de término

Moléculas de RNA transportador e fator de terminação

Ribossomo

Aminoácidos

Adaptado de Amabis e Martho/Editora Moderna



Clebson Aleksandro Gama Cavalcanti
clebgama@gmail.com
(Pesquisador)

Profa. Dra. Melissa Fontes Landell
melissa.landell@gmail.com
(Orientadora)

