

O Ensino de Genética utilizando Modelos Didáticos: uma Proposta Metodológica na Formação Inicial de Professores

Mestranda: Silvania Pereira de Aquino
Orientadora: Profa. Dra. Mirley Luciene dos Santos

**Anápolis - GO
MARÇO, 2018**

**O ENSINO DE GENÉTICA UTILIZANDO MODELOS DIDÁTICOS: UMA
PROPOSTA METODOLÓGICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES**

SILVANIA PEREIRA DE AQUINO

Orientadora: PROF.^a DR.^a MIRLEY LUCIENE DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Nível Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, da Universidade Estadual de Goiás para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências
Orientadora: Profa Dra Mirley Luciene dos Santos

**Anápolis
2018**

Dados Internacionais na Publicação e Catalogação (CIP)

AQUINO, Sylvania Pereira de

O Ensino de Genética utilizando Modelos Didáticos: uma Proposta Metodológica na Formação Inicial de Professores / Sylvania Pereira de AQUINO; orientador Mirley Luciene dos SANTOS. - Anápolis, 2018.

129 p.

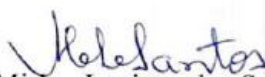
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Câmpus-Anápolis CET, Universidade Estadual de Goiás, 2018.

1. Modelos didáticos e modelagem. 2. Formação de professores. 3. Ensino de Genética. 4. Metodologia de ensino. I. SANTOS, Mirley Luciene dos, orient. II. Título.

SILVANIA PEREIRA DE AQUINO

O ENSINO DA GENÉTICA UTILIZANDO MODELOS DIDÁTICOS: UMA
PROPOSTA METODOLÓGICA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* – Mestrado
Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás,
Para a obtenção do título de Mestra, aprovada em 23 de março de 2018, pela
Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:



Profa. Dra. Mirley Luciene dos Santos
Presidente da Banca
UEG/PPEC



Profa. Dra. Flávia Melo Rodrigues
Membro Externo
UEG



Prof. Dr. Plauto Simão de Carvalho
Membro Interno
UEG/PPEC

Aos meus filhos Héber e Inara como forma de homenagem e também como exemplo.

Aos meus pais Antonio e Francisca simbolizando gratidão.

À todos os professores que buscam por aprimoramento.

AGRADECIMENTOS

À Deus Criador e Onipotente do qual provém toda a sabedoria por me transmitir sua força espiritual em todos os momentos.

Ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás por proporcionar a tantos uma formação consistente, gratuita e de qualidade colaborando na consolidação de nossos sonhos.

Aos professores do Mestrado pelo conhecimento compartilhado com sabedoria e profissionalismo, vocês foram fundamentais também na superação do principal obstáculo desta jornada – a distância. Agradeço de forma especial aos professores Marcelo Duarte Porto, João Roberto Resende Ferreira e Sabrina do Couto de Miranda pelo direcionamento no início desta pesquisa, instigando a sede e busca pelo conhecimento da temática e auxiliando na percepção do caminho a ser trilhado. À minha querida orientadora professora Mirley Luciene dos Santos pela atenção, carinho, cordialidade e amizade com que conduziu a orientação deste trabalho demonstrando sua grandeza de coração, humildade, sabedoria e acima de tudo muita competência profissional.

Aos membros da banca Flávia Melo Rodrigues e Plauto Simão de Carvalho pelo carinho com que acolheram o convite participando com valiosas contribuições que nortearam a finalização deste trabalho.

Aos meus queridos acadêmicos formandos 2017 do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Porangatu pela participação ativa nesta pesquisa, principalmente pelo acolhimento, colaboração e pelo muito que aprendemos juntos. Gratidão também ao egresso Marcelo Pereira de Borba pelo indicativo do tema desta pesquisa quando eu era dúvidas e inconstância na escolha.

Às Unidades Educacionais de Porangatu participantes da pesquisa pela hospitalidade e credibilidade em nosso trabalho: Colégio da Polícia Militar de Goiás Tomaz Martins da Cunha, Colégio Estadual Stellanis Kopanakis Pacheco e Colégio Impacto.

Aos colegas de trabalho da UEG- Câmpus Porangatu e Escola Estadual D. Gercina Borges Teixeira pela colaboração, compreensão, incentivo e apoio durante esta jornada de estudos.

Aos colegas de turma pelo aprendizado compartilhado, especialmente Edinalva e Tássia pela agradabilidade da companhia nos momentos longe de casa. Ao colega Adevane por

contribuir com gratuidade tantas vezes encurtando o tempo de volta pra casa. Também ao amigo Ernesto Flávio pela colaboração agilizando às idas ao mestrado.

Aos meus pais queridos por acolher minha existência com amor, sabedoria e simplicidade me ensinando o verdadeiro e essencial da vida e se doando sem limites.

Aos meus filhos Héber e Inara por compreender e aceitar a minha dedicação e disponibilidade de tempo aos estudos, sabendo lidar com minhas ausências.

Ao meu esposo Cláudio que à sua maneira soube compreender, aceitar e incentivar esta etapa da minha vida, permanecendo ao meu lado em todos os momentos.

A todos aqueles não nominamente expressos, mas que de alguma maneira contribuíram para realização deste trabalho.

“Só sei que nada sei.”

Sócrates

“Sem a curiosidade que me move, que me inquieta, que me insere na busca, não aprendo nem ensino.”

Paulo Freire

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.”

Francisco de Assis

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	14
OBJETIVOS.....	18
CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.1 O Conhecimento Científico e a Ciência.....	19
1.2 A perspectiva Histórico-Epistemológica no Ensino das Ciências.....	20
1.3 A Diversidade de Conceitos para o termo <i>Gene</i> no Ensino de Biologia.....	24
1.4 O Ensino das Ciências e a Formação Inicial de Professores.....	26
1.5 Os Modelos e a Modelagem no Ensino de Ciências.....	30
1.6 Modelos e Modelagem na Abordagem Construtivista.....	36
1.7 Referências.....	39
CAPÍTULO 2. A UTILIZAÇÃO DO MODELO DIDÁTICO SOBRE CONTEÚDOS DE GENÉTICA JUNTO A PROFESSORES EM FORMAÇÃO INICIAL.....	45
2.1 Dificuldades e Desafios no Ensino de Conteúdos de Genética.....	45
2.2 Metodologia.....	48
2.2.1 Os sujeitos da pesquisa.....	48
2.2.2 O modelo utilizado.....	48
2.2.3 Instrumento para a Coleta de Dados.....	52
2.2.4 Análise dos dados.....	53
2.3 Resultados e Discussão.....	56
2.4 Conclusões do Capítulo.....	65
2.5 Referências.....	60
CAPÍTULO 3. INTERVENÇÃO DIDÁTICA PELOS PROFESSORES EM FORMAÇÃO INICIAL: A APLICAÇÃO DO MODELO DIDÁTICO PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO.....	69
3.1 Metodologia.....	69
3.1.1 Amostra.....	71
3.1.2 Instrumento da Coleta de Dados.....	72
3.1.3 Análise dos dados.....	73
3.2 Resultados e Discussão referentes à aplicação dos questionários aos estudantes do ensino médio.....	73

3.3 Avaliação da Intervenção Realizada pelos Licenciandos Junto aos Estudantes do Ensino Médio.....	80
3.4 Conclusões do capítulo.....	86
3.5 Referências.....	87
CAPÍTULO 4. OFICINA DE MODELAGEM: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE GENÉTICA.....	90
4.1 Apresentação.....	90
4.2 Modelagem, oficinas de ensino e prática docente.....	91
4.3. Proposta de Oficina.....	92
4.3.1 Objetivos.....	92
4.3.2 Público-alvo.....	93
4.3.3 Tempo estimado.....	93
4.3.4. Primeira atividade: momento teórico.....	93
4.3.4.1 Tempo estimado.....	93
4.3.4.2 Conteúdo.....	93
4.3.4.3 Metodologia e sugestões de referencial teórico.....	93
4.3.5. Segunda atividade: momento prático.....	94
4.3.5.1 Tempo estimado.....	94
4.3.5.2 Materiais utilizados.....	94
4.3.5.3 O modelo didático.....	95
4.3.5.4 Etapas da construção do modelo didático.....	95
4.3.5.4.1 Preparo das bases para as fitas de DNA e RNAs.....	95
4.3.5.4.2 Montagem da molécula de RNA mensageiro.....	97
4.3.5.4.3 Montagem das moléculas de DNA.....	99
4.3.5.4.4 Montagem das moléculas de RNAs transportadores.....	101
4.3.5.4.5 Modelagem dos aminoácidos.....	102
4.3.5.4.6 Modelagem do ribossomo.....	103
4.4. Avaliação da oficina de modelagem.....	105
4.5. Explorando o Modelo Didático - algumas possibilidades da utilização para o ensino de Genética.....	106
4.5.1 Proposição de objetivos para utilização do modelo como recurso didático.....	106
4.5.1.1 Objetivos para o Ensino Fundamental (9º ano)	107
4.5.1.2 Objetivos para o Ensino Médio.....	107
4.5.2 Conteúdos que podem ser abordados a partir da utilização do modelo didático.....	108

4.5.3 Propostas de metodologias.....	108
4.5.4 Sugestões de Avaliação.....	111
4.6. Considerações Finais do Capítulo.....	112
4.7 Referências.....	113
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
6. APÊNDICES.....	118
7. ANEXO.....	129

RESUMO

O meio educacional possui carências diversificadas e recorrentes, tanto em relação a uma formação docente consistente e com bases sólidas, quanto à atuação pedagógica. Em relação à prática docente, o processo de ensino e aprendizagem de alguns conteúdos de Genética considerados complexos e abstratos, pode ser um desafio para professores. A busca por inovação e desenvolvimento de metodologias que culminem em uma aprendizagem qualitativa tem se tornado uma constante, tanto pelos docentes em formação quanto por aqueles que já atuam no mercado de trabalho. A utilização de metodologias envolvendo modelos didáticos e modelagem pode ser vislumbrada como recurso efetivo para uma atuação docente mais consistente. Diante desta perspectiva surge a proposta principal de analisar as possibilidades do uso de modelos didáticos e da modelagem como metodologia para o ensino de Genética. Visando colaborar com a formação docente inicial e continuada o trabalho envolve o uso de modelos com estudantes de graduação, sua aplicação como metodologia efetiva de ensino e a sugestão de uma oficina de ensino sobre a temática. A situação investigada implica em um estudo de caso segundo a abordagem quali-quantitativa. A coleta de dados foi realizada por meio da aplicação de questionários aos estudantes de graduação e do ensino médio. Também foi realizada uma roda de conversa com os graduandos visando coletar as impressões e evidências relativas à vivência da experiência didático-pedagógica desenvolvida no decorrer desta pesquisa. Os resultados foram apresentados na forma de gráficos comparativos e foi aplicado o teste estatístico do Qui-quadrado. A finalização da pesquisa evidenciou que a utilização de metodologias diversificadas pode servir como meio de melhoria do processo de ensino e aprendizagem. A utilização de um modelo didático sobre conteúdos de Genética foi significativa para o processo de aprendizagem dos estudantes e colaborou para o desenvolvimento de experiências didático-pedagógicas, instrumentalizando os professores em formação inicial. Algumas limitações relativas ao ensino de Genética como a fragmentação dos conteúdos, a falta de contextualização e a utilização do livro didático de forma acrítica também foram diagnosticadas. A metodologia de ensino que envolve a utilização de modelos e modelagem possui suas especificidades e fragilidades, mas se destaca como um recurso que pode culminar em um aprendizado de qualidade e uma atuação docente mais consistente.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa. Modelos. Modelagem. Formação docente.

ABSTRACT

The educational environment has diversified and recurrent needs, both in relation to a consistent and solid teacher education, as well as pedagogical activity. In relation to teaching practice, the teaching and learning process of some Genetics contents considered complex and abstract, can be a challenge for teachers. The search for innovation and development of methodologies that culminate in a qualitative learning has become a constant, both by teachers in training and by those who already work in the labor market. The use of methodologies involving didactic models and modeling can be seen as an effective resource for a more consistent teaching performance. In this perspective, the main proposal is to analyze the possibilities of using didactic models and modeling as a methodology for the teaching of Genetics. Aiming to collaborate with initial and continuing teacher training, the work involves the use of models with undergraduate students, their application as an effective teaching methodology and the suggestion of a teaching workshop on the subject. The situation investigated implies a case study according to the qualitative-quantitative approach. Data collection was performed through the application of questionnaires to undergraduate and high school students. A conversation was also held with graduates aiming to collect the impressions and evidences related to the experience of didactic - pedagogical experience developed during this research. The results were presented in the form of comparative graphs and the chi-square statistical test was applied. The conclusion of the research showed that the use of diversified methodologies can serve as a means of improving the teaching and learning process. The use of a didactic model on Genetics contents was significant for the learning process of the students and collaborated for the development of didactic-pedagogical experiences, instrumentalizing the teachers in initial formation. Some limitations related to the teaching of Genetics were also diagnosed, such as the fragmentation of contents, lack of contextualization and the use of the textbook in an uncritical way. The teaching methodology that involves the use of models and modeling has its specificities and fragilities, but stands out as a resource that can culminate in a quality learning and a more consistent teaching performance.

Keywords: Meaningful learning. Models. Modeling. Teacher training.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Rota geral do processo de investigação.....	33
Figura 2 Modelo didático utilizado na intervenção.....	52
Figura 3 Frequência das repostas obtidas do questionário aplicado.....	52
Figura 4 Frequência das repostas obtidas do questionário aplicado.....	57
Figura 5 Frequência das repostas obtidas do questionário aplicado.....	59
Figura 6 Confeção de modelo didático utilizado na intervenção.....	70
Figura 7 Intervenção realizada pelos licenciandos.....	71
Figura 8 Frequência da análise das respostas de estudantes do ensino médio.....	74
Figura 9 Frequência da análise das respostas de estudantes do ensino médio.....	75
Figura 10 Frequência da análise das respostas de estudantes do ensino médio.....	76
Figura 11 Esquema da articulação entre teoria e prática.....	85
Figura 12 Modelo didático utilizado para o ensino de Genética.....	95
Figura 13 Imagem do papel que servirá para representar a base nitrogenada guanina.....	97
Figura 14 Esquema das cinco bases nitrogenadas do modelo.....	97
Figura 15 Esquematização da montagem da molécula de RNA mensageiro.....	98
Figura 16 Esquematização completa da molécula de RNAm do modelo.....	98
Figura 17 Imagens representativas da escrita das iniciais de cada base e da colagem da fita adesiva sobre o primeiro fragmento da molécula.....	99
Figura 18 Esquematização das bases a serem montadas no início de uma das fitas da molécula de DNA.....	100
Figura 19 Esquematização da molécula de DNA, da colagem do segundo pedaço de fita adesiva para prender os retângulos de papel e da finalização do modelo.....	100
Figura 20 Esquematização da molécula de RNA transportador.....	101
Figura 21 Modelagem do fator de término.....	102
Figura 22 Imagem da folha de papel tamanho A4 dobrada em seis partes que servirá para recorte dos círculos representativos dos aminoácidos e esquematização dos aminoácidos componentes do modelo.....	102
Figura 23 Esquematização da molécula de RNA transportador conectada ao aminoácido metionina e de todos os modelos representativos dos RNAs transportadores conectados a seus respectivos aminoácidos e encaixados à molécula de RNAm.....	103

Figura 24 Modelo representativo do ribossomo acoplado aos modelos representativos das moléculas de RNAm e RNAt.....	104
Figura 25 Detalhes do modelo do Ribossomo utilizado.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Comparação entre os números de respostas por categoria analisada dos questionários aplicados antes e após a utilização do modelo didático utilizado para o ensino de Genética com licenciandos em Ciências Biológicas.....	60
Tabela 2 Comparação entre acertos, erros e questões em branco dos questionários aplicados antes e após a intervenção com um modelo didático utilizado para o ensino de Genética a estudantes do ensino médio.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Conceitos de modelo e modelagem na visão de diversos autores.....	32
--	----

INTRODUÇÃO

A atuação prática deve servir como meio de conduzir o professor na busca de aprimoramento do seu próprio trabalho. A partir da ação pedagógica é que surge a carência de aquisição de conhecimentos científicos e pedagógicos que possam culminar em um processo de ensino e aprendizagem significativa.

Em minha prática docente, com a maioria da carga horária de trabalho destinada às séries finais do ensino fundamental, a preocupação em conduzir meus alunos a vivenciar experiências de ensino significativas foi constante. Em vinte anos de docência no ensino de Ciências é muito comum no reencontro com os ex-alunos ouvir relatos sobre as aulas dadas. Talvez a aprendizagem possa nem ter sido tão efetiva, mas o fato da experiência de ensino ter marcado suas vidas escolares já demonstra que o esforço em inovar tenha valido a pena.

Ao início da experiência como docente no ensino médio surgiram muitas inquietudes, a principal que permanecia era a mesma de antes: preocupação em ensinar e conseguir uma aprendizagem que fosse efetiva para a maioria dos conteúdos, agora de Biologia. Trabalhando em uma escola que primava preparar seus estudantes para “aprender a aprender, aprender a ser e aprender a fazer”, os desafios eram constantes.

A abordagem de conteúdos complexos e abstratos como a Bioenergética, a Citogenética e a Genética foram objetos de muito estudo, pesquisa e reflexão da prática docente. A impressão de ser incapaz de conduzir todos os estudantes a uma aprendizagem eficiente diante destes conteúdos era o desafio que se fazia constante. A consideração de que a abordagem referente à Citogenética com os conteúdos de Genética envolvendo a molécula de DNA era a base geral - “dogma central” - da Biologia tornava a aflição ainda maior.

A partir de muitas pesquisas, estudo e inquietações pedagógicas, os modelos gráficos encontrados nos livros didáticos das moléculas de DNA, RNA e dos processos de sua replicação, transcrição e tradução se concretizaram em um “modelo mental” que era objeto de ensino por analogias, esquematizações e utilização de mídias.

Apesar de avançar no trabalho pedagógico tudo ainda parecia insuficiente. Como a inquietação permanecia, surgiu a ideia de concretizar o modelo mental em estrutura física e manipulável. Após alguns ensaios e com a utilização de materiais simples e de baixo custo como fita crepe, papéis coloridos e caneta hidrocor, o esquema gráfico das moléculas de DNA, RNA mensageiro, RNA transportador e dos aminoácidos comumente encontrado nos

livros didáticos ganharam formas e adaptações se concretizando num modelo didático amplamente utilizado por mim na minha prática docente.

As aulas ministradas sobre esse conteúdo passaram a ter mais um recurso pedagógico e os resultados nos testes e avaliações que eu aplicava apresentaram melhorias significativas. Porém, era preciso mais, apesar da escassez de tempo, diante da grande quantidade de conteúdos a serem trabalhados no ensino médio visando a boa preparação dos estudantes para o vestibular. Como atividade avaliativa referente ao conteúdo abordado pelo modelo didático surgiu a ideia de conduzir os estudantes à confecção do modelo em grupos. Cada grupo teria que cumprir a tarefa de partindo de quatro aminoácidos específicos atribuídos pela professora, construir as moléculas de RNA mensageiro, RNA transportador e as duas moléculas de DNA correspondentes ao processo de tradução dos mesmos. Enquanto os grupos faziam a modelagem eram observados e conduzidos em suas dúvidas pelos colegas e pela professora regente. Os resultados de atividades e avaliações aplicadas após a modelagem me levou a conclusão de que após o uso e a modelagem, os estudantes ampliavam muito o seu aprendizado acerca do assunto.

A experiência pedagógica era considerada exitosa, mas por alguns anos ficou restrita apenas à minha prática pedagógica naquela escola. Não houve ampliação e pesquisa acerca do conhecimento envolvendo a utilização de modelos e modelagem, sequer o modelo utilizado foi considerado por mim como tal.

Com o engajamento como docente no ensino superior, mesmo que em situação temporária, surgiu a necessidade de aperfeiçoamento profissional. A busca por um curso de pós graduação *stricto sensu* (mestrado) me levou a analisar o escopo de vários deles e a encontrar neste mestrado profissional em ensino de Ciências o ideal almejado para a minha vida profissional e pessoal.

A decisão de ingressar no curso foi tomada, mas houve muitas inquietações e pesquisas acerca do tema a ser apresentado como projeto de pesquisa. A ideia de apresentar o projeto envolvendo o modelo didático descrito anteriormente surgiu quando durante a orientação de um estagiário apresentei o modelo didático como sugestão para a melhoria de sua aula. Apesar de não ter acatado minha sugestão como professora de estágio, o acadêmico - que conhecia a minha busca por um tema a fim de ingressar no curso de mestrado - acabou por sugerir o desenvolvimento de uma pesquisa acerca daquele modelo didático. Inicialmente não segui a sugestão, mas depois iniciei uma pesquisa acerca da temática de modelos e modelagem no ensino de Biologia e decidi por apresentar um projeto de pesquisa envolvendo

o tema. O desafio e os obstáculos desta escolha são muitos, mas optei por percorrer este caminho.

Uma atuação docente consistente apresenta várias necessidades para atender as carências educacionais que surgem. Existem muitos fatores que interferem de forma direta ou indireta no trabalho escolar, por isso é fundamental a busca por inovações metodológicas visando à efetividade do fazer pedagógico.

Alguns conteúdos são complexos e abstratos e exigem maior dedicação no planejamento e execução do ensino e aprendizagem. A concepção de complexidade e abstração nos conteúdos que envolvem a Genética e Biologia Molecular é consenso entre muitos autores (DELLA JUSTINA; FERLA, 2006; JOAQUIM, 2009; MIGUEL et al., 2014), o que requer uma reflexão metodológica por parte do docente.

A partir da constatação das dificuldades pedagógicas que se apresentam em relação a alguns conteúdos, surge a proposta principal deste trabalho em analisar as possibilidades do uso de modelos didáticos e da modelagem como metodologia para o ensino de Genética. O trabalho foi desenvolvido segundo a abordagem quali-quantitativa e envolve o estudo de caso, que de acordo com Gil (2007, p. 73) visa “explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos”. A situação a ser investigada engloba um modelo didático e sua modelagem que ocorrerá em três ações: aplicação a professores em formação inicial (licenciandos) do curso de Ciências Biológicas; intervenção didática realizada por esses licenciandos junto a estudantes do ensino médio; e a organização de uma oficina de modelagem.

Ser professor é um desafio nos dias atuais, para Roldão (2007, p. 100) para ter uma prática pedagógica de qualidade se faz necessário agregar o saber científico ao pedagógico de forma que haja integração e transformação dos dois conhecimentos. A autora exemplifica que “o conhecimento didático de um conteúdo se incluirá, modificando o conhecimento deste conteúdo”. Nesta perspectiva, podemos compreender que a prática pedagógica eficaz depende de uma formação docente consistente e com bases sólidas. Portanto, o primeiro capítulo dessa dissertação traz uma abordagem teórica sobre o ensino de Ciências, a formação docente e o uso de modelos como materiais potencialmente significativos para a aprendizagem.

Alguns conteúdos de Genética apesar de complexos e abstratos são imprescindíveis para compreensão de outros conteúdos. De acordo com Della Justina (2001, p. 58) “os processos centrais como a replicação, a transcrição e a tradução, são essenciais para o entendimento da Genética”. Por isso, no decorrer da pesquisa existe a busca de verificar as

possibilidades de como a modelização pode contribuir para o ensino e a aprendizagem destes conteúdos em Genética.

A instrumentalização do professor deve acontecer no intuito de colaborar com uma prática pedagógica de qualidade. A partir deste pressuposto, no segundo capítulo descreve-se a opção pela utilização de um modelo didático para ensinar conteúdos de Genética a professores em formação inicial visando evidenciar a importância do uso de modelos didáticos como recurso metodológico. A partir da introdução do modelo didático na formação docente inicial existe a possibilidade dos futuros professores conhecerem a metodologia e incorporá-la a sua prática.

Na visão de Munfor e Lima (2007, p. 92) é possível identificar que “há um grande distanciamento entre a ciência ensinada nas escolas e a ciência praticada nas universidades, em laboratórios e outras instituições de pesquisa”. A partir desta constatação que é pertinente ao ensino de Ciências, o terceiro capítulo retrata uma possibilidade de amenizar a distância entre a teoria e a prática a partir da preparação dos licenciandos para confeccionar um modelo didático e aplicá-lo a estudantes do ensino médio. Esta intervenção visa levar os graduandos a reconhecer se a utilização de um modelo didático é uma metodologia de ensino que colabora para uma aprendizagem significativa. Ao vivenciar as possibilidades de aplicabilidade do modelo didático como recurso metodológico existe a concretização da teoria relativa a esta prática de ensino.

O exercício da docência requer uma constante busca pelo conhecimento e, na opinião de Baptista (2003, p. 10), “o desenvolvimento profissional dos professores está intimamente relacionado com sua formação”. É a partir da conscientização acerca de sua prática que o docente poderá transformar seu trabalho, isso carece de conhecer a realidade de forma crítica. Dentro dessa linha de pensamento o quarto capítulo deste trabalho dissertativo sugere uma oficina de modelagem, no intuito de favorecer a vivência de experiências didático-pedagógicas. A oficina de modelagem, como ferramenta para o ensino e a aprendizagem de Genética foi elaborada a partir da construção reflexiva do modelo didático trabalhado na pesquisa visando possibilitar práticas pedagógicas com resultados satisfatórios. A oficina pedagógica consiste no produto educacional dessa dissertação.

OBJETIVOS GERAIS

Com base na proposta de analisar as possibilidades do uso de modelos didáticos e da modelagem como metodologia para o ensino e aprendizagem de alguns conteúdos de Genética junto a professores em formação inicial e estudantes do ensino médio, foram delimitados os seguintes objetivos gerais:

- Realizar uma revisão bibliográfica acerca do conhecimento científico, o ensino de Ciências com a utilização de modelos e modelagem, a formação docente e a aprendizagem significativa.
- Evidenciar a importância do uso de modelos didáticos como recurso metodológico para o ensino de Genética na formação inicial de professores.
- Avaliar os resultados obtidos antes e após a aplicação de um modelo didático sobre conteúdos de Genética para licenciandos do Curso de Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Superior em Goiás.
- Reconhecer se a utilização de um modelo didático para o ensino de conteúdos de Genética constitui-se em metodologia de ensino que colabora para a aprendizagem significativa junto a alunos do ensino médio.
- Sugerir uma oficina de modelagem, no intuito de favorecer a vivência de experiências didático-pedagógicas.

CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 O Conhecimento Científico e a Ciência

O conhecimento científico possui uma vasta caracterização que permeia seu processo de construção e algumas variáveis, o que determina uma complexidade para a conceituação do termo Ciência. De acordo com Cupani e Pietrocola(2002), o conhecimento científico é formado por ideias interligadas através de regras específicas se organizando em conjuntos ou teorias. Os autores, com base na análise do trabalho do epistemólogo Mario Bunge¹, descrevem que o conhecimento científico não depende das crenças do sujeito, mas é construído mediante atividades psíquicas e físicas dos cientistas não se reduzindo exclusivamente a elas.

A definição de Ciência como atividade histórica e cultural produzida pela humanidade ao longo do tempo requer um aprofundamento no estudo de vários dos seus aspectos. A história da Ciência é um vasto campo do conhecimento que nos ensina a definir a Ciência. Ao analisar os trabalhos de Fleck², Delizoicov (2002, p. 54) postula sobre a Ciência:

Para Fleck, a ciência não é uma construção formal, mas uma atividade levada a cabo por comunidades de investigadores. O conhecimento está intimamente ligado a pressupostos e condicionamentos históricos, antropológicos e culturais, relacionando-se, assim, às convicções empíricas e especulativas que unem os indivíduos. O conhecimento só é possível sob certas pré-suposições, sob hábitos de estilo de pensamento que mediatizam a constatação das características do observado.

Segundo a ideia que Bunge propôs para a Ciência, a realidade do mundo natural não se dá ao acaso. Existe uma sequência ordenada onde os processos e os fatos ocorrem de maneira passageira e com aspectos irregulares, mas seguindo a determinados “padrões” ou formatos que podem ser reconstituídos. Em tal ideia, o homem procura compreender o mundo e nele atuar a partir da busca de tais “padrões” (CUPANI; PIETROCOLA, 2002).

¹Mario Bunge epistemólogo que nasceu em Buenos Aires (1919), formado em Física, professor de Física e Filosofia na Argentina e logo depois se radicou no Canadá (1966) passando a trabalhar na McGillUniversity. Lecionou em diversas universidades européias e norte-americanas, no Brasil foi professor na Unicamp (CUPANI; PIETROCOLA, 2002).

²Ludwik Fleck médico polonês que nasceu em 1896 e desenvolveu várias pesquisas principalmente no campo de microbiologia, mas também contribuiu para a análise histórica epistemológica da Ciência. Uma de suas obras mais importantes e mais citadas é a “A Gênese e o Desenvolvimento de um Fato Científico” (PFUETZENREITER, 2002).

Tomando como base a realidade da Ciência como histórica, social e culturalmente construída pela humanidade, a partir de determinados fatores epistemológicos, podemos constatar que não é simples o seu processo de ensino e aprendizagem. Existem diversas razões para justificar o baixo nível de aprendizagem dos estudantes, como a desvalorização do conhecimento científico, os interesses mais imediatos dos alunos, e ainda, a apresentação da Ciência pela escola e meios de comunicação como uma área difícil resultante da aplicação de métodos poderosos e objetivos autênticos (JUSTI, 2006). Apesar da Ciência possuir elementos subjetivos e metodologia típica, o que nem sempre é de simples compreensão, ela não se reduz a apenas isso. O conhecimento científico é indispensável para a compreensão do mundo que nos cerca e a resolução de muitos problemas cotidianos. Cabe ressaltar ainda sua importância para o avanço e a elucidação de questões relevantes na atualidade.

1.2 A Perspectiva Histórico-Epistemológica no Ensino das Ciências

O ensino é um processo pelo qual ocorre a apropriação de conhecimentos novos, portanto se faz necessário conhecer as condições sob as quais ocorreu a produção de tal conhecimento. Segundo Cupani e Pietrocola (2002), a Ciência apresentada na escola pelos professores ou livro didático nem sempre se identifica com aquela que se encontra presente no contexto do meio científico profissional. Os autores ressaltam ainda, que o professor deve aliar seus conhecimentos, acerca dos conteúdos, com uma ótima formação didático-pedagógica e epistemológica, no intuito de evitar que na escola se tenha uma visão distorcida e estereotipada da Ciência.

Para entender algumas novas tecnologias encontradas em nosso cotidiano e também no campo da genética, por exemplo, é necessário compreender alguns conteúdos que são a base para o entendimento dela, tais como a célula, mitose, meiose, gene, cromossomo, DNA (Ácido Desoxirribonucléico) e fluxo da informação genética (DELLA JUSTINA; FERLA, 2006). Estes conteúdos são estudados em genética e na biologia molecular e apresentam certo grau de complexidade e abstração para o processo de ensino e aprendizagem.

O termo “biologia molecular” foi proposto por Warren Weaver, da Fundação Rockefeller, durante a publicação de um relatório em 1938 na Revista *Science*, com o intuito de fazer a descrição e levar à compreensão de como os fenômenos biológicos se manifestam a partir do conhecimento da estrutura de moléculas, suas interações e alterações (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005). Outra contribuição importante nesse campo foi a

representação tridimensional da estrutura em dupla hélice da molécula de DNA proposta por James Watson e Francis Crick em 1953. Esse modelo pode ser tratado no ensino de biologia molecular como a base para a utilização de diversos outros modelos didáticos (DELLA JUSTINA; FERLA, 2006). Um dos fatores que torna eficaz a construção do conhecimento científico e que deve ser considerado no processo de ensino e aprendizagem é o aporte epistemológico da descoberta científica

No intuito de melhor compreensão do trabalho dos cientistas traçaremos um breve histórico sobre a construção coletiva da proposição do modelo de dupla-hélice para a molécula de DNA, descoberta que em grande parte dos livros didáticos é atribuída apenas a James Watson e Francis Crick.

Por volta de 1880 já havia o conhecimento de que o núcleo da célula estava relacionado com a hereditariedade e a cromatina fora extraída do material nuclear de células purulentas pelo fisiólogo e químico orgânico suíço Friedrich Miescher. O primeiro trabalho sobre DNA que foi publicado em 1871, mas já em 1869 ele demonstrou que nucleína não é proteína. Os citologistas também já reconheciam que a cromatina era composta de DNA, mas como Miescher não considerou a relação da *nucleína* com a informação genética, seus trabalhos não foram relevantes em tal época. Para o conhecimento daquele momento, as proteínas eram consideradas as maiores e mais complexas moléculas que existiam e como o DNA não era proteína, não havia maiores interesses em pesquisá-lo (SCHEID, 2003).

De acordo com Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005), apesar dos pesquisadores relacionarem o DNA ao material genético, não havia preocupação com sua natureza química e seu tamanho. Por algum tempo esta questão passou a ser interesse apenas da Química. Somente em 1930, com o avanço do conhecimento de que todas as células animais e vegetais eram portadoras tanto do DNA como do RNA, que o assunto voltou a ser alvo de pesquisas, mas ainda, sem entender ao certo a função de tais substâncias para as células.

As bases nitrogenadas (Citosina, Guanina, Timina e Adenina), de acordo com Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005) já haviam sido identificadas na virada do século. Acreditava-se que a molécula de DNA era pequena demais comparada às proteínas e a informação genética era transmitida a partir das quantidades das bases na molécula. Ao se ampliar o conhecimento sobre a composição química do DNA por volta de 1930 e 1940, os métodos de pesquisa para grandes moléculas passaram a ser utilizados e se chegou à constatação de que o DNA era muito maior do que o imaginado, modificando assim, a ideia de que apenas as proteínas eram as moléculas prováveis para a hereditariedade.

Os autores (op. cit.) destacam ainda, que concomitantemente à modificação da concepção em relação ao tamanho da molécula de DNA surgiu a constatação, a partir dos trabalhos de outros cientistas com pneumococos patogênicos e não patogênicos, que havia um “princípio transformador” responsável pela patogenia. Eles atribuíram ao DNA tal expressão, mas como as bactérias não eram consideradas na época, geneticamente comparáveis aos demais seres vivos, ainda permaneceram dúvidas em relação à transmissão genética ser atribuída ao DNA.

Prevalencia a regra de que a quantidade de bases nitrogenadas se distribuía com a mesma frequência nos seres vivos. Foi a partir dos trabalhos de Erwin Chargaff em 1949, que se constatou que a quantidade das bases nitrogenadas apareciam em quantidades determinadas no DNA, isso foi decisivo para o entendimento da estrutura da molécula. Erwin Chargaff e seus colaboradores estudaram o DNA de seres vivos diferentes e chegaram à conclusão de que a concentração da base timina era sempre igual à de adenina e que a concentração da base citosina também era igual à da base guanina. Este estudo sugeriu com muita ênfase que estas quatro bases apareciam no DNA com certo tipo de “inter-relação fixa”. Os resultados confirmaram também que “o total de pirimidinas (timina mais adenina) era sempre igual à concentração total de purinas (adenina mais guanina)” (SNUSTAD; SIMMONS, 2013).

Quando Peter Pauling, filho do químico Linus Pauling que trabalhava com Watson e Crick, recebeu do pai um esboço de um trabalho referente às proteínas, o que aumentou a disputa por decifrar a estrutura do DNA. O trabalho recebido sugeria a partir dos conhecimentos sobre a estrutura helicoidal das proteínas, que a estrutura do DNA era de uma tripla hélice. Na época haviam vários trabalhos com o objetivo da compreensão da ação biológica do DNA e o reconhecimento da comunidade científica (SHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Outra contribuição importante para decifrar a estrutura da molécula de DNA foi a dos “dados de difração de raios X na estrutura do DNA”. Este trabalho complexo foi realizado por Rosalind Franklin que nem se quer soube que sua melhor imagem tinha sido mostrada a Watson e Crick por Maurice Wilkins. Os dados encontrados por Rosalind sugeriam que o DNA era “longo e fino” com duas metades semelhantes e paralelas ao longo de toda a molécula. Este trabalho foi de suma importância para decifrar a estrutura tridimensional do DNA (GRIFFITHS; WESSLER; CARROLL, 2011, p. 231).

Portanto, o interesse de pesquisadores das áreas de Física, Química, Biologia, Virologia, dentre outros surgiu no início da década de 1950. Para a compreensão de como a molécula de DNA poderia ser responsável pela transmissão da hereditariedade fez-se

necessário o entendimento de sua estrutura que até então se sabia constituir de uma molécula de estrutura longitudinal, com um eixo de desoxirribose e fósforo. Três laboratórios destacaram-se no trabalho de identificar como tais moléculas ligavam-se. Devido a ligação dos conhecimentos de química de Linus Pauling, de cristalografia de raios X com Maurice Wilkins e Rosalind Franklin, e ainda, o trabalho cooperativo de James Watson (biólogo) com Francis Crick (físico) que se aliaram visando propor uma estrutura para o DNA, surge a apresentação feita por Watson de um primeiro modelo para o DNA, porém contendo falhas devido ao seu embasamento em dados errados (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2005).

Segundo os autores (op. cit.) quando o erro foi percebido pelos colegas de equipe, Watson e Crick foram proibidos, por seu chefe, de continuar o trabalho referente à proposição da estrutura para a molécula de DNA. Embora afastados de seu objetivo principal, Watson e Crick continuaram a manter seus interesses em decifrar a estrutura da molécula de DNA, e finalmente foram autorizados a retomar às suas pesquisas. Preferiram continuar com a construção de modelos e tomaram como base: os seus conhecimentos de física e química; as pesquisas de Erwin Chargaff em relação a proporção das bases nitrogenadas que compõem a molécula de DNA; os dados de Rosalind Franklin sobre a difração de uma molécula de DNA cristalizado por raios X, o que permitiu deduzir a natureza helicoidal da molécula; e ainda, o trabalho de Linus Pauling sobre a estrutura das proteínas. Desta forma, com a colaboração conjunta de vários pesquisadores foi possível propor uma estrutura para a molécula de DNA que foi publicada na revista *Nature*, de 25 de abril de 1953.

Em 1962, segundo destacam Scheid, Ferrari e Delizoicov (2005), o comitê do Prêmio Nobel reconheceu a colaboração importante de Maurice Wilkins para os trabalhos de Watson e Crick que tiveram seus nomes divulgados primariamente (ou unicamente) no trabalho da proposição de um modelo para a molécula de DNA. Dentre os cientistas que contribuíram com o trabalho de Watson e Crick existe apenas uma mulher, Rosalind Flanklin, que recebeu pouco reconhecimento por sua importante contribuição. Isso devido a vários fatores, entre os quais: ser mulher numa época em que havia mais preconceitos que hoje; possuir um jeito reservado de expor suas ideias; sua maneira rigorosa de trabalhar; carência de um auxiliar eficaz ao seu trabalho; falta de ética de colegas que utilizaram alguns de seus dados sem sua devida autorização; sua morte precoce, dentre outros.

Nem sempre o trabalho dos cientistas é ressaltado como deveria na sala de aula, mas é importante compreender que ele possui características peculiares. Algumas destas características gerais são:

Ciência é um empreendimento humano, isto é, ela não é algo que existe à espera de ser descoberto, mas é produzida a partir de inúmeros procedimentos criados pela mente humana. Como tal, ela tem elementos de subjetividade e não conduz a verdades absolutas.

Ciência é motivada pela curiosidade de entender o mundo, isto é, ela existe a partir da elaboração de questões relevantes e da análise crítica das evidências disponíveis e das ideias produzidas para interpretá-las.

O principal objetivo da ciência é produzir conhecimento. Como os seres humanos, o mundo e os procedimentos para estudar cada um de seus aspectos estão em constante mutação, tanto o processo de construção de conhecimento quanto o seu produto – o conhecimento científico – são dinâmicos e não lineares (JUSTI, 2015, p.33).

Podemos perceber pela breve descrição histórica e epistemológica relativa à descoberta da estrutura da molécula de DNA que os detalhes devem ser considerados no intuito de colaborar para o processo de ensino e aprendizagem. A Ciência deve ser abordada de maneira adequada em sala de aula, afinal o trabalho científico é árduo e envolve diversos fatores. Cabe ao professor uma formação adequada, um preparo constante e aprimoramento para possibilitar esta abordagem.

1.3 A Diversidade de Conceitos para o Termo *Gene* no Ensino de Biologia

Um dos aspectos que permeiam o ensino de conteúdos dentro da Biologia é a utilização de termos diferentes para definição de um mesmo tópico. A polissemia de termos pode gerar muitas vezes um processo de ensino confuso ou distorcido. Os conceitos e definições de termos dentro do ensino de Biologia são primordiais no processo de aprendizagem. No entanto, esses termos são utilizados, na maioria das vezes, no contexto de ensino apenas com embasamento nos livros didáticos, sem buscar em outros referenciais as implicações e variância de sua aplicação.

Na busca pelo conceito de gene encontramos algumas proliferações do mesmo, sendo os principais:

conceito mendeliano—gene é uma unidade hereditária transmitida de geração parental para a progênie, no qual a definição envolve apenas a ideia relativa à hereditariedade e não faz menção a natureza molecular do mesmo, e também é superposto à concepção informacional de gene, quando faz referência à “informação”;

conceito molecular clássico – gene é uma sequência de DNA que codifica um produto funcional, que pode ser um polipeptídeo ou uma molécula de RNA, aqui a definição se encontra embasada na estrutura da molécula de DNA proposta por Watson e Crick, sem fazer

nenhuma menção aos aspectos hereditários do gene, tratando apenas daqueles aspectos estruturais e funcionais;

concepção informacional– *unidades portadoras de informação em sua sequência de bases, para produzir um polipeptídeo ou RNA*, que consideram os genes quanto a sua estrutura, função e também informação, usados no ensino de biologia molecular, celular e genética, em vários aspectos do contexto social e até no meio científico (JOAQUIM, 2009).

Joaquim (2009) também menciona alguns conceitos importantes envolvendo outras visões sobre o conceito de gene:

o **conceito instrumental** que se relaciona mais à biologia evolutiva e aos aspectos que buscam a previsão da expressão de fenótipos a partir de genótipos onde **gene (Gene P)** é *um determinador de fenótipos ou diferenças fenotípicas*, tal conceito é empregado em biologia evolutiva, no melhoramento genético e na genética de populações, dentre outras áreas;

o **conceito realista** que está mais relacionado ao desenvolvimento do organismo empregados na biologia molecular, genômica, genética do desenvolvimento e afins. De acordo com esse conceito, o **gene (Gene D)** é *um recurso desenvolvimental que é, em si mesmo, indeterminado quanto ao fenótipo* para o desenvolvimento do fenótipo outros recursos (ambientais e epigenéticos) merecem destaque;

o **conceito evolutivo** de gene especialmente empregado na biologia evolutiva como *qualquer trecho de DNA, começando e terminando em pontos arbitrariamente escolhidos no cromossomo, que compete com trechos alelomórficos pela região cromossômica em questão*;

o **conceito de gene molecular processual** que considera o fragmento de DNA envolvendo todo o processo da síntese de um polipeptídeo, estabelecendo como interdependentes a relação com a expressão gênica e o evento bioquímico. Neste conceito, *gene é um processo que inclui sequências de DNA e outros componentes, que participam na expressão de um produto polipeptídico ou um RNA particular*.

A partir do enfoque supracitado por Joaquim (2009) fica evidente que não existe uma limitação para o conceito de gene, segundo a mesma, não se faz necessário limitar um termo único e sim a contextualização e delimitação da aplicabilidade de cada termo, o que nem sempre fica evidente no ensino de Biologia e nos livros didáticos.

1.4 O Ensino das Ciências e a Formação Inicial de Professores

Existe uma forte influência no ensino tradicional das Ciências Naturais que possibilita encontrar, tanto nos livros didáticos quanto no discurso dos professores, as teorias científicas como estruturas prontas, acabadas e imutáveis (ALZATE, 2013). O fato é que, quando se busca a visão histórica e epistemológica do conhecimento científico, isto não se confirma. Podemos tomar como exemplo, a descrição anterior da história referente à proposta do modelo estrutural para a molécula de DNA. Por ela, pode-se perceber que a descoberta científica depende de fatos históricos referentes à época da pesquisa, e ainda que exista um aspecto coletivo permeado por erros e acertos.

A análise da obra do epistemólogo Mario Bunge evidencia um ponto destacado por ele como objetivo primordial da Ciência que é a produção de explicações para a realidade. A Ciência é uma forma organizada de nos fazer compreender o mundo. Mediante aos questionamentos que temos da realidade que nos cerca, a Ciência poderia exercer o papel de ser a fonte natural de muitas respostas que as pessoas buscam aprender para utilizar no cotidiano (CUPANI; PIETROCOLA, 2002).

Os estudantes, em sua maioria, não percebem que as teorias científicas podem gerar explicações para os fatos conhecidos que ocorrem cotidianamente. Alguns fatos como a cor do céu, a eletricidade atmosférica e os diferentes materiais que existem no mundo que nos cerca, nem sempre são devidamente abordados na escola. Explicações são dadas sob influência de crenças, mitos ou outras informações não científicas, quando os alunos deveriam ser incentivados a constatar que o conhecimento científico que se aprende na escola nos leva a interpretar o mundo que nos rodeia. Portanto, cabe ao professor evidenciar claramente aos discentes a integração existente entre a realidade que nos cerca e as explicações do conhecimento científico ensinado na escola (PIETROCOLA, 1999).

Mesmo estando em pleno século XXI, como mencionam Della Justina e Ferla (2006), percebemos que existe o distanciamento muito grande entre o ensino realizado nas escolas e aquele que deveria ser o efetivo, por isso, se faz necessária a implantação de propostas no intuito de viabilizar a aprendizagem satisfatória do conhecimento científico no ensino formal.

Para Marandino (2004), neste distanciamento entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar, existem contradições quando na escola são criadas formas de disseminar o conhecimento produzido por pesquisadores que podem ser incertas. Uma das contradições é que ao simplificar o conhecimento científico, que por si só é complexo, podem

ocorrer distorções nos conceitos, portanto sua simplificação deveria ser feita apenas por instituições produtoras do conhecimento; a outra forma viável para superar tal questão seria o resgate da escola como uma organização capacitada em seu papel de transmitir e socializar o conhecimento científico.

Ao se traçar a trajetória histórica do ensino das Ciências no Brasil é nítida a dominação do modelo tradicionalista que se baseia na memorização pelos estudantes do conteúdo científico “transmitido” pelos professores, com base em questionários, livros didáticos e aplicação de provas visando a promoção dos discentes às séries seguintes. O conhecimento científico foi tomado como neutro e inquestionável e somente a partir da década de 1970 surgiu a ideia da capacitação docente para uma linguagem científica e cultural capaz de possibilitar o ensino de conteúdos e desenvolver ainda, alguns componentes psicopedagógicos relacionados à sua atuação efetiva em sala de aula. O intuito era o de tornar possível o desenvolvimento das ideias dos estudantes em relação ao conhecimento científico. Já na década de 1980 surgiu a concepção de que o conhecimento escolar pode ser questionável, pois faz parte de um processo de ensino e aprendizagem em que o aluno é o centro. Na atualidade, observa-se que os aspectos relativos às pré-concepções científicas devem ser levados em consideração, pois o conhecimento científico está relacionado também às questões sócio-culturais (BAPTISTA, 2003).

A atualidade requer uma ação docente mais contextualizada. Para Baptista (2003) ser professor é assumir uma postura investigativa, o que requer momentos práticos reflexivos sobre o ensino que não é uma mera repetição dos conhecimentos. Pesquisas indicam que ainda prevalece a prática pedagógica do modelo tradicional de ensino, onde o discente continua como receptor passivo do conhecimento transmitido pelo docente (GUIMARÃES; ECHEVERRIA; MORAES, 2006; ALBERGARIA, 2010; MIGUEL et al., 2014).

Atualmente o ensino das Ciências, como a Biologia, não ocorre com a efetividade que deveria e certamente um pensamento de concordância entre professores e alunos é que falta contextualização dos conteúdos abordados, tornando-os abstratos e difíceis de serem aplicados no cotidiano. Uma forma de propor melhorias para tal questão é a busca dos docentes por estratégias de ensino que sejam prazerosas aos discentes durante sua realização (MEDEIROS; RODRIGUES, 2012). Existe assim, um distanciamento entre o que se ensina e o que é prático e necessário para a vida cotidiana para a maioria dos conteúdos abordados.

O docente em sua formação inicial precisa adquirir conhecimentos que possibilitem e instrumentalizem a tomada de uma postura diferente do tradicionalismo vigente, que por muito se encontra ultrapassado. Para Nascimento Junior e Souza (2009), o distanciamento

entre a teoria e a prática, é um problema que permeia a formação inicial e continuada. Na formação inicial, o professor aprende sobre a teoria que deve ser aplicada na sua prática. Geralmente há o entendimento que para ser formado, o licenciando necessita apenas estar bem fundamentado teoricamente em relação à Ciência a ser ensinada e a teoria pedagógica. Predebon e Del Pino (2009) confirmam que entre os graduandos de licenciatura permeia a concepção de que “ser professor é fácil”, basta apenas ter um bom domínio dos conteúdos a serem ensinados e usar algumas “técnicas pedagógicas”.

Quanto às carências que permeiam a formação docente e refletem no processo de ensino e aprendizagem fica evidente o que Predebon e Del Pino (2009, p.239) destacam em seu trabalho:

Repensar conteúdos e metodologias nos cursos de formação de professores considerando a inserção de práticas de caráter investigativo e construtivista por parte dos formadores pode resultar em uma mudança de postura e de atitude por parte dos estudantes quando docentes, sob o ponto de vista de que o mundo atual exige mais do que a interpretação de informações, exige também competências e habilidades ligadas ao uso dessas interpretações nos processos investigativos de situações problemáticas, objetivando resolvê-las ou minimizá-las.

As propostas que possam contribuir para a melhoria do ensino são sempre bem vindas na formação docente. Della Justina e Ferla (2006) ressaltam que uma das necessidades é a proposição de recursos didáticos que sejam facilitadores do ensino e aprendizagem visando a alfabetização científica e tecnológica. Isto consiste em fazer com que ocorra a tomada de consciência de que as teorias e modelos científicos para serem compreendidos necessitam de informações relacionadas ao contexto e finalidades no ato de sua invenção.

Uma análise referente ao ensino de Ciências permite o esboço de que num passado ainda recente, o aprendizado de ciências possibilitava “desvendar os segredos da natureza”, independente dos meios e dos aspectos que envolvem tal ensino. O principal objetivo estaria relacionado à “apreensão do conhecimento científico”, não importando sua vinculação com a realidade. Na atualidade, estudos evidenciam que os conteúdos científicos recebem um tratamento formal pelos professores, no qual os estudantes estão incluídos numa espécie de “jogo cujas regras e táticas são pertinentes ao contexto escolar” (PAZ et al., 2006). Como evidenciado por Paz et al. (2006), o ensino de Ciências foi e permanece descontextualizado.

A realidade atual do ensino de Ciências precisa ser repensada e sofrer ajustes que possibilitem à escola cumprir o seu papel de maneira efetiva. Para Marandino (2004), a escola é o local de produzir os “saberes”, e uma das opções de transformação que pode ocorrer com o conhecimento científico é a *Transposição Didática*. A autora cita como principal referência

para tratar a Transposição Didática, os trabalhos de Yves Chevallard³. O termo pode ser tratado como *teoria* ou como *conceito*.

A busca de compreensão sobre a Transposição Didática destaca que:

Segundo Chevallard, a Transposição Didática pode ser entendida como um processo no qual um conteúdo do saber, que foi designado como saber passível de ser ensinado sofre, a partir daí, um conjunto de transformações adaptativas, que o tornarão apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino (BATISTA FILHO et al., 2012, p. 73).

O processo de Transposição Didática é complexo por depender de alguns aspectos que envolvem a transformação do “saber sábio” ao “saber ensinado”. De acordo com Marandino (2004) para a construção do “saber ensinado” se toma como referência o “saber sábio” e também outros saberes que estão conectados às práticas sociais e que independem do saber acadêmico produzido pela comunidade científica.

Ao tratar das perdas que ocorrem durante a Transposição Didática, Batista Filho et al. (2012) diferem o saber escolar do ato científico em função da presença de algumas características. Primeiro, a *linguagem* escolar é diferente daquela utilizada pela Ciência e os cientistas. Segundo, a *forma de apresentação* do “saber sábio” produzido pela Ciência para a escola não consiste naquela onde o saber foi produzido, ou seja, são suprimidos os dados referentes ao contexto da descoberta, sua história, os problemas enfrentados pelos cientistas e sua relação com outros saberes, ele aparece na escola “despersonalizado e descontemporizado”. Terceiro, o *produtor do conhecimento* que, no currículo formal e no livro didático, é omitido dos conteúdos as referências históricas ou bibliográficas relativas ao local em que o saber sábio foi produzido. Isto, segundo os autores é uma estratégia ideológica defendida pelos autores dos livros didáticos que torna inviável ao professor e ao aluno chegarem às fontes em que o conhecimento científico foi produzido e, portanto, os tornam sujeitos à aceitação apenas daquilo que o livro traz e suas ideologias.

Segundo Marandino (2004), a teoria da Transposição Didática de Chevallard podem ser consideradas como discutível e contestável por alguns estudiosos devido as especificidades epistemológicas e a ligação que possui com o contexto matemático. Em outras áreas de ensino, a transposição poderia ser insuficiente já que cada área do conhecimento possui sua própria epistemologia. Além disso, a história da construção do conhecimento não é “linear”, tornando os saberes científicos diferentes uns dos outros (MARANDINO, 2004).

³Autor que estudou a didática da matemática e tem como trabalho de destaque o livro *La transposición didáctica: Del saber sábio al saber enseñado*, partindo do princípio de que o ensino de determinado conhecimento somente se torna possível se o mesmo sofrer certas “deformações” para se tornar ensinável (MARANDINO, 2004).

O conhecimento científico não é criado com o objetivo primordial de ser ensinável, por isso se faz necessária a Transposição Didática. De outra forma, o ensino não poderá ser satisfatório por faltar a compreensão de uma linguagem que é específica e técnica dos cientistas produtores do conhecimento. Tal Transposição Didática é realizada pelo currículo formal e livros didáticos e ainda, pelo “currículo em ação”, ou seja, pelo professor que faz intervenções durante a transmissão do conhecimento do currículo e do livro aos alunos (BATISTA FILHO et al., 2012). Este tipo de Transposição tem como responsável principal o professor. Os autores destacam ainda:

Assim sendo, o professor deve desenvolver algumas Competências Educacionais para fazer a transposição didática. Dentre elas estão o saber relacionar os conteúdos antigos com os atuais, articular os conteúdos de sua disciplina às demais; fazer uso de novas linguagens e tecnologias; planejar, incentivar e realizar situações didáticas; usar a contextualização de seus conteúdos; selecionar, produzir e utilizar recursos didáticos; utilizar estratégias diversificadas de avaliação da aprendizagem; fazer intervenção didática sempre que preciso for, e promover práticas educativas com temas voltados para aluno, comunidade e as necessidades do mundo atual (BATISTA FILHO et al., 2012, p.80).

Como descrito anteriormente, a Transposição Didática apresenta alguns pontos que exigem cuidados e atenção, mas consiste em uma necessidade do processo de ensino e aprendizagem. Desta maneira, a realização do processo de Transposição Didática pode ter a contribuição dos modelos didáticos como facilitadores na simplificação de assuntos complexos. Quinto e Ferracioli (2008, p.95) destacam que no contexto da busca de inovação educacional para o ensino de Ciências há a necessidade de promover a Transposição Didática a partir da “construção de modelos pedagógicos sobre conteúdos específicos do conhecimento científico”, assim deve ser promovida a integração de *modelos* e *modelagem* no ambiente escolar.

1.5 Os Modelos e a Modelagem no Ensino de Ciências

Para tratarmos sobre modelos e modelagem no ensino de Ciências, inicialmente verificamos que Cupani e Pietrocola (2002) destacam os trabalhos do epistemólogo Mário Bunge com a formulação da Teoria dos Modelos Científicos. Embora seja reconhecida no meio filosófico internacional, a obra de Bunge ainda não é percebida como deveria em outras áreas, o que dificulta o entendimento da importância de suas ideias para a solução de problemas relacionados à área didático-pedagógica.

A partir da visão de Mário Bunge sobre os modelos e sua finalidade na Ciência, a modelização visa o aprendizado da realidade, pois qualquer modelo científico pode se traduzir como uma maneira de incrementar a compreensão que se faz do mundo real. Da mesma maneira, tanto a Ciência quanto a modelização resultam de uma atividade criativa com mediação entre os seres humanos pela razão. E ainda, o ambiente escolar teria que apresentar atividades que tornassem possível transitar de um “real imediato” ao “real idealizado pela Ciência” (PIETROCOLA, 1999, p.224).

De acordo com Cupani e Pietrocola (2002, p. 109-113), para Bunge, a Ciência vai além da descrição do mundo. É ela que se torna a melhor estratégia inventada até o momento para dar uma resposta aos “porquês” dos fenômenos que existem na natureza. As teorias investigam o mundo e se tornam um modelo e não a realidade por completo. Devido à grande variedade de representação dos modelos, embora pareçam úteis, não podemos confiar totalmente neles, pois podem se reduzir a “metáforas sugestivas”.

Existe uma tendência promissora nos últimos anos, de acordo com Duso et al. (2013), em desenvolver para o ensino de Ciências atividades que já são aplicadas tradicionalmente nas disciplinas de física e matemática, envolvendo a modelização como um tipo de alternativa que conduza a uma maior reflexão, debate e participação ativa dos estudantes, durante o processo de aprendizagem. As atividades de modelização desenvolvidas em química e biologia apontam em sua maior parte para a construção de modelos representacionais.

Ao tratar do termo modelo no ensino de Ciências se verifica uma polissemia do mesmo (QUINTO; FERRACIOLI, 2008; DUSO et al., 2013), o que gera certa dificuldade quanto ao seu estudo e compreensão por possuir diversos sentidos e características, mas a história da Ciência evidencia a necessidade do ser humano de criar modelos como maneira de representar o mundo no qual está inserido. Alguns conceitos de modelo e modelagem segundo diversos autores é apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Conceito de modelo e modelagem na visão de alguns autores.

Autor	Conceito
Moreira, 1999	A teoria dos modelos mentais foi proposta por <i>Johnson-Laird</i> e tem como ponto central a ideia do modelo mental , que é “uma representação de alto nível que está no cerne psicológico da compreensão”. O aprendizado se dá pela construção de modelos mentais.
Cupani; Pietrocola, 2002	Modelagem é a forma de representação das teorias, um tipo de criação de um “objeto-modelo” da realidade estudada de maneira “convencional e aproximada”. Pode ser figurativa como um desenho ou diagrama, e/ou conceitual como um sistema de enunciados e equações.
Justi, 2006	Modelos são instrumentos mediadores entre a realidade e a teoria porque são autônomos em relação a ambos.
Quinto; Ferracioli, 2008	Modelo pode ser definido como a “representação de uma ideia, um objeto, um evento ou um sistema”. Modelagem é um jeito de representar ou construir de forma contínua a realidade de maneira artificial.
Paz et al. 2006 Duso et al. 2013	Modelos são a base fundamental das teorias e podem ser classificados em três categorias: modelo representacional , sendo a maneira de representar algo de forma tridimensional, como por exemplo, as maquetes; modelo imaginário usado para descrever como um objeto ou sistema seria se fossem atendidos alguns pré-requisitos, por exemplo, as ligações químicas e o modelo teórico , um conjunto de explicações sobre um objeto ou sistema, onde existe a possibilidade de descrição matemática do mesmo, por exemplo os ciclos biogeoquímicos. Modelização consiste na elaboração de modelos ou se refere a apropriar-se daqueles já elaborados e aceitos a partir de descrições matemáticas (modelos teóricos) DUSO et al.
Alzate, 2013	Modelos mentais são analogias estruturais do mundo real ou de situações imaginárias e são dinâmicos, incompletos, menos específicos ou pouco abundantes evoluindo de maneira permanente para se adaptar ao contexto. Modelos conceituais representam assuntos mais abstratos, e os modelos físicos que representam o mundo físico.

Os indivíduos para compreenderem o mundo que os cerca precisam fazer “representações mentais”. Estas “representações” essenciais para a compreensão da realidade se concretizam num modelo mental que passa a fazer parte do cognitivo individual do sujeito. O indivíduo que construiu um modelo mental pode fazê-lo por meio do conhecimento adquirido, mediante a expressão da linguagem ou pela formação da ideia; tal modelo não requer necessariamente perfeição, podendo ser remodelado constantemente. O aprendizado se dá pela construção de modelos mentais, o professor ensina a partir de modelos conceituais - produzidos com o intuito de fazer acontecer o processo de ensino e aprendizagem - visando que os alunos possam, a partir dos conceitos, elaborar seus próprios modelos mentais (MOREIRA, 1999).

O uso dos modelos e da modelização no ensino para Alzate (2013) consiste numa estratégia de qualificação do ensino de Ciências. Para que a qualificação possa ser potencializada é preciso identificar os obstáculos existentes diante da aprendizagem de conceitos. Esses obstáculos podem ser de cunho epistemológico, ontológico, cognitivo-linguístico e motivacional. Segundo o autor, a Figura 1 explica que a identificação dos modelos mentais dos estudantes tem como propósito central reconhecer os obstáculos que eles possuem diante da aprendizagem de conceitos ensinados pelos professores, de tal forma que se constituam em ponto de partida para a atuação dos docentes em sala de aula:

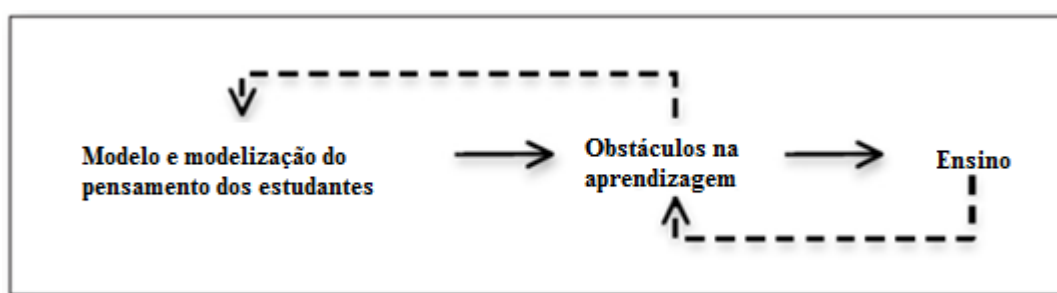


Figura 1 – Rota geral do processo de investigação.

Adaptado de ALZATE (2013, p. 3486)

Os modelos didáticos de acordo com Krasilchick (2004) são uma das estratégias de ensino de Ciências e Biologia mais utilizadas, servindo para interligar conteúdos, despertar o interesse dos alunos e explorar suas habilidades e competências. Os modelos funcionam evidenciando objetos tridimensionais, mas exige-se cuidado porque podem levar os alunos a entender que os modelos são uma maneira simplificada da realidade dos objetos ou dos processos. Um modelo pode ser utilizado de maneira a simplificar uma realidade científica, ampliando as possibilidades de ensino, mas o professor precisa deixar claro todo o processo abordado e aquilo que não foi abrangido pelo modelo. Por isso, durante o processo de aprendizagem é essencial que os discentes construam seus próprios modelos.

O ensino por modelos é ressaltado como vantajoso por diversos autores, entre os quais Vilhena et al. (2010). Esses autores destacam a metodologia como inovadora e que possibilita o aprendizado dos conteúdos considerados difíceis, por permitirem uma visualização mais próxima que leva o aluno a “refletir e assimilar” o conteúdo por meio do seu raciocínio individual.

A modelização no ensino de Ciências surge de acordo com Paz et al. (2006) para suprir uma carência do professor em proporcionar aos seus alunos uma melhor qualidade no

ensino, por isso, o docente utiliza maquetes, esquemas, e gráficos visando o fortalecimento das explicações sobre um determinado conceito e a melhor percepção da realidade por seus alunos.

De acordo com Justi (2006) são características que contribuem para a autonomia dos modelos: a construção dos modelos se dá pela mistura de elementos que existem tanto na realidade como na teoria; possuem funções diferentes e são instrumentos independentes daquilo que representam, mas se relacionam com o que representam de alguma forma; funcionam como instrumentos de investigação, pois ensinam algo sobre aquilo que representam; quando um modelo é construído se edifica uma estrutura representativa que desenvolve uma forma científica de pensar e quando utilizamos um modelo aprendemos sobre a situação que o mesmo representa.

Os modelos didáticos para Medeiros e Rodrigues (2012) são estratégias eficientes que possibilitam facilitar e aprimorar o processo de ensino e aprendizagem, pois podem ser confeccionados por um baixo custo e possuem a capacidade e eficiência de favorecer a assimilação dos conteúdos trabalhados.

No entanto, para Ferreira et al. (s.d.), a utilização de modelos por si não é suficiente para possibilitar a compreensão de conteúdos científicos. São necessárias algumas etapas e passos para a sua utilização adequada. Em alguns casos, um modelo não possui a capacidade de abrangência total dos aspectos relacionados a uma realidade mais complexa e, portanto é limitado. Nascimento Júnior e Souza (2009) também ressaltam o aspecto limitante de um modelo que apenas representa um fenômeno a ser estudado, e que por si só, nem sempre é suficiente para explicar o tema e resultar em aprendizagem.

Para a utilização dos modelos se faz necessário, de acordo com Della Justina e Ferla (2006), o planejamento e inclusão destes em uma metodologia que vise a formação de sujeitos com autonomia e críticos o suficiente para que sejam capacitados à edificar seu conhecimento individual.

O ensino de Ciências, de acordo com Cupani e Pietrocola (2002) possui como desafio fazer com que os modelos teóricos produzidos pela Ciência possam ser tomados como representações prediletas da realidade a partir da busca de cada indivíduo em seu patrimônio particular de conhecimento.

A promoção do entusiasmo em aprender determinado conteúdo, de acordo com Medeiros e Rodrigues (2012), deve ser consequência da utilização de modelos didáticos, esses devem ser confeccionados visando proporcionar certas aprendizagens e alcançar objetivos educacionais. Os modelos didáticos apresentam-se como uma opção eficiente na melhoria da

aprendizagem de conteúdos complexos, tornando-se neste contexto, não somente um finalizador, mas um mediador e condutor que facilita a compreensão de determinado conteúdo. Pietrocola (1999) defende a ideia de que a modelização funciona como elo mediador entre as teorias e os dados empíricos, pois as teorias sozinhas não são valiosas no contexto científico, por serem abstratas e prioritariamente desconectadas do real. Os dados empíricos se aproximam melhor da realidade só que ao serem colocados “em sistemas lógicos não podem gerar conhecimento”.

Para Justi (2006), as atividades com a modelagem possuem potencial que leva os estudantes a “fazer ciência”, “pensar sobre ciências” e “desenvolver o pensamento científico crítico”; de tal forma que a Ciência deixaria de ser apenas livresca passando a ser uma forma de atividade onde se estude os fenômenos de maneira ativa. Para isso, a autora destaca que o ensino deve ter como aspectos essenciais uma atmosfera de cooperação e participativa com mais tempo e recursos compatíveis.

Nascimento Júnior e Souza (2009), em trabalho realizado com professores na formação inicial, constataram que a utilização de modelos conduziu a resultados positivos. Os autores destacam como necessária a abordagem histórica e filosófica da Ciência durante o processo de construção do conhecimento científico, de modo que os discentes são capacitados a relacionar os modelos. Outro aspecto de destaque é que a utilização de modelos tridimensionais pode contribuir para o aprendizado do futuro docente em relação a conteúdos abstratos, no caso a Genética, onde existem dificuldades no aprendizado.

Os autores (op. cit.) ressaltam ainda que os modelos e a modelagem no ensino de Biologia apresentam destaque por facilitarem a aprendizagem, complementando as ilustrações dos livros didáticos e tornando possível manipular e visualizar estruturas. A modelização conduz os estudantes a considerar detalhes específicos dos modelos e como reproduzi-los da melhor maneira, levando a reforçar e revisar os conteúdos, além de proporcionar o desenvolvimento de habilidades artísticas. A aplicação desta metodologia com os docentes em formação conduziu a um “ambiente investigativo de formação” proporcionando espaços de reflexão, discussão e socialização sobre seu próprio aprendizado e as formas de ensino de tais conteúdos, concluem os autores.

Para que a utilização de modelos e modelagem seja positiva numa situação regular de sala de aula, é fundamental destacar a responsabilidade do professor para o processo de construção dos modelos. O docente deve escolher o momento adequado do ensino para introduzir esta estratégia, decidindo qual modelo será construído e com quais objetivos. É essencial conhecer o nível de conhecimento dos estudantes e comunicar com clareza todas as

etapas do processo de modelagem evitando que eles fiquem sem entender algum aspecto da atividade. Desta forma, torna-se possível ao docente, a avaliação da adequação dos modelos desenvolvidos pelos alunos como ponto de partida para a modelagem atual; a previsão de possíveis problemas ao se colocar em prática a atividade; e por fim a elaboração de questionamentos que auxiliem os estudantes a pensar criticamente sobre os modelos que produziram (JUSTI, 2006).

1.6 Modelos e Modelagem na Abordagem Construtivista

O ensino de Ciências com a utilização de modelos segundo Della Justina e Ferla (2006), tem sido destacado como importante e pode ser bem direcionado, se forem tomadas algumas precauções, pois, alguns fatores estão inter-relacionados, tais como a utilização adequada dos modelos, o emprego efetivo do construtivismo, uma abordagem epistemológica e a escolha adequada de conteúdos programáticos.

O processo de ensino e aprendizagem de Ciências apresenta muitas peculiaridades e de acordo com Justi (2006), a preocupação dos educadores e investigadores com esse processo têm crescido ultimamente. São muitas as investigações que apontam para a importância de serem considerados os conhecimentos prévios dos estudantes - adquiridos no cotidiano ou em anos escolares anteriores - no momento em que os professores selecionam os conteúdos de ensino e durante a proposição de metodologias de ensino para ensinar estes conteúdos.

O tipo de metodologia e outros aspectos se tornam evidentes no tipo de *modelo didático* que o docente desenvolve de maneira implícita ou de forma consciente. Guimarães, Echeverria e Moraes (2006) destacam, numa perspectiva histórica, os aspectos que permearam o ensino de Ciências de cunho *tradicional* em que são primordiais a transmissão e a memorização de informações; e o ensino de cunho *tecnológico* que enfatiza a instrumentalização e os procedimentos apropriados para alcançar certos objetivos de base construtivista. Os autores evidenciam que os modelos construtivistas possuem uma linha diferenciada, tanto na perspectiva científica como da aprendizagem, e que predominaram nas décadas de 1980 e 1990, levando a uma atuação extremamente ativa dos educandos. No entanto, sem fundamentação teórica, o papel do professor ficou indefinido.

O movimento construtivista causou uma impressão muito forte na educação científica, ao evidenciar o empirismo como desfavorável ao ensino, fato que transformou o direcionamento das investigações educacionais e contribuiu para destacar o papel do

indivíduo na construção do conhecimento. Isso levou à tomada de consciência quanto à consideração dos conhecimentos prévios do indivíduo na definição do currículo e das metodologias de ensino. Surgiram assim, alguns questionamentos relativos à máxima valorização da ideia de que o conhecimento envolve de maneira primordial a atividade do sujeito, prejudicando o papel importante dos fatores referentes ao mundo físico, que também colaboram para o processo de aprendizagem (PIETROCOLA, 1999).

O construtivismo é um enfoque teórico do processo de ensino e aprendizagem que enfatiza principalmente a cognição. Existem diversos teóricos que têm como base a corrente construtivista. Dentre as muitas teorias, a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel⁴ com a colaboração principal de Joseph Novak⁵ será enfatizada.

O conceito central da teoria de Ausubel é a *aprendizagem significativa*. Para Ausubel, a *aprendizagem consiste na* organização e integração de uma informação na estrutura cognitiva do indivíduo e para que a *aprendizagem seja significativa*, o novo conhecimento deve se relacionar com aspectos que possuem relevância na estrutura cognitiva do indivíduo que aprende. Nesse sentido, a aprendizagem significativa contrasta com a aprendizagem *mecânica* (memorização), pois nessa última, há pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, sendo armazenada de maneira arbitrária (MOREIRA; MASINI, 2001). Novak (apud MOREIRA, 1999) acrescenta que na aprendizagem significativa os conhecimentos anteriores do indivíduo ganham novos significados. O alerta é que nem sempre o que é significativo está “correto”, pois o educando poderá acrescentar novos conhecimentos de maneira significativa à sua estrutura cognitiva e os mesmos podem não estar corretos ao professor e à comunidade de usuários de tal conhecimento (MOREIRA, 1999).

Analisando os aspectos necessários para uma aprendizagem significativa, Moreira (1999) descreve:

Ausubel, por outro lado, recomenda o uso de *organizadores prévios* que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa (MOREIRA, 1999, p.155).

⁴David P. Ausubel foi professor emérito da Universidade de Columbia em Nova Iorque, médico psiquiatra de formação, mas dedicou sua carreira à psicologia educacional, quando se aposentou voltou à psiquiatria.

⁵Josep D. Novak, professor de Educação da Universidade de Cornell, após Ausubel se aposentar foi quem passou a elaborar, refinar e divulgar a Teoria da Aprendizagem Significativa.

De acordo com a descrição anterior, os organizadores prévios devem servir de elo entre o conhecimento que o aprendiz já possui e o que almeja atingir. Ausubel considera como fator cognitivo primordial no processo de instrução a estrutura cognitiva do aprendiz no instante da aprendizagem. Esta estrutura é induzida pela apresentação de conceitos e princípios e também pela utilização de métodos adequados. Quando trata de aprendizagem significativa, Novak conforme Moreira (1999) estabelece alguns princípios importantes que a direciona, dentre os quais destacamos:

[...] Normalmente se coloca como condições para a aprendizagem significativa: 1) predisposição para aprender, ou seja, o aprendiz deve manifestar a intenção de dar significado ao novo conhecimento e de relacioná-lo de maneira não literal e não-arbitrária a algum aspecto de seu conhecimento prévio; 2) ‘materiais potencialmente significativos’ quer dizer que tais materiais têm significado lógico e que o aprendiz tem uma estrutura cognitiva adequada (conhecimento prévio relevante para a nova aprendizagem) para aprender, de maneira significativa, o novo conhecimento; 3) acrescente-se aqui o que o aprendiz deve perceber alguma relevância no novo conhecimento, para, então, manifestar a disposição para aprender (MOREIRA, 1999, p.172).

Moreira (1999) destaca que o processo de aprendizagem significativa possui cinco elementos básicos que são: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação. O autor postula que para acrescentar novos significados já aceitos no contexto à estrutura cognitiva do educando, levando-o a uma mudança conceitual, o ensino deverá ser planejado para tal finalidade e conter metodologias facilitadoras da aprendizagem significativa com instrumentos avaliativos que tornem viável essa aprendizagem.

Para que ocorra a aprendizagem significativa Ausubel (1982 apud PRAIA, 2000) destaca dois fatores primordiais que são a “disposição do aluno para aprender e o material didático desenvolvido”. Assim, o processo de ensino e aprendizagem deve envolver uma “relação triádica entre aluno, docente e material educativo, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino” (AUSUBEL; GOWIN apud MOREIRA, 2013, p.03). A teoria ausubeliana evidencia ainda, que “o conhecimento prévio do aluno” é a variável que mais influência a aprendizagem significativa, “é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento” (AUSUBEL; GOWIN apud MOREIRA, 2013, p.03).

Em relação ao conhecimento prévio do aluno, Praia (2000) destaca que o que já se encontra na estrutura cognitiva do estudante é o que existe de mais importante na aprendizagem, pois é a partir das ideias - âncora que novos conhecimentos podem ser acrescentados ou ampliados. Segundo o autor, na teoria ausubeliana se não houver subsunçores é essencial que

através da aprendizagem mecânica sejam introduzidas as primeiras ideias gerais e básicas sobre o conteúdo de ensino. Na medida em que houver a ancoragem do conhecimento prévio, nova estruturação ocorrerá substituindo a aprendizagem mecânica pela significativa.

O professor pode influenciar o processo de aprendizagem significativa, através da demonstração ao aluno da aplicabilidade e relevância do conteúdo ensinado, e ainda, organizar a proposição do conteúdo partindo sempre do mais simples para o mais complexo. “O professor é o organizador do ensino, provedor de situações potencialmente significativas e mediador da captação de significados de parte do aluno” (VERGNAUD; GOWIN apud MOREIRA, 2013, p. 03).

O ensino de Ciências, segundo Pietrocola (1999), deve ter a contribuição efetiva do construtivismo, mas acompanhado de um aporte epistemológico com embasamento no uso de *modelos* e conexão com o complexo mundo físico. Desse modo, a partir de um planejamento adequado do processo de ensino e aprendizagem, os *modelos* podem ser considerados um “material potencialmente significativo”. Sobre este tipo de material cabe destacar:

Material Potencialmente Significativo: o significado está nas pessoas, não nas coisas. Então, não há, por exemplo, livro significativo ou aula significativa, no entanto, livros, aulas, materiais instrucionais de um modo geral, podem ser potencialmente significativos e para isso devem ter significado lógico (ter estrutura, organização, exemplos, linguagem adequada, enfim, serem aprendíveis) e os sujeitos devem ter conhecimentos prévios adequados para dar significados aos conhecimentos veiculados por esses materiais (MOREIRA, 2013, p. 10).

Cabe ao professor, na busca por uma aprendizagem significativa e eficaz, a procura por inovações metodológicas que possam contribuir com seus objetivos de ensino. A utilização de modelos e modelagem no ensino de Ciências é promissora para alcançar tal finalidade.

1.7 Referências:

ALBERGARIA, Danilo. Pensando criticamente as novas abordagens de ensino. **Com Ciência**: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico, Campinas, n.115, 2010.

ALZATE, Óscar Eugenio Tamayo. Modelos y Modelización em La Enseñanza y El Aprendizaje de las Ciencias. **IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**. Girona, 2013. Disponível em

<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/308487/398501>. Acessado em: 02/05/2017.

BATISTA FILHO, Agdo Régis; GOMES, Edilson Barroso; KALHIL, Josefina Diosdara Barrera; CARVALHO, Luís Alberto Mendes de; CARVALHEIRO, Juciane dos Santos. Transposição Didática no Ensino de Ciências: Facetas de uma Escola de Campo de Parintins/AM. **Revista ARETÉ**, v.5 n.8, p.71-82, 2012.

BAPTISTA, Geilsa Costa Santos. A Importância da Reflexão Sobre a Prática de Ensino para a Formação Docente Inicial em Ciências Biológicas. **Revista Ensaio**, v. 5, n. 2, out., p. 04-12. 2003.

CUPANI, Alberto; PIETROCOLA, Maurício. A Relevância da Epistemologia de Mario Bunge para o Ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, número especial, 2002, p.100-125.

DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida. FERLA, Marcio Ricardo. A Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Genética – Exemplo de Representação de Compactação do DNA Eucarioto. **Arq. Mudi**. Maringá, v. 10, n.2, p. 35-40, 2006.

_____, Lourdes Aparecida. **Ensino de genética e conceitos relativos à hereditariedade**. Dissertação (Mestrado em Educação) Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

DELIZOICOV, Nadir Castilho. **O Movimento do Sangue no Corpo Humano: História e Ensino**. 2002. Tese (Doutorado em Educação – Ensino de Ciências Naturais) – Centro de Ciências da Educação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

DUSO, Leandro; CLEMENT, Luiz; PEREIRA, Patrícia Barbosa e ALVES FILHO, José de Pinho. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. Belo Horizonte: **Revista Ensaio**, v. 15, n. 02, p. 29-44, maio-ago, 2013.

FERREIRA, Louise Brandes Moura; GUIMARÃES, Zara Faria Sobrinha; GUIMARÃES, Eliane Mendes; FRANCO, Ludmila Soares. **O papel dos modelos na formação de**

licenciados em Ciências Biológicas: uma investigação do tipo professor pesquisador. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/CR2/p853.pdf>. Acesso em 02/05/2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GRIFFITHS, Anthony J.; WESSLER, Susan R.; CARROLL, Sean B. **Introdução à Genética**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

GUIMARÃES, Gislene Margaret Avelar; ECHEVERRIA, Agustina Rosa; MORAES Itamar José. Modelos Didáticos no Discurso de Professores de Ciências. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.3, p. 303-322, 2006.

JOAQUIM, Leyla Mariane. **Genes: questões epistemológicas, conceitos relacionados e visões de estudantes de graduação**. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências), Programa de Pós Graduação em Ensino, Universidade Federal da Bahia; 2009. Disponível em <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/16041>. Acesso em 24 de março de 2017.

JUSTI, Rosária. La Enseñanza de Ciencias Basada em La Elaboración de Modelos. **Revista Enseñanza de Las Ciencias**, v.24, n.2, p. 173-184.2006.

_____. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.17 n. especial, p. 31-48, nov., 2015.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: EDUSP, 2004.

MARANDINO, Martha. Transposição ou Recontextualização? Sobre a Produção de Saberes na Educação em Museu de Ciências. **Revista Brasileira de Educação**, n. 26, p.95-183, 2004.

MEDEIROS, Karen Cristina Rodrigues; RODRIGUES, Flávia Melo. Análise da Eficiência do Uso de Um Modelo Didático para o Ensino de Citogenética. **Revista Estudos**, v. 39, n.3, p. 311-319. Goiânia, 2012.

MIGUEL, Kassiana da Silva et al. A abordagem didático-investigativa no ensino médio: um estudo acerca do DNA. **ETD – Educação Temática Digital**, v. 16, n.2, p. 327-345, Campinas, S/P, maio/ago. 2014. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/download/1322/1337>. Acesso em 15 de julho de 2017.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo-SP, Editora Pedagógica e Universitária – E.P.U, 1999.

_____. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>. Acesso em 02 de maio de 2017.

_____; MASINI, Elcie F. Salzaro. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro, 2001.

MUNFOR, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1 p. 72-89, 2007.

NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio Fernandes; SOUZA, Daniele Cristina de. A Confeção e Apresentação de Material Didático-Pedagógico na Formação de Professores de Biologia: O que diz a Produção Escrita? **VII Encontro Nacional de pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1218.pdf>. Acessado em: 02/05/2017.

PRAIA, João Félix. Aprendizagem significativa em David Ausubel: contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidência no ensino. In: NOVAK, Joseph D.; MOREIRA, Marco António; VALADARES Jorge A.; CACHAPUZ, Antonio F.; PRAIA, João Félix, MARTINEZ, Rubén Darío; MONTERO, Yolanda Haydeé; PEDROSA, Maria Eugênia. **Teoria da Aprendizagem Significativa Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**. Peniche, 2000. Cap. 05, p. 121-134.

PAZ, Alfredo Müllen da; ABEGG, Ilse; ALVES FILHO, José Pinho; OLIVEIRA, Vera Lúcia Bahl de. Modelos e Modelizações no Ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Revista Ensaio**, v. 08, dez. de 2008.

PFEUTZENREITER, Márcia Regina. A Epistemologia de Ludwik Fleck como Referencial para a Pesquisa no Ensino na Área de Saúde. **Revista Ciência e Educação**, v. 8, n.2, p.147-159, 2002.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: O Realismo Científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências através de Modelos. **Revista Investigações no Ensino de Ciências**, v. 4, n.3, p. 213-227. Florianópolis, 1999.

PREDEBON, Flaviane; DEL PINO, José Cláudio Del. Uma Análise Evolutiva de Modelos Didáticos Associados às Concepções Didáticas de Futuros Professores de Química Envolvidos em um Processo de Intervenção Formativa. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n.2, p. 237-254, 2009.

QUINTO, Thalita; FERRACIOLI, Laércio. Modelos e Modelagem no Contexto do Ensino de Ciências no Brasil: Uma Revisão de Literatura de 1996-2006. **Revista Didática Sistêmica**, v. 8, p.80-99, 2008.

ROLDÃO, Maria do Céu. Função docente: natureza e construção do conhecimento profissional. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 34, jan/abr. 2007.

SHEID, Neusa Maria Joh; FERRARI, Nadir; DELIZOICOV, Demétrio. A Construção Coletiva do Conhecimento Científico sobre a Estrutura do DNA. **Revista Ciência e Educação**, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

_____. A Proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a história da Ciência pode contribuir para o ensino de Genética. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2003. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL021.pdf>. Acesso em 06/01/2017.

SNUSTAD, D. Peter; SIMMONS, Michael J. **Fundamentos de Genética**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

VILHENA, Nariane Quaresma; PONTES, Altem Nascimento; PEREIRA, Andreza Stephanie de Souza; BARBOSA, Camilo Veríssimo de Oliveira; COSTA, Verena Melo da. Modelos didático-pedagógicos: estratégias inovadoras para ensino de biologia. **II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Artigo 196. Universidade do Estado do Pará, 2010. Disponível em: <http://www.sinect.com.br/anais2010/artigos/EB/196.pdf>. Acessado em: 02/05/2017.

CAPÍTULO 2. A UTILIZAÇÃO DO MODELO DIDÁTICO SOBRE CONTEÚDOS DE GENÉTICA JUNTO A PROFESSORES EM FORMAÇÃO INICIAL

A partir do pressuposto de que os *modelos* representam materiais potencialmente significativos e a modelagem uma estratégia efetiva no processo de ensino de Ciências, surge a proposta de utilizar esses recursos como metodologia de ensino de conteúdos de difícil compreensão, como é o caso de alguns conteúdos de Genética, na formação inicial de professores de Ciências.

A escolha da temática com a qual o modelo se relaciona pode ser justificada pela necessidade de entendimento do conceito do DNA, assunto amplamente veiculado pela mídia, perpassando distintas esferas da sociedade. Dentre os diversos aspectos relacionados à sociedade podemos citar: casos que envolvem a polícia e o sistema judiciário (teste de paternidade e identificação pessoal, por exemplo); arqueologia (estudo da origem de espécies, gravação do código genético de espécies de seres vivos); medicina (teste genético pré-natal, terapia gênica, por exemplo); e botânica (produção de alimentos geneticamente modificados). Devido ao envolvimento de várias possibilidades da utilização do DNA no dia a dia tanto de forma individual, como de maneira coletiva, são necessárias investigações que visem a abordagem do ensino deste “conceito biológico” (MIGUEL et al., 2014).

2.1 Dificuldades e Desafios no Ensino de Conteúdos de Genética

O processo de ensino e aprendizagem de alguns conteúdos em Biologia traz muitas implicações e desafios, tanto para quem ensina quanto para quem aprende. Existem alguns conteúdos que possuem relevância por serem a base de muitos conhecimentos dentro do ensino de Biologia, como por exemplo, os assuntos relacionados aos ácidos nucleicos e o controle do funcionamento da célula, as divisões celulares e a transmissão de características hereditárias. Em relação ao ensino de genética, Della Justina (2001) ressalta que para a compreensão de assuntos relacionados à hereditariedade é necessário ter embasamento teórico prévio de conhecimentos que demonstrem a relação entre “células, cromossomos, genes, ácidos nucleicos e relevância das proteínas dentro de um indivíduo”. Estes conteúdos se constituem como base fundamental para a compreensão da “herança genética”, e usualmente

os mesmos estão distribuídos separadamente no currículo do ensino médio com lacunas de meses e até anos entre um e outro.

A partir de uma investigação feita por Lewis et al. (2000) com jovens de 14-16 anos acerca dos genes e suas relações com as características hereditárias, bem como a compreensão destes em relação a conceitos de genética, ficou evidente que mesmo após finalizar a educação científica básica, a maioria, apesar de ter uma noção geral razoável sobre genética, ainda não apresenta uma compreensão básica do que é um gene, onde poderia ser achado e como se relaciona com as outras estruturas. Existe distorção do conhecimento que é visto no ambiente escolar. Na maioria das vezes, os conteúdos são apresentados sem conexão com o cotidiano dos alunos de forma fragmentada e descontextualizada, ocasionando o comprometimento da qualidade e efetividade do processo de ensino e aprendizagem (KRASILCHIK, 2004).

A partir da falta de compreensão da relação que existe entre o gene (como fragmento de DNA com local específico no cromossomo) e a transmissão da informação genética que esse gene transmite (que determina a informação precisa do produto do gene), fica inviável o entendimento efetivo dos tópicos relacionados à herança dentro do ensino de Genética. Em consequência disso, o estudante dificilmente compreenderá o conceito de alelos e a relação direta dos mesmos na transmissão de características entre os indivíduos, conduzindo os estudantes a ideias desconectadas e a compreensão de todo o processo ficaria comprometida. Portanto, para o entendimento dos aspectos gerais de genética, é primordial a compreensão prévia e concreta do que é um gene; onde se encontra (localização física – tecido - órgão – célula-cromossomo – DNA); e a expressão das informações contidas nestes genes (DELLA JUSTINA, 2001, p. 94).

Com o intuito de evidenciar a importância do uso de modelos didáticos como recurso metodológico para o ensino de Genética na formação inicial de professores ocorreu a aplicação de um modelo didático aos licenciandos. A aplicação se deu a partir de aula expositiva dialogada sobre o conteúdo referente ao processo de replicação, transcrição e tradução do DNA com os docentes em formação inicial.

O processo de replicação da molécula de DNA é importante na formação de moléculas novas de DNA que irão compor as células que serão originadas. Para compreensão do processo de replicação é possível fazer uma analogia da molécula de dupla hélice de DNA com um zíper que se abre para que as bases de cada segmento possa se parear com nucleotídeos livres. Cada base exposta irá fazer pareamento apenas com a sua base complementar. Assim, adenina (A) irá se parear com timina (T) e guanina(G) com citosina

(C). Cada filamento da molécula irá servir como um “molde” direcionando a formação da cadeia de bases que irão constituir a nova dupla hélice similar a original. Em geral, cada molécula-filha é constituída por uma cadeia de nucleotídeos antiga e uma nova que são complementares, por isso, esse modo de replicação proposto por Watson e Crick é denominado de “replicação semiconservativa” (GRIFFITHS; WESSLER; CARROLL, 2011).

Para Snustad e Simmons (2013) o “dogma central da Biologia” é que os dados armazenados na molécula de DNA são passados para a molécula de RNA durante o processo de transcrição e para as proteínas no processo de tradução.

Sobre a definição do processo de transcrição:

A primeira etapa da transferência da informação do gene para a proteína é produzir um filamento de RNA cuja sequência de bases é complementar à sequência de bases de um segmento de DNA, às vezes seguido de modificação desse RNA para prepará-lo para seus papéis específicos. Assim, o RNA é produzido por um processo que copia a sequência de nucleotídeos do DNA. Como esse processo é reminescente da transcrição (cópia) de palavras escritas, a síntese do RNA é chamada de **transcrição**. O DNA é dito sendo transcrito em RNA, e o RNA é chamado de **transcrito** (GRIFFITHS; WESSLER; CARROLL, 2011, p. 257).

O processo de transcrição é caracterizado como semelhante àquele que ocorre na replicação do segmento de DNA. A diferença básica é que apenas um dos filamentos da molécula dupla de DNA atua como molde. Também os ribonucleotídeos que foram sintetizados possuem as bases que são complementares assim como no DNA com exceção da timina (T) que no RNA é substituída pela uracila (U). Portanto, a sequência de bases da molécula de RNA é similar ao filamento de DNA que não serviu de molde exceto que as bases timina serão substituídas no RNA por uracilas (GRIFFITHS; WESSLER; CARROLL, 2011).

Quanto ao processo de tradução que ocorre nos ribossomos, a sequência de nucleotídeos da molécula de RNA será transformada em uma sequência específica de aminoácidos de uma proteína, de acordo com as especificidades do código genético. Esse processo possui as fases de: *iniciação* onde o primeiro aminoácido é colocado na cadeia polipeptídica da proteína; *alongamento* em que há adição de vários aminoácidos na cadeia do polipeptídeo; por fim, a fase de *finalização* em que proteínas denominadas “fatores de liberação” reconhecem um dos três códons finalizadores da cadeia protéica e terminam a formação da nova molécula de proteína (SNUSTAD; SIMMONS, 2013).

O modelo didático referente à Genética foi introduzido na formação inicial de professores para que a partir da instrumentalização do conhecimento sobre esta metodologia e suas possibilidades, os licenciandos possam vir a fazer o uso desses recursos em sua prática.

Assim, a aplicação do modelo didático aos licenciandos objetivou evidenciar a importância de modelos didáticos como recurso metodológico para o ensino de Genética na formação inicial de professores.

Outro intuito desta aplicação foi o de avaliar os resultados obtidos antes e após a aplicação de um modelo didático sobre conteúdos de Genética para licenciandos do Curso de Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Superior em Goiás

2.2 Metodologia

2.2.1 Os Sujeitos da Pesquisa

A amostra de sujeitos foi composta por 25 acadêmicos matriculados e frequentes, do 4º ano de Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Superior (IES), no município de Porangatu, Goiás. Entre os alunos participantes apenas um não respondeu o pós-questionário participando apenas do início da intervenção e depois se ausentou da mesma, por isso, concluímos que o mesmo desistiu de participar desta etapa da pesquisa e apenas 24 participações foram analisadas.

A intervenção foi incluída como parte do trabalho desenvolvido pela professora e pesquisadora durante a execução do planejamento da disciplina de Orientação para a Prática de Ensino de Biologia. A ementa desta disciplina contempla desde o estudo de métodos e técnicas de ensino, planejamento, seleção e produção de material didático, projetos e eventos dentre outros aspectos da prática docente; até uma reflexão sobre tal prática pedagógica e o perfil do licenciado que se quer formar. Com uma carga horária de 66 horas/aulas anuais, são ministradas duas aulas semanais e no intuito de se trabalhar a utilização de modelos didáticos e a modelagem como recurso didático para o ensino de Genética é que se deu a aplicação do modelo didático.

Consideramos a validade do estudo relevante por tomar como amostra um percentual superior a 10% do total da população de estudantes que cursam a graduação de Licenciatura na IES pesquisada em Porangatu, Goiás.

2.2.2 O Modelo Utilizado

O início da pesquisa ocorreu por meio de aula dialogada onde foi feita a exposição teórica sobre o conceito de modelo e modelagem, suas vantagens, pontos de atenção, tipos de

modelos e sua aplicação no ensino de conteúdos diversificados. Em seguida foi proposta a intervenção junto aos acadêmicos, que aceitaram a participação e contribuição para a pesquisa a ser desenvolvida.

A intervenção envolveu a aplicação de um mesmo questionário composto de dez questões, antes (Pré-teste) e após (Pós-teste), uma aula expositiva explicativa dialogada sobre Genética envolvendo os processos de Replicação, Transcrição e Tradução do DNA com a utilização de um modelo didático.

O modelo didático utilizado na intervenção foi idealizado e construído pela professora pesquisadora quando trabalhou como professora de Biologia do ensino médio em uma escola da rede particular de ensino. Sua construção aconteceu mediante a necessidade de explanação mais eficaz de um assunto tão abstrato e complexo aos estudantes. A partir de imagens comumente encontradas em livros didáticos de biologia das fitas de DNA e RNA se concretizou a ideia da construção do *modelo* a partir de materiais simples e com baixo custo.

A ideia principal para a construção da molécula de DNA do modelo pode ser observada a partir do seguinte detalhamento contido em um livro didático:

Imaginemos que a dupla hélice é análoga a um zíper que se abre, começando em uma ponta. Podemos ver que, se essa analogia com o zíper é válida, a deslicoidização dos dois filamentos irá expor as bases em cada filamento. Cada base exposta tem o potencial para parear com nucleotídeos livres na solução (GRIFFITHS; WESSLER; CARROLL, 2011, p. 234).

O modelo construído consiste em duas fitas de DNA deslicoidado feitas a partir de papel colorido e fita crepe. As bases nitrogenadas foram construídas com papel colorido em quatro cores representando as quatro bases específicas do DNA (timina, adenina, citosina e guanina). Cada retângulo de papel possui extremidades com formato que se encaixam visando enfatizar a complementaridade das bases nucleotídicas, esses retângulos possuem as iniciais de cada base escritas com pincel. Eles são presos na extremidade não encaixável por um pedaço contínuo de fita crepe. Ao ser comparado com a analogia do zíper supracitada anteriormente, temos as laterais do zíper representadas pela fita crepe e as peças metálicas e encaixáveis do zíper representadas pelos retângulos de papel colorido com extremidades complementares.

Durante o processo de transcrição, a molécula de DNA transfere suas informações possibilitando a construção de moléculas de RNA. Existem cinco tipos de moléculas de RNA, aqui destacaremos apenas aquelas que entram na constituição principal do modelo: *RNA mensageiro* (RNAm) que possui a sequência de nucleotídeos que serão convertidas em aminoácidos na proteína; *RNA transportadores* (RNAt) que atuam como “adaptadores entre

os aminoácidos e os códons do RNAm” durante a tradução; *eRNA ribossômicos* (RNAr) que constituem os ribossomos “máquinas” onde ocorrem a síntese protéica. Os outros dois tipos de RNA são os pequenos RNA nucleases e os micro RNA (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 263).

A fita de RNAm que compõe o modelo foi construída basicamente da mesma maneira que o DNA. As diferenças básicas são a composição por apenas um segmento, enquanto no DNA são dois e também com quatro cores de papel colorido. Uma cor de papel é diferente para figurar a base nitrogenada uracila (U), que é específica do RNA. A base nitrogenada timina (T) é substituída por esta aqui no RNA, portanto uma das cores utilizadas para construção da molécula de DNA não aparece no RNA e vice-versa.

Existem cinco moléculas de RNA transportador como parte do modelo. Estas moléculas possuem uma estrutura de papel branco onde ficam presos por fita crepe três retângulos coloridos de papel evidenciando os anticódons. Também foi feito um protótipo que representa um dos três fatores de término. A finalização de uma cadeia protéica acontece quando segundo Snustad e Simmons (2013) um dos três códons de terminação de uma cadeia de polipeptídeos (UAA, UAG ou UGA) entra no sítio aminoacil do ribossomo e é reconhecido por proteínas solúveis denominadas “fatores de liberação”. O fator de término representado no modelo envolve o formato de retângulo com encaixe para o códon UAG.

Cinco pequenos círculos de papel branco com as iniciais dos aminoácidos metionina (Met.), serina (Ser.), arginina (Arg.), isoleucina (Iso.) e prolina (Pro.) representam os aminoácidos no modelo didático.

Para Griffiths; Wessler e Carroll (2011, p. 277) “uma proteína é um polímero composto de monômeros chamados de aminoácidos”. Os autores destacam que as proteínas são importantes na determinação da “forma e função” biológica, pois:

Essas moléculas influenciam muito a forma, cor, tamanho, comportamento e fisiologia dos organismos. Como os genes funcionam codificando proteínas, a compreensão da natureza das proteínas é essencial para compreender a ação gênica (GRIFFTHS; WESSLER; CARROLL, 2011, p.277).

No intuito de melhorar e acrescentar maiores detalhes ao modelo anteriormente construído pela professora pesquisadora foi adicionado ao conjunto o modelo intitulado “*Síntese de Proteínas*” da autora Myriam Krasilchick (1986 p. 45) com algumas adaptações. O material serve para mostrar o mecanismo da síntese de proteínas que ocorre nos ribossomos. Acatando a sugestão de alguns participantes desta pesquisa o modelo da autora (op. cit.) sofreu alguns ajustes incluindo os sítios de interação.

Segundo Griffiths; Wessler e Carroll (2011, p. 286), o local da síntese de proteínas é o ribossomo, após a associação dele com os RNAs transportadores e RNAm ocorre a tradução da “sequência de códons de nucleotídeos do RNAm em uma sequência de aminoácidos na proteína”. Sobre os ribossomos é válido destacar a seguinte analogia:

Os ribossomos podem ser comparados a bancadas de trabalho completas, com as máquinas e as ferramentas necessárias para produzir um polipeptídeo. Eles são inespecíficos, já que podem sintetizar qualquer polipeptídeo (qualquer sequência de aminoácidos) codificado por uma molécula específica de RNAm, até mesmo pelo RNAm de outra espécie. Cada molécula de RNAm é traduzida simultaneamente por vários ribossomos, com conseqüente formação de um poliribossomo ou polissomo (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 298).

No ribossomo existem os sítios principais onde ocorre a interação entre RNAm e os RNAs transportadores durante a tradução:

O **sítio A** (para aminoacil) liga um aminoacil-tRNA que chega junto com o anticódon correspondente ao códon do sítio A da subunidade 30S. À medida que continuamos no sentido 5' do mRNA, o códon seguinte interage com o anticódon do tRNA no **sítio P** (para peptidil) da subunidade 30S. O tRNA no sítio P liga-se à cadeia polipeptídica crescente, parte da qual entra em uma estrutura tipo túnel da subunidade 50S. O **sítio E** (de saída, *exit*) contém um tRNA desacilado (ele não leva mais um aminoácido) que está pronto para ser liberado do ribossomo (GRIFFTHS; WESSLER; CARROLL, 2011, p. 286).

No ribossomo adaptado do molde apresentado por Krasilchick (1986), foram acrescentados os três sítios de interação. Desta maneira, além das duas fitas de DNA, a fita de RNAm, os cinco RNAt, o fator de término e os cinco aminoácidos; o modelo conta também com um ribossomo feito em papel pardo e papel colorido simbolizando os três sítios com cores diferentes. Nas laterais existem aberturas por onde se encaixa a fita de RNAm durante a síntese protéica.

Todos os componentes do modelo (Figura 2) terão melhor detalhamento em relação a dimensões e qualquer outra caracterização no Capítulo 4 no qual é apresentada a proposta de oficina pedagógica.

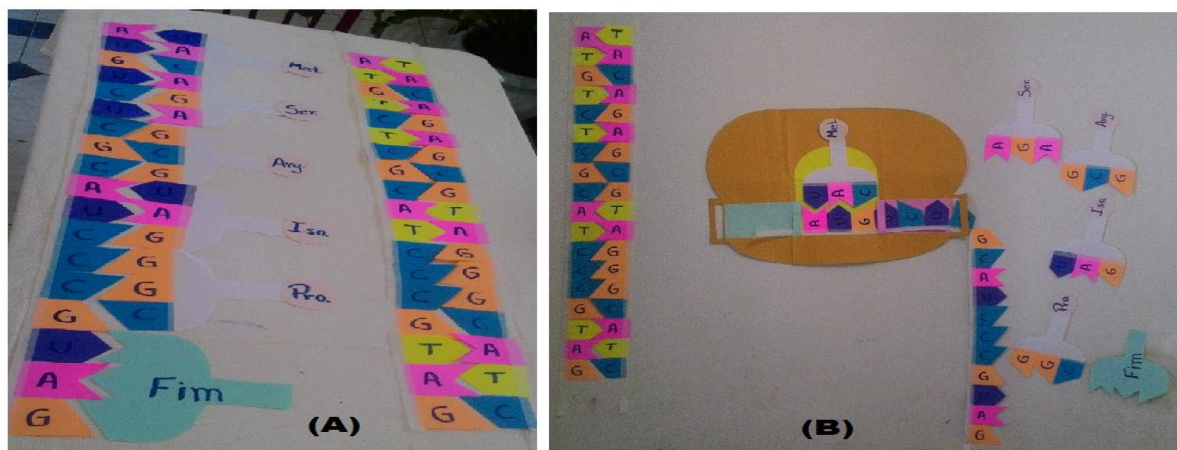


Figura 2– Modelo didático utilizado na intervenção junto aos licenciandos do Curso de Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Superior no município de Porangatu, Goiás. (A) Representação das moléculas de DNA, RNA mensageiro, RNA transportador e aminoácidos. (B) Representação do momento da leitura da fita de RNA mensageiro pelo ribossomo na síntese protéica. Fonte: A autora (2017).

2.2.3 Instrumento para a Coleta de Dados

O instrumento utilizado para a coleta de dados referente a aplicação do modelo aos licenciandos foi o questionário (Apêndice 1). Em relação ao questionário, Gil (2007, p.128) afirma que é um instrumento de investigação constituído por uma quantidade de questões maior ou menor que são apresentadas por escrito ao indivíduo, com objetivo de conhecer sua “opinião, crenças sentimentos, interesses, expectativas, situações vivenciadas, etc.” A coleta de dados aconteceu a partir da aplicação de um mesmo questionário (pré e pós-teste) visando buscar as concepções que os acadêmicos trazem sobre o conceito do termo *gene* e *informação biológica* descritos a seguir, as dificuldades relativas a estes conceitos, e também a relação entre os processos de *replicação, transcrição e tradução do DNA*.

O conceito do termo *gene* tomado como referência neste estudo foi principalmente o conceito molecular clássico onde *gene é uma sequência de DNA que codifica um produto funcional, que pode ser um polipeptídeo ou uma molécula de RNA*. Também o conceito de gene como informação biológica onde são *unidades portadoras de informação em sua sequência de bases, para produzir um polipeptídeo* (JOAQUIM, 2009).

Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 2), havendo a aceitação formal para a participação na pesquisa, bem como a permissão para que os dados fossem avaliados e divulgados. Foi garantido aos participantes da pesquisa que no caso de desistência de colaborar não haveria qualquer penalização ou prejuízo.

Para a elaboração do questionário (Apêndice 1) foram utilizadas sete questões do questionário aplicado por Joaquim (2009), no seu trabalho de dissertação intitulado “*Genes: questões epistemológicas, conceitos relacionados e visões de estudantes de graduação*”. Utilizamos cinco questões da sessão (B) e duas questões da sessão (C), ambas fechadas, perfazendo o total de sete questões. As outras três questões do questionário foram obtidas a partir dos questionamentos realizados durante o exercício intitulado “*Síntese de Proteínas*” por Krasilchick (1986, p.45).

Dentre essas questões, a nona sugeriu a construção da molécula de DNA a partir dos códons presentes na fita de RNAm, isso ocorre em alguns vírus (retrovírus) que possuem como material genético RNA ao invés de DNA. Portanto, o processo de transferência de informação genética também pode fluir do RNA para o DNA, quando existe a replicação dos vírus de RNA. Ao entrar numa célula o RNA do vírus é utilizado como molde para produção da molécula de DNA complementar, logo depois a molécula de DNA produzida é inserida aos cromossomos da célula. Este processo denominado de *transcrição reversa* é “catalisado” por uma enzima, a *transcriptase reversa*. “Essa inversão do fluxo regular de informações genéticas do DNA para o RNA levou os biólogos a denominarem esses patógenos de *retrovírus*” (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 578). Portanto, tal questão aborda a transcrição reversa no intuito apenas de ensinar que é possível conhecer os detalhes da molécula de DNA pelos dados contidos na molécula RNA, e não o processo como um todo, o que é muito mais complexo e carregado de especificidades.

As três últimas questões visaram a coleta de dados relacionados diretamente ao modelo didático e aos pontos comuns com o modelo didático apresentado por Krasilchick (1986). A aplicação inicial do questionário objetivou levantar os conhecimentos prévios dos licenciandos sobre o assunto, já que os mesmos estão no quarto e último ano da graduação e o assunto é abordado no curso no terceiro ano. Após a finalização da atividade, o questionário respondido foi devolvido à pesquisadora e teve início a aula com a utilização do modelo didático.

2.2.4 Análise dos Dados

As respostas fornecidas pelos participantes da pesquisa às sete primeiras questões (abertas e fechadas) foram analisadas de acordo com a ‘técnica de análise categórica’ que visa analisar conteúdos na abordagem de Bardin (2000 apud JOAQUIM, 2009). Por meio desta técnica as respostas dos participantes foram separadas em categorias e analisadas de maneira

quali-quantitativa, tendo como embasamento as ideias já discutidas sobre a diversidade dos conceitos de gene. Houve a análise quantitativa ao se calcular e comparar a frequência das respostas para cada categoria de conceitos de genes.

Todas as respostas dadas às questões do questionário que foram mencionadas no item dos resultados estão identificadas pela letra “A” fazendo menção ao termo “acadêmico”, seguido de número relativo à ordem alfabética dos nomes (exemplo A1, A2, An) no intuito de que os respondentes não sejam identificados.

A categorização da questão um (*Em sua visão o que é um gene?*) foi realizada de maneira indutiva após análise minuciosa das respostas pela pesquisadora. Naquelas respostas em que foram encontradas mais de uma definição para o conceito, foi considerada a resposta que estava superposta.

Na questão dois que é fechada e precedida por texto, os participantes deveriam opinar quanto a concordar completamente ou parcialmente; nem concordar ou discordar; e discordar parcialmente ou completamente; as respostas foram analisadas de acordo com a frequência que apareceram.

A análise da questão três (*Em sua opinião o que é informação?*) teve como resposta esperada a informação relativa aos ‘sistemas biológicos’, já que as questões antecedentes faziam uma abordagem aos genes. Na busca por esta ideia as respostas encontradas foram divididas em três categorias seguindo a análise de Joaquim (2009), a saber: primeira – a definição de informação sem relacionar ao contexto celular ou envolvendo as estruturas de uma célula; a segunda – informação relacionada ao gene, moléculas ou outras estruturas da célula; e a terceira relacionada aos participantes que não souberam ou não responderam à questão.

A questão quatro (*De acordo com sua definição, genes possuem informação? Justifique a sua resposta.*) foi analisada a partir da escolha de justificativas relacionadas aos ‘efeitos proximais’ dos genes, ou seja, aqueles relacionados a alguma função celular; e aos ‘efeitos distais’ dos genes, como sendo aqueles relativos às características do fenótipo ou do organismo de maneira geral. Ao abordar a mesma questão em seu trabalho, Joaquim (2009) organizou as respostas em oito categorias para explicar os resultados encontrados. No presente trabalho apenas duas das categorias criadas pelo autor apareceram, são elas: genes e informações relacionados a efeitos proximais e genes relacionados à determinação dos fenótipos ligados aos efeitos distais dos genes. Acreditamos que por ser uma amostra menor que a trabalhada por Joaquim (2009) não surgiram as demais categorias de justificativas e, portanto, não houve necessidade de inserir as demais categorias em nossa análise.

Ainda dentro da mesma ideia sobre informação, entra a questão cinco do questionário sobre a presença de informação em outras estruturas celulares. Tomaremos como base de análise para esta questão, as mesmas categorias criadas por Joaquim (2009): somente os genes possuem informação; as mitocôndrias e cloroplastos possuem informação; os ribossomos e proteínas são portadores de informação; as enzimas, secreções, algumas organelas celulares, a membrana plasmática, os hormônios, antígenos e neurônios possuem informação; e também uma categoria envolvendo aqueles que afirmaram não saber ou não responderam a questão.

Nas questões fechadas de número seis e sete, as alternativas foram classificadas de acordo com as visões sobre genes já discutidos. As categorias utilizadas foram: *conceito mendeliano* (a); *conceito molecular clássico* (b, h, i); *concepção informacional* (c, j); e os demais conceitos (*conceito instrumental*, *conceito realista*, *conceito evolutivo* e o *conceito de gene molecular processual*) referentes às alternativas d, e, f, g (JOAQUIM, 2009).

As questões oito, nove e dez são referentes aos processos de *replicação*, *transcrição* e *tradução do DNA*. A análise foi feita a partir das bases que seriam complementares à fita de RNA mensageiro tomada como exemplo, tanto nos RNA transportadores, como nas fitas um e dois do DNA. Também pela interpretação da tabela de códons disponibilizada na questão dez deveriam ser citados os nomes dos aminoácidos correspondentes. Nos casos em que houve confusão ao citar as trincas de anticódons, apenas colocando uma ou mais bases trocadas, ou ainda errando o nome de um aminoácido, toda a questão foi considerada incorreta, ou seja, as respostas consideradas corretas estavam completas.

É importante destacar que diversos fatores são responsáveis por delinear o conhecimento dos participantes desta intervenção, portanto a interpretação dos dados em si, não reduz a importância da aprendizagem que os pesquisados tiveram anteriormente em sua formação escolar de nível básico, nas disciplinas de Biologia Celular e Molecular, Genética, dentre outras cursadas na graduação, além do aprendizado relativo à vida social, cultural e tantas informações adquiridas por outros meios. Ressaltamos que além dos aspectos considerados nesta análise existem outros argumentos que não deixam de ser relevantes, e são respeitáveis, apenas não foram interpretados visando a agilidade e campo de abrangência da pesquisa.

No intuito de sintetizar a interpretação dos dados, tornando-a mais visual, foram construídos gráficos comparativos dos resultados coletados tanto no questionário aplicado antes da aula com o modelo didático (Pré-teste) quanto ao mesmo questionário que foi

aplicado após a aula (Pós-teste). Adicionalmente foi realizada a análise estatística desses dados, utilizando-se do Qui-quadrado (Qui Quadrado de Pearson no Excel) para testar se houve diferença significativa ($p < 0,05$) nas respostas, antes e após o uso do modelo. Assumiu-se a Hipótese H₀, considerando que os resultados não possuem relação com a utilização do modelo didático e a Hipótese H₁, considerando que os resultados encontrados possuem relação com a utilização do modelo.

Os critérios utilizados nas análises do pré e pós-teste foram os mesmos por se tratar de um mesmo questionário aplicado em dois momentos da aula (antes e depois). Consideramos que a aula de intervenção serviu como momento de revisão e reflexão sobre o conteúdo abordado e ainda como reforço para sanar as dúvidas já existentes. Ressaltamos que a importância principal desta ação da pesquisa está na utilização do recurso didático, o questionário é apenas o instrumento usado na coleta e interpretação dos dados.

2.3 Resultados e Discussão

Para a primeira questão foi encontrada mais de uma definição para o conceito de gene, portanto como critério de análise houve consideração da resposta que estava superposta. A seguir demonstramos fragmentos que foram avaliados como respostas superpostas.

Houve a superposição do *conceito mendeliano* sobre o *molecular* no primeiro fragmento, e do *conceito informacional* sobre o *mendeliano* no segundo:

“Gene é uma parte de DNA aonde se codifica. Responsável pelas características hereditárias”. (A-03)

“O gene é um fragmento do DNA que corresponde à parte que contém informações necessárias para transmitir características que são herdadas ao indivíduo”. (A-02)

As respostas seguintes dadas à questão um, são exemplos que foram categorizados de acordo com os conceitos *molecular clássico*, *mendeliano*, *informacional* e *evolutivo*, respectivamente:

“É uma sequência de ácido nucléico que é fundamental para a síntese de um polipeptídeo funcional, para as características de um indivíduo”. (A15)

“É uma estrutura do cromossomo responsável pelas características genéticas de cada ser vivo. Em cada gene ficam armazenadas informações genéticas de um indivíduo”. (A-13)

“É um conjunto armazenador e transportador de informações”. (A-11)

“Tanto a espécie humana e *Animalia* cada ser possui caracteres únicos, especiação de genes que predominam e determinam a evolução dos indivíduos”. (A-24)

Os resultados referentes as dez questões do questionário aplicado antes e após a utilização do modelo didático com os professores em formação inicial foram sistematizados e são apresentados na forma de gráficos que foram agrupados em pranchas para melhor visualização (Figuras 3 a 5).

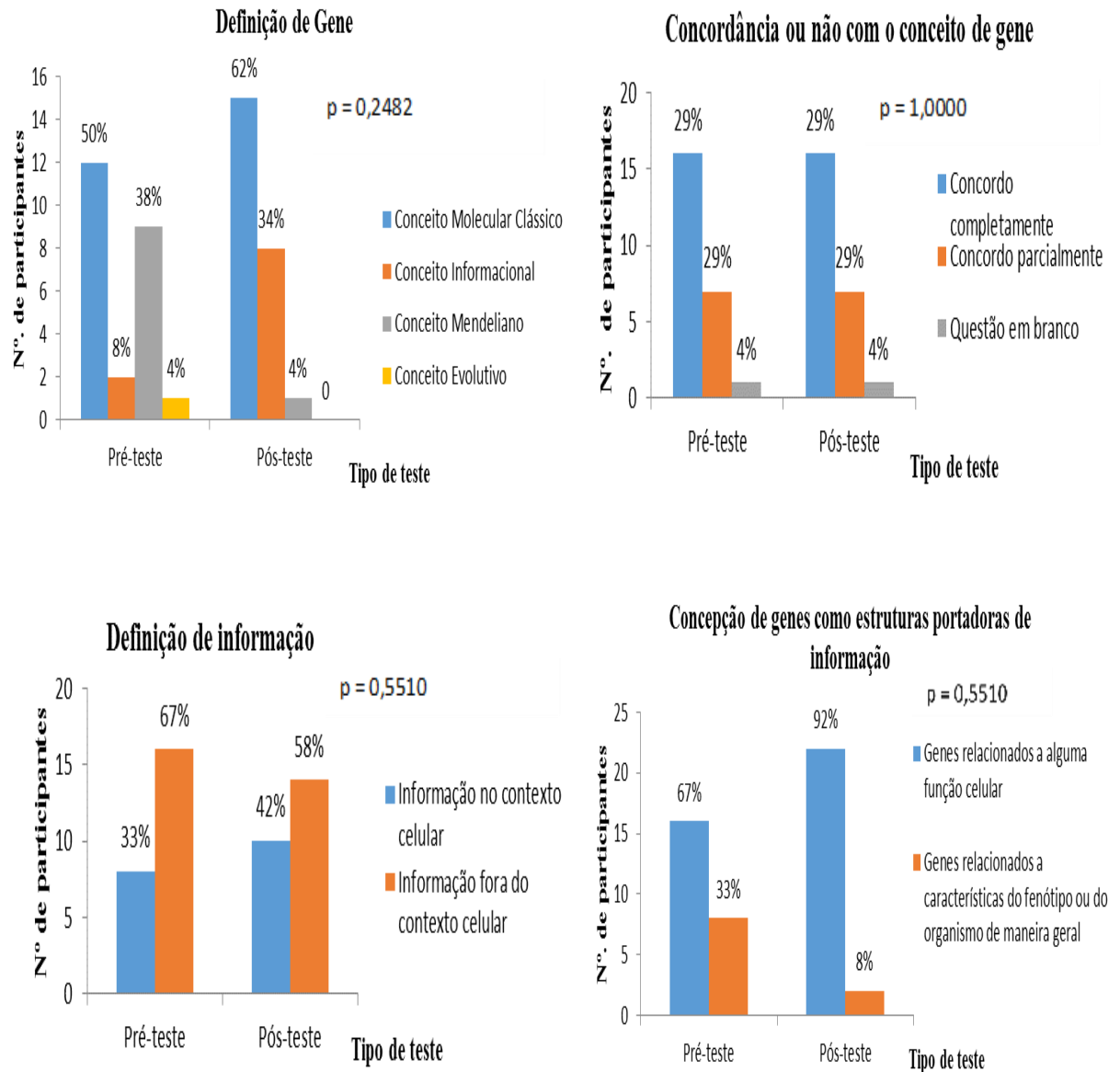


Figura 3. Frequência das respostas das questões um, dois, três e quatro obtidas através de questionário aplicado aos licenciandos em Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Pública, no estado de Goiás, antes e após a utilização de um modelo didático.

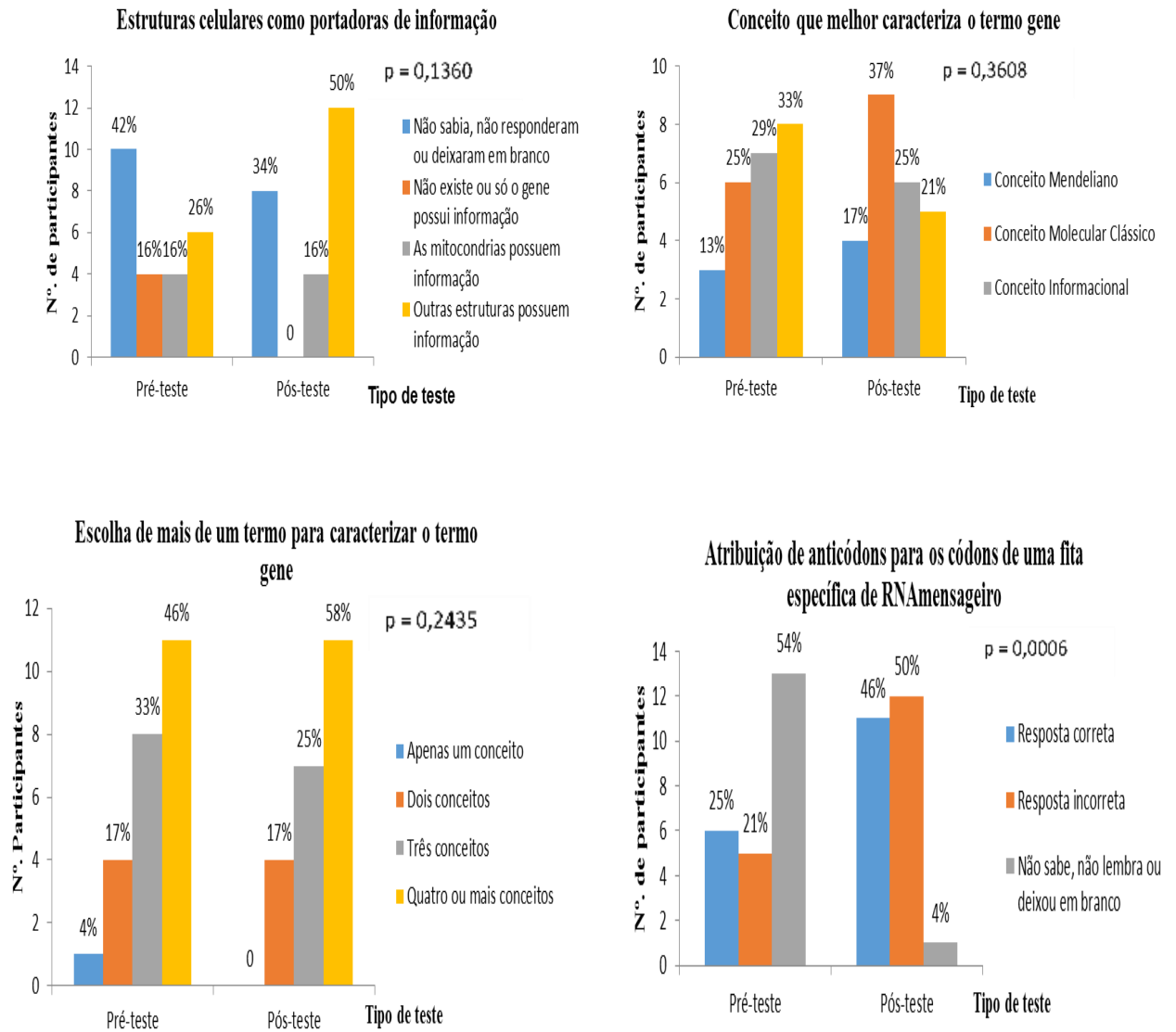


Figura 4. Frequência das respostas das questões cinco, seis, sete e oito obtidas através de questionário aplicado aos licenciandos em Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Pública, no estado de Goiás, antes e após a utilização de um modelo didático.

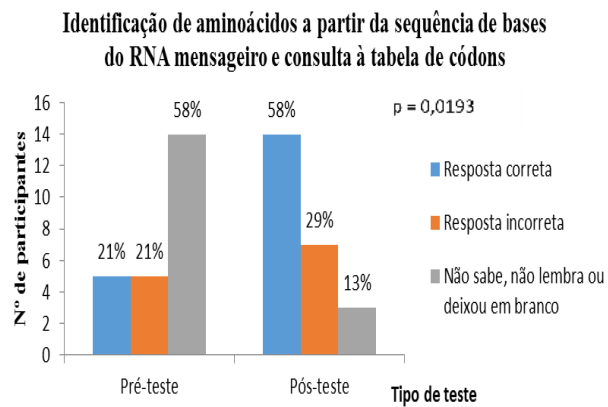
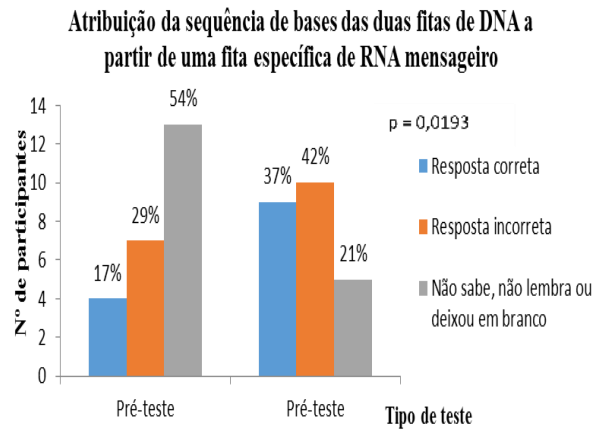


Figura 5. Frequência das respostas das questões nove e dez obtidas através de questionário aplicado aos licenciandos em Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Pública, no estado de Goiás, antes e após a utilização de um modelo didático.

Visando analisar de maneira geral o tratamento estatístico de todas as questões foi construída a Tabela 1 na qual consta o número de respostas por categoria de análise e o p (valor):

Tabela 1. Comparação entre os números de respostas por categoria analisada dos questionários aplicados antes e após a utilização do modelo didático com licenciandos em Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Pública, no Estado de Goiás.

Abordagem das questões	Número de respostas por categoria analisada		<i>p</i> *
	Pré-teste	Pós-teste	
1- Definição de gene segundo os conceitos molecular clássico, informacional, mendeliano e evolutivo.	12-2-9 -1	15-8-1-0	0,2482
2- Concordância ou não com o conceito de gene retirado de um livro didático.	16-7-1	16-7-1	1,0000
3- Definição de <i>informação</i> .	8-16	10-14	0,5510
4- Concepção sobre genes como estruturas portadoras de <i>informação</i> .	16-8	22-2	0,0330
5- Estruturas celulares como portadoras de <i>informação</i> .	10-4-4-6	8-0-4-12	0,1360
6- Escolha do conceito que melhor caracteriza o termo <i>gene</i> .	3-6-7-8	4-9-6-5	0,3608
7- Escolha de mais de um conceito para caracterizar o termo <i>gene</i> .	1-4-8-11	0-4-6-14	0,2435
8- Atribuição de anticódons para os códons de uma fita específica de RNA transportador.	6-5-13	11-12-1	0,0006
9- Atribuição da sequência de bases das duas fitas de DNA a partir de uma fita específica de RNA mensageiro.	4-7-13	9-10-15	0,0193
10- Identificação de aminoácidos a partir da sequência de bases do RNA mensageiro e consulta à tabela de códons.	5-5-14	14-7-3	0,0007

* Teste do Qui-quadrado de Pearson

No intuito de tornar mais precisa e ágil a interpretação dos dados, eles foram agrupados de acordo com os resultados similares. Assim, foram construídos quatro blocos de análise com as dez questões.

Na análise geral, obteve-se que nas questões um, dois, quatro, seis e sete, representadas pelas Figuras 3A, 3B, 3D, 4B e 4C, respectivamente, os dados revelaram a predominância do conceito molecular clássico. Com estas questões montou-se a análise do

primeiro bloco onde apesar da diferente abordagem de cada quesito o resultado indicou a opção pelo conceito molecular clássico ou o conceito informacional de gene. De forma geral, tais conceitos são mais elucidados no trabalho do professor com o livro didático.

Esta análise corrobora os resultados encontrados por Joaquim (2009), o que nos leva a acreditar que tanto o conceito molecular clássico quanto o conceito informacional, encontram-se mais evidentes nos livros didáticos, tanto do ensino médio como do ensino superior. Outra análise que tecemos aqui é que o modelo utilizado na aula de intervenção pode ser percebido como material didático que reforça o conceito molecular clássico e o conceito informacional de gene, visto que no pós-teste houve um acréscimo nas frequências referentes ao mesmo.

Em relação à utilização do livro didático como material de destaque no processo educativo, Guimarães; Echeverria e Moraes (2006) reconhecem sua importância, mas destacam que de maneira geral, o livro ainda pode ser capaz de levar ou reforçar equívocos e outras visões errôneas ou distorcidas da ciência, ambiente, saúde, ser humano, tecnologia, dentre outros assuntos pertinentes ao ensino de Ciências Naturais.

Ainda discutindo o resultado deste bloco de questões podemos citar os trechos de respostas da questão quatro (*De acordo com sua definição, genes possuem informação? Justifique sua resposta.*). Os seguintes trechos foram analisados identificando as categorias de genes relacionados a alguma função celular nos dois primeiros fragmentos e as características relacionadas ao fenótipo ou ao organismo de maneira geral nos terceiro e quarto fragmentos:

“É neles que estão a fórmula para a produção de proteínas essenciais para a vida”. (A-07)

“É a partir dos genes que um indivíduo possui suas características”. (A-22)

“Os genes trazem características passadas de geração em geração ao longo do tempo”. (A-14)

“Os genes trazem consigo as informações essenciais que irão determinar o genótipo e também o fenótipo”. (A-20)

Os resultados confirmam que além dos licenciandos responderem de forma positiva à ideia de que os genes são portadores de informação, a maioria das respostas teve como justificativa os genes relacionados a alguma função celular, o que reforça o conceito molecular clássico de gene, principalmente após a intervenção, reforçando a característica do modelo didático que evidencia o conceito molecular clássico. A análise estatística da questão quatro aponta um resultado significativo evidenciando que existe relação entre os resultados e a aula com a utilização do modelo didático. As demais questões analisadas neste bloco (1, 2, 6 e 7) tiveram tratamento estatístico do Qui-quadrado, mas ficou evidente que não há relação entre os resultados encontrados e a utilização do modelo didático. É possível concluir que as

mesmas não apresentam resultado significativo, isto é, as variáveis são independentes. Os resultados evidenciam que não há relação entre os dados obtidos e a aplicação do modelo didático.

Portanto, o livro didático passa a ser influente nos resultados. Aqui cabe destacar que para Della Justina e Ferla (2006, p. 37) alguns dos fatores que limitam a atividade pedagógica no tocante a alfabetização científica e técnica em genética são “a abordagem fragmentada e descontextualizada dos tópicos e o livro didático como único recurso didático-metodológico”.

As respostas referentes a terceira questão (Figura 3C) foram inseridas no segundo bloco de análise. O quesito instigava os respondentes a emitirem opinião sobre o conceito de informação. Pode-se verificar que apesar do questionário ter abordado nas questões anteriores a temática relativa aos genes e a aula de intervenção ter relação com o contexto celular, a maioria dos licenciandos ainda considerou o termo ‘informação’ desconectado de fatores biológicos. Possivelmente, a relação entre o modelo didático e a abordagem da informação genética contida no gene precisasse de melhor contextualização. O que pode configurar como uma fragilidade do ponto de vista didático metodológico que não possibilitou a aquisição adequada do conhecimento abordado, bem como a capacidade de sua aplicação em outro contexto.

A análise estatística mostrou resultado não significativo, ficando evidente que não existe relação entre os resultados encontrados e a aula com o modelo didático. Quanto aos obstáculos relativos à abstração dos conceitos em genética e sua aplicabilidade é consenso entre professores e alunos, de acordo com Miguel et al. (2014) que o processo de ensino e aprendizagem tem um desenvolvimento superficial, talvez devido à “pouca ou nenhuma contextualização de seus conteúdos”.

O terceiro bloco de análise agrupou as questões cinco, oito e nove representadas pelas Figuras 4A, 4D e 5A, respectivamente. Nas três questões se percebeu que houve maioria de questões erradas nos resultados e ainda foram deixadas questões em branco. Os dados evidenciam que após a intervenção, apesar da grande quantidade de erros, a tentativa de responder as questões foi positiva, pois o número daqueles que não sabiam, não responderam ou deixaram a questão em branco foi reduzido. O aspecto negativo incide na observação de que além do grande número de erros após a intervenção, ainda foram encontradas questões deixadas em branco. Apesar da quantidade de respostas em branco foi possível identificar que o modelo didático utilizado na intervenção reforça os genes como estruturas portadoras de informação.

Em relação às dificuldades conceituais dos estudantes e que pode ocorrer até mesmo com professores de Ciências, Pozo e Crespo (2009) explicitam que nem sempre os alunos conseguem adquirir habilidades necessárias:

Outras vezes o problema é que eles sabem fazer as coisas, mas não entendem o que estão fazendo e, portanto, não conseguem explicá-las nem aplicá-las em novas situações. Este é um déficit muito comum. - o que foi aprendido se dilui ou se torna difuso rapidamente (POZO; CRESPO, 2009, p. 16 e 17).

Acreditamos que o fato de encontrar quesitos não respondidos chama a atenção, pois estamos analisando professores em formação inicial em fase de conclusão de curso e que participaram de uma aula de intervenção com a utilização de modelo didático. De acordo com Scheid (2003, p.1 e 2), resultados de pesquisas sobre os problemas relacionados ao ensino de genética e suas tecnologias revelam que “muitas vezes, nem mesmo os conceitos básicos de genética como a relação gene/cromossomo, são compreendidos pelos estudantes”, o que é preocupante.

A análise estatística das questões deste segundo bloco (questões 5, 8 e 9) evidenciaram os resultados que serão comentados a seguir. A questão cinco possui um resultado não significativo, portanto os resultados não possuem relação com a aula utilizando o modelo didático, as variáveis são independentes. Nas questões oito e nove a análise do Qui-quadrado evidenciou que existe significância entre os resultados encontrados nas respostas e a aplicação da aula com o modelo didático, destacando que a aula foi significativa para a diminuição de quesitos deixados em branco.

Em relação à formação inicial de professores consideramos aqui o que Della Justina e Ferla (2006) ressaltam como urgente e necessária: a proposição de recursos didáticos que sirvam para facilitar a alfabetização científica e tecnológica, a partir da evidência de que as teorias e modelos científicos precisam ser acompanhados da contextualização e finalidade para serem passíveis de compreensão. Se os professores não conseguiram compreender quando ainda são estudantes, tampouco conseguirão ensinar quando forem docentes.

Considerando ainda as questões oito e nove deste bloco de resultados podemos afirmar que houve relevância na intervenção com o modelo didático devido ao aumento no número de acertos após a mesma. O ponto crítico que permanece é a quantidade de erros mesmo depois da intervenção, evidenciando mais uma vez a fragilidade da formação de professores mesmo em relação aos conteúdos de conhecimento específico de sua área.

As informações que envolvem o processo de replicação da molécula de DNA e a relação dessa molécula com a vida celular tem se desenvolvido desde sua descoberta na década de 1950. Tais informações são responsáveis pelo grande avanço no conhecimento

científico e gera um número muito alto de informações complexas e abstratas. A atualização do docente sobre as inovações nessa área do conhecimento, buscando a transposição dessas informações aos discentes é complexa. Nesse contexto, os professores podem “apresentar uma formação científica inconsistente” (TAUCEDA; PINO, 2010, p.339).

A partir destes resultados que evidenciam a fragilidade na formação docente destacamos que:

Diante dessa necessidade, não é possível pensarmos em um curso de licenciatura que acredite que a qualidade da formação do professor esteja apenas atrelada ao conhecimento do saber erudito. É preciso que, juntamente com esses conhecimentos, o futuro docente exercite a reflexão responsável e cuidadosa sobre como ensiná-los. Esse processo pode ser iniciado durante sua formação, desde os primeiros momentos, durante as aulas de conhecimento específico de Genética e em outras disciplinas específicas de conhecimentos da Biologia, nas quais pode tanto realizar exercícios de transposição didática, quanto analisar as referentes aos materiais didáticos (FRANZOLIN; TOLENTINO-NETO; BIZZO, 2014, p. 101).

A questão dez será analisada neste último bloco, ela solicitou aos participantes a identificação de aminoácidos a partir de um trecho específico de RNA mensageiro e com a interpretação da tabela de códons. Os resultados obtidos a partir da correção dessa questão estão apresentados na Figura 5B.

A comparação das respostas antes e após a intervenção evidencia a contribuição do modelo didático utilizado na elevação dos acertos e tentativas de respostas, ainda que incorretas. No entanto, a quantidade de respostas incorretas e de participantes que ainda deixaram a questão em branco é preocupante, pois são licenciandos que estão finalizando sua formação inicial.

O tratamento estatístico do teste Qui-quadrado deixou claro que existe uma relação direta entre os resultados encontrados e a aplicação do modelo didático, o resultado apresenta significância. Portanto a análise dos dados comprova a eficácia do modelo.

Dentro da perspectiva de utilização de modelos e modelagem no ensino temos como destaque que:

Isto porque, dentre outros motivos, tais atividades apresentam caráter investigativo da ciência, levam em consideração as ideias prévias dos estudantes e a importância da compreensão dos modelos como representações parciais do conhecimento científico. A utilização de atividades de modelagem, isto é, atividades voltadas para a construção, reformulação e validação de modelos, pode resultar em um ensino mais significativo, que ajude o estudante a se desenvolver em um entendimento mais crítico e coerente da própria ciência (PAGANINI; JUSTI; MOZZER, 2014, p. 1020).

2.5 Conclusões do Capítulo

A partir da aplicação do modelo didático aos licenciandos ficou claro a importância de sua utilização como recurso metodológico para o ensino de Genética. Houve melhoria significativa no aprendizado específico da área.

No geral, os resultados encontrados na aplicação do modelo didático aos licenciandos apontam que muitos aspectos precisam ser melhorados na sua formação inicial em relação ao conhecimento específico da área de Genética. Através da interpretação dos dados coletados fica evidente a opção pelo conceito molecular clássico e informacional amplamente divulgado pelos livros didáticos.

Em relação ao livro didático, Batista Filho et al. (2012) ressaltam suas contribuições como material de apoio que potencializa e dá suporte ao trabalho docente, mas o cuidado a ser tomado é que o livro possa ser um dos recursos pedagógicos e não o único. Nem sempre o professor consegue fazer a utilização do livro de maneira crítica e ele acaba por se tornar o recurso único para o ensino e aprendizagem.

Outro ponto de atenção é a falta de contextualização do conteúdo, nem sempre atingida pelos docentes e discentes. Algumas questões do instrumento da coleta de dados faziam referência ao contexto celular e a incidência de respostas em branco ou incorretas permaneceu, mesmo após a aplicação do modelo didático que abordou o tema.

É válido ressaltar o que Miguel et al. (2014, p. 329) abordam em relação a falta de contextualização dos conteúdos e sua abordagem meramente teórica: “dificulta o processo de ensino e aprendizagem além de gerar um “pseudosaber” no qual os educandos, na maioria das vezes, conhecem a nomenclatura científica, entretanto confundem o significado dela”.

A avaliação dos resultados obtidos antes e após a aplicação do modelo didático evidencia que apesar de estarem concluindo a graduação os acadêmicos ainda possuem dúvidas e apresentam fragilidades na conceituação de alguns termos e processos referentes ao conteúdo abordado. Dessa forma, se constata que apenas a utilização do modelo não é suficiente para amenizar os problemas relativos a aprendizagem de conteúdos complexos e abstratos. Como descrito por Duso et al. (2013):

Assume-se, então, que para fins de construção do conhecimento escolar, o que é importante não é a simples apresentação do modelo consensual ao estudante, mas o processo de construção de modelos, ou seja, a vivência do processo de modelização, para se apropriar de um modelo já construído (DUSO et al., 2013, p. 33 e 34).

2.6 Referências

BATISTA FILHO, Agdo Régis et al. Transposição Didática no Ensino de Ciências: Facetas de uma Escola de Campo de Parintins/AM. **Revista ARETÉ**, v.5 n.8, p.71-82, 2012.

DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida; FERLA, Marcio Ricardo. A Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Genética – Exemplo de Representação de Compactação do DNA Eucarioto. **Arq. Mudi**. Maringá, v. 10, n.2, p. 35-40, 2006.

_____, Lourdes Aparecida. **Ensino de genética e conceitos relativos à hereditariedade**. Dissertação (Mestrado em Educação) Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

DUSO, Leandro; CLEMENT, Luiz; PEREIRA, Patrícia Barbosa; ALVES FILHO, José de Pinho. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. Belo Horizonte: **Revista Ensaio**, v. 15, n. 02, p. 29-44, maio-ago, 2013.

FRANZOLIN, Fernanda; TOLENTINO-NETO; BIZZO, Nélio. Generalizações que distanciam os conhecimentos dos livros didáticos das referências em Genética. **Revista Genética na Escola**, v. 9, n. 2, 2014. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_6f70671053094a889452ed18a3bd8aaa8.pdf. Acessado em 05 de janeiro de 2018.

GRIFFITHS, Anthony J.; WESSLER, Susan R.; CARROLL, Sean B. **Introdução à Genética**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

GUIMARÃES, Gislene Margaret Avelar; ECHEVERRIA, Agustina Rosa; MORAES, Itamar José. Modelos Didáticos no Discurso de Professores de Ciências. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.3, p. 303-322, 2006.

JOAQUIM, Leyla Mariane. **Genes: questões epistemológicas, conceitos relacionados e visões de estudantes de graduação**. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História

das Ciências), Programa de Pós Graduação em Ensino, Universidade Federal da Bahia; 2009. Disponível em <https://repositorio.ufba.br/ri/handle/ri/16041>. Acesso em 24 de março de 2017.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: EDUSP, 2004.

_____, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 2 ed. São Paulo: HARBRA, 1986.

LEWIS, Jenny; LEACH, John; WOOD-ROBINSON, Colin. What's in a cell? - young people's understanding of the genetic relationship between cells, within a individual. **Journal of Biological Education**, v. 34, n.3, p. 129-132, 2000.

MIGUEL, Kassiana da Silva et al. A abordagem didático-investigativa no ensino médio: um estudo acerca do DNA. **ETD – Educação Temática Digital**, v. 16, n.2, p. 327-345, Campinas, S/P, maio/ago. 2014. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/download/1322/1337>. Acesso em 15 de julho de 2017.

PAGANINI, Paula; JUSTI, Rosária; MOZZER, Nilmara Braga. Mediadores na construção do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 4, p. 1019-1036, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v20n4/1516-7313-ciedu-20-04-1019.pdf>, acessado em 27 de novembro de 2017.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SHEID, Neusa Maria John. A Proposição do modelo de DNA: um exemplo de como a história da Ciência pode contribuir para o ensino de Genética. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2003. Disponível em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL021.pdf>. Acesso em 06/01/2017.

SNUSTAD, D. Peter; SIMMONS, Michael J. **Fundamentos de Genética**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

TAUCEDA, Karen Cavalcanti; PINO, José Cláudio Del. Modelos e outras representações mentais no estudo do DNA em alunos do ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Rio Grande do Sul, v. 15, p. 337-354, 2010.

CAPÍTULO 3. INTERVENÇÃO DIDÁTICA PELOS PROFESSORES EM FORMAÇÃO INICIAL: APLICAÇÃO DO MODELO DIDÁTICO PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO.

Esta parte do trabalho visou reconhecer se a utilização de um modelo didático para o ensino de alguns conteúdos de Genética se constitui em uma metodologia de ensino que colabora para uma aprendizagem significativa junto a estudantes do Ensino Médio.

3.1 Metodologia

A intervenção realizada pelos professores em formação inicial (licenciandos) ocorreu durante o mês de maio de 2017 junto a três unidades escolares da rede de ensino no município de Porangatu/Goiás. Os licenciandos confeccionaram o modelo didático referente a conteúdos de Genética similar ao que foi aplicado a eles. Também foi feito o planejamento das aulas a serem ministradas com o modelo didático aos estudantes do Ensino Médio.

A intervenção com o modelo teve a duração de duas aulas de aproximadamente 50 minutos para cada turma. O conteúdo abordado pelo modelo já havia sido trabalhado pelos professores regentes com todas as turmas, a intervenção foi vislumbrada pelos docentes regentes como meio de fixar melhor o conteúdo e melhorar o aprendizado. No intuito de coletar dados para avaliar a intervenção foi aplicado um questionário antes e após a aula expositiva ministrada com o modelo didático. Todo o processo de planejamento e aplicação do modelo foi acompanhado pela professora pesquisadora, no intuito de subsidiar os professores em processo de formação inicial.

A segunda ação desta pesquisa ocorreu visando conduzir os professores em formação inicial a reconhecer a utilização do modelo didático como uma metodologia de ensino que colabora para que ocorra uma aprendizagem significativa. A ação foi desenvolvida a partir do planejamento de aulas a serem ministradas a estudantes do ensino médio com a utilização do modelo, a intervenção didática.

Os licenciandos confeccionaram o modelo didático aplicado em sua formação e planejaram as aulas destinadas aos estudantes da primeira série do ensino médio de três unidades escolares. Espera-se que a partir da experiência de vivenciar as possibilidades de ensino e aprendizagem da intervenção, os licenciandos possam ter a opção metodológica do uso de modelos e modelagem para inserir em sua prática.

A intervenção de aplicação do modelo a estudantes do ensino médio envolveu o preparo teórico em relação ao conteúdo de Genética sobre a replicação, transcrição e tradução da molécula de DNA. Houve também o preparo pedagógico com o planejamento de toda a intervenção, as aulas foram devidamente planejadas, traçando os objetivos propostos ao nível de ensino. Compreender a relação entre DNA, código genético, fabricação de proteínas, reprodução celular e a determinação das características hereditárias dos organismos foi o objetivo principal da intervenção. O principal recurso didático utilizado foi o modelo didático, também foi feito o uso de quadro branco, pincel e livro didático.

O modelo didático foi confeccionado pelos licenciandos e a abordagem a ser realizada foi previamente discutida. Uma das preocupações dos mesmos foi preparar o conteúdo de maneira ampla, já que o mesmo havia sido estudado pelos alunos a partir de aulas dadas por seus professores regentes. Portanto, os professores regentes das escolas alvo da intervenção esclareceram que as aulas com o modelo teriam o objetivo principal de aprimorar o conteúdo que já havia sido trabalhado em todas as turmas.

A confecção do modelo didático pelos licenciandos ocorreu em duplas, o material foi previamente providenciado e a modelagem ocorreu em toda a turma simultaneamente (Figura 6).

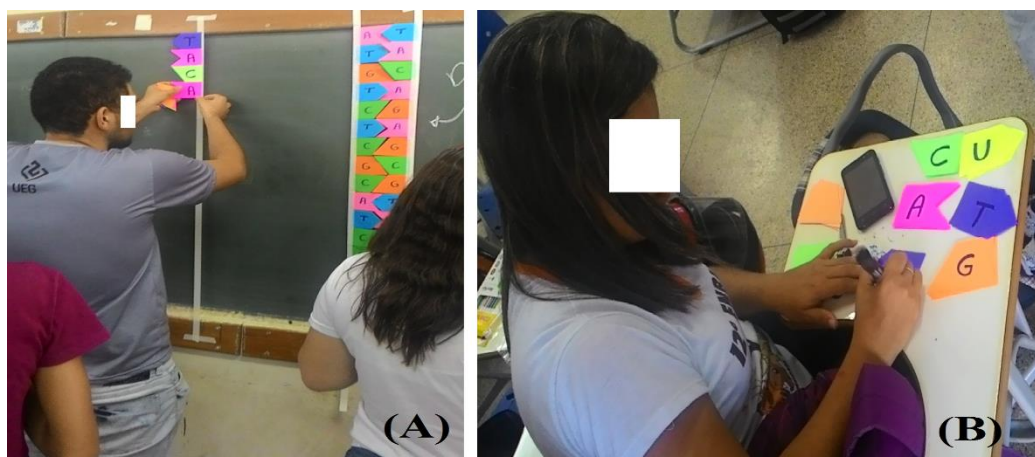


Figura 6. Confeção de modelo didático utilizado na intervenção pelos licenciandos do Curso de Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Superior no município de Porangatu, Goiás. (A) Montagem das moléculas de DNA e RNA mensageiro. (B) Preparo e confecção de material (bases nitrogenadas) para a modelagem. Fonte: A autora (2017).

Visando coletar dados para proceder com a análise posterior foi aplicado um mesmo questionário antes das aulas de intervenção (Pré-teste) e após o seu término (Pós-teste). Durante a intervenção (Figura 7), os licenciandos atuaram em duplas ministrando duas aulas expositivas dialogadas com a duração de duas horas/aula aproximadamente. Os estudantes participaram das aulas e apresentaram motivação e interesse nos diálogos provocados pelos

licenciandos, principalmente quando o modelo era manuseado durante a exposição do conteúdo.



Figura 7 – Intervenção realizada pelos licenciandos do Curso de Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Superior no município de Porangatu, Goiás junto a estudantes do ensino médio. Fonte: A autora (2017).

Para o início da aplicação do modelo nas escolas campo apenas algumas turmas foram designadas pelos professores regentes. Após as primeiras aplicações os próprios professores regentes das escolas solicitaram a expansão do trabalho para outras turmas de primeiras e terceiras séries do ensino médio. A solicitação dos professores ocorreu mediante a análise dos resultados positivos após a intervenção. Para as terceiras séries, de acordo com os professores regentes, a aplicação serviria como revisão do conteúdo já trabalhado no primeiro ano, que é um pré-requisito para entender o tema relacionado à genética, além da fixação do mesmo visando o preparo dos estudantes para o vestibular.

3.1.1 Amostra

Participaram da aplicação, o total de 414 estudantes da primeira e terceira série do ensino médio de três unidades escolares da cidade de Porangatu, estado de Goiás, mas foram considerados para o presente estudo, apenas os estudantes das primeiras séries (269 participantes). O fato de serem considerados apenas os estudantes das primeiras séries foi a adequação do modelo ao currículo previsto para esta série.

A pesquisa envolveu professores em formação inicial que elaboraram e aplicaram um modelo didático a estudantes do ensino médio. Participaram da pesquisa os 25 graduandos concluintes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Superior em Porangatu, Goiás. A pesquisa foi conduzida na disciplina de Prática de Ensino de Biologia no ano de 2017. Os licenciandos foram instrumentalizados por meio de textos e discussões sobre modelos e modelagem para a aplicação do modelo didático apresentado no

capítulo 2 dessa dissertação. Duas dessas unidades pertencem à rede pública de ensino, enquanto a terceira unidade pertence à rede de ensino particular. Cada participante respondeu inicialmente ao questionário pré-teste e ao término da aula, o mesmo questionário, denominado nesta etapa de pós-teste, totalizando 538 questionários.

A aplicação do modelo didático pelos professores em formação inicial teve como intuito abranger todos os alunos devidamente matriculados em cada turma. Os estudantes que por qualquer motivo tenham participado da aplicação respondendo a apenas um questionário (início ou final da intervenção), não foram considerados participantes da pesquisa.

3.1.2 Instrumentos da Coleta de Dados

A coleta de dados envolveu dois tipos de participantes: os licenciandos e os estudantes do ensino médio, por isso, foram utilizados dois instrumentos.

Os estudantes do ensino médio participaram da pesquisa com a devida autorização dos diretores das instituições de ensino que assinaram e carimbaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para o diretor (Apêndice 3).

No intuito de coletar as informações relativas ao aprendizado dos estudantes do ensino médio sobre: cromossomos, genes, características das moléculas de DNA e RNA, também a relação entre os processos de replicação, transcrição e tradução do DNA foi aplicado um questionário. Este instrumento composto de oito questões, cinco objetivas e três subjetivas (Apêndice 4) foi entregue aos estudantes antes (pré-teste) e depois (pós-teste) da aplicação do modelo didático pelos licenciandos. O questionário de acordo com Gil (2007) possui como vantagens: atingir a participação de muitas pessoas; ser uma opção barata devido não precisar de treinamento para os aplicadores; garantir a não identificação dos indivíduos pesquisados; possibilitar que o participante responda no momento que lhe convier; e por fim, deixar as pessoas menos expostas que numa entrevista em que os aspectos pessoais e a opinião do entrevistador podem influenciar as respostas dadas. Para testar se houve diferença significativa ($p < 0,05$) nas respostas, antes e após o uso do modelo, foi utilizado o teste do Qui-quadrado.

O instrumento utilizado para a coleta de dados referente à percepção dos licenciandos sobre a aplicação do modelo didático foi a *roda de conversa* que prima por garantir a interação entre pesquisador e participantes. Pode ser comparado a uma entrevista de grupo onde ocorre uma discussão focada com opiniões diversas que são coletadas de forma qualitativa e podem convergir ou divergir entre si. O pesquisador se constitui como mediador

e visa garantir a participação igualitária de todos, a partir da estruturação do tema com o propósito de manter o foco no assunto em discussão, cuidando para que haja um espaço aberto e seguro, o que garante a livre expressão de opiniões (MELO; CRUZ, 2014).

3.1.3 Análise dos Dados

Para analisar as respostas dadas aos questionários foram comparados os dados referentes a cada questão do pré e pós-teste e registradas a frequência de acertos, erros e respostas em branco a partir daquelas que realmente ficaram sem resposta ou foram assinaladas de outra maneira (não lembro, não sei, não vi, esqueci, não estudei e não conheço). Cada turma teve suas respostas computadas e ao final foi feita a frequência das respostas dos 269 participantes no pré e pós-teste.

Quanto à roda de conversa, o diálogo dos licenciandos foi gravado em arquivo digital e transcrito posteriormente com a identificação da fala individualizada dos participantes aos quais foram atribuídas letras A (acadêmico) e números de 1 a 25 seguindo a ordem alfabética dos nomes e primando pela não identificação dos mesmos, como garantido no Termo de Consentimento assinado pelos licenciandos no ato da concordância em participar da pesquisa. As explanações similares foram categorizadas no intuito de refinar o discurso recorrente de alguns participantes e dar maior clareza e consistência a análise dos dados.

3.2. Resultados e Discussão

Para cada quesito do questionário pré e pós-teste respondido pelos estudantes do ensino médio participantes da pesquisa procedeu-se a elaboração de um gráfico comparativo dos acertos, erros e questões em branco. Para melhor visualização, os gráficos serão apresentados em duas pranchas (Figuras 8 a10).

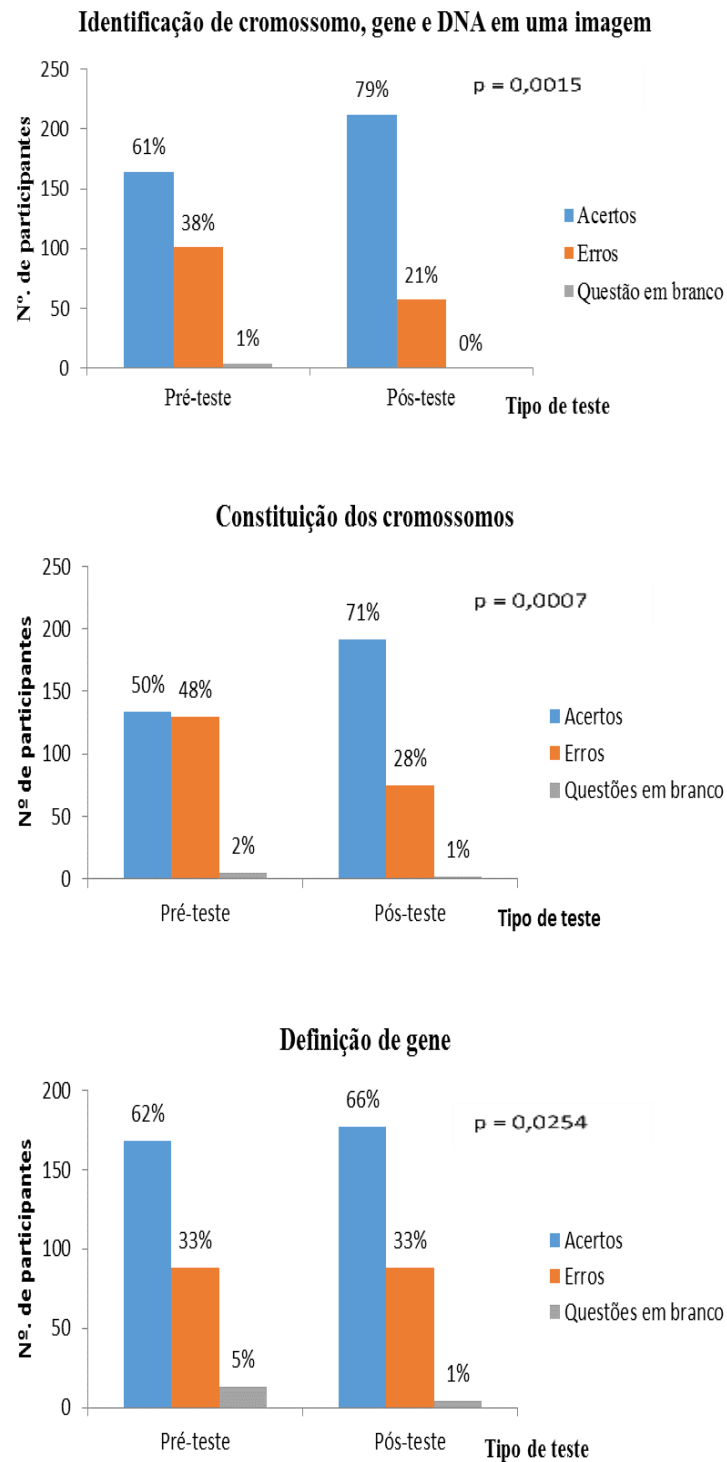


Figura 8. Frequência das respostas das questões um, dois e três atribuídas por estudantes do ensino médio de unidades escolares no município de Porangatu, Goiás, antes e após uma aula com a utilização de modelo didático.

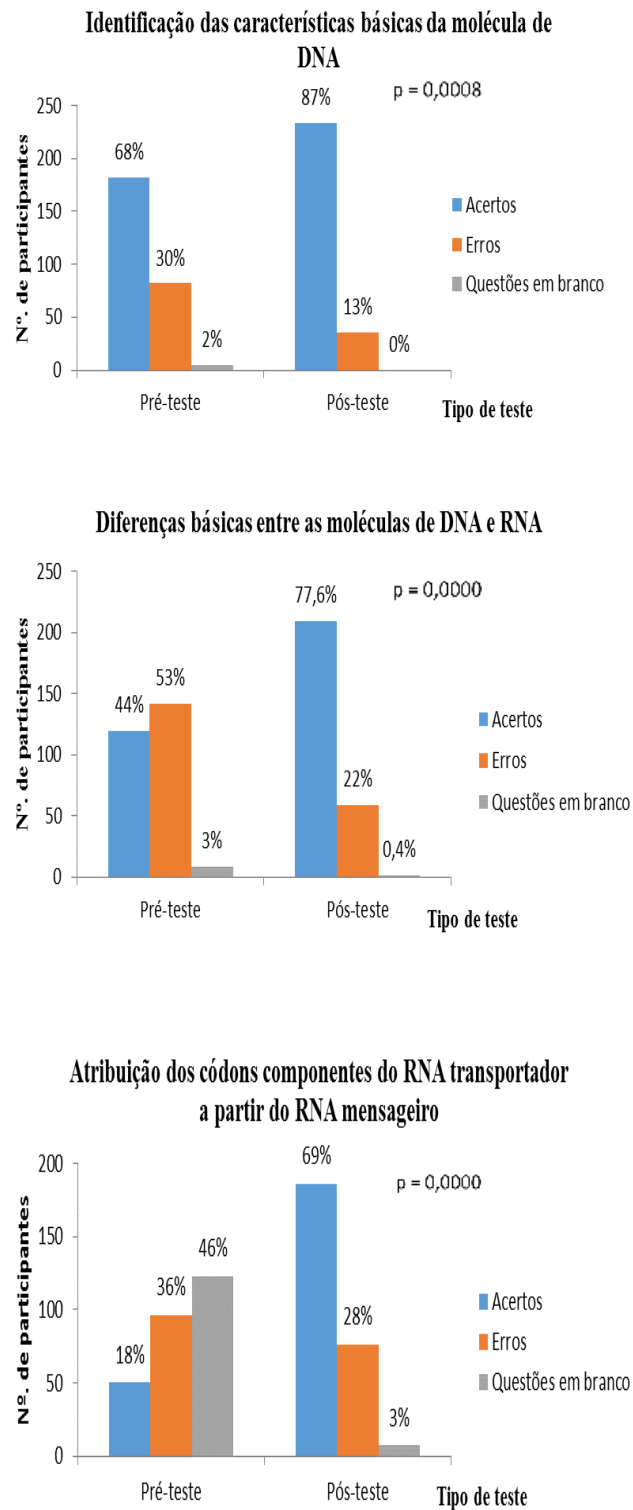


Figura 9. Frequência das respostas das questões quatro, cinco e seis atribuídas por estudantes do ensino médio de unidades escolares no município de Porangatu, Goiás, antes e após uma aula com a utilização de modelo didático.

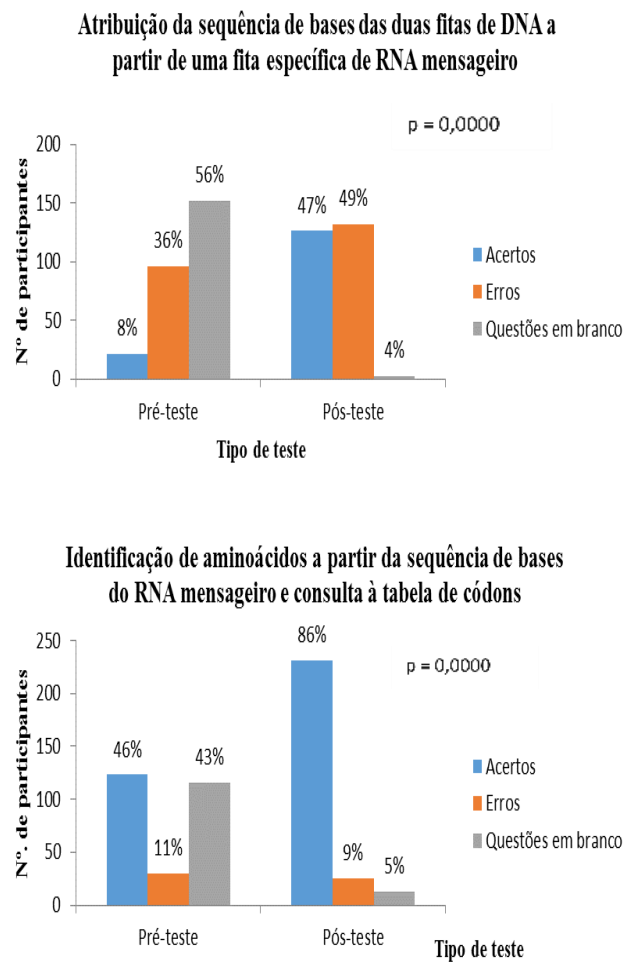


Figura 10. Frequência das respostas das questões sete e oito atribuídas por estudantes do ensino médio de unidades escolares no município de Porangatu, Goiás, antes e após uma aula com a utilização de modelo didático.

A partir da aplicação do tratamento estatístico do Qui-quadrado com os resultados obtidos nas questões trabalhadas na intervenção com o modelo didático foi construída a Tabela 2 visando facilitar a visualização dos valores:

Tabela 2. Comparação entre acertos, erros e questões em branco dos questionários aplicados antes e após a intervenção com um modelo didático a estudantes do ensino médio de unidades escolares no município de Porangatu, Goiás.

Abordagem das questões	Acertos		Erros		Em branco		<i>p</i> *
	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	Pré-teste	Pós-teste	
1- Identificação de cromossomo, gene e DNA em uma imagem.	164	212	101	57	4	0	0,0015
2- Constituição dos cromossomos.	134	192	130	75	5	2	0,0007
3- Definição de gene	168	177	88	88	13	4	0,0254
4- Identificação das características básicas da molécula de DNA.	182	233	82	36	5	0	0,0008
5- Diferenças básicas entre as moléculas de DNA e RNA.	119	209	142	59	8	1	0,0000
6- Atribuição dos códons componentes do RNA transportador a partir do RNA mensageiro	50	186	96	76	123	7	0,0000
7- Atribuição das bases componentes das duas fitas de DNA a partir do RNA mensageiro.	21	126	96	132	152	11	0,0000
8- Identificação dos aminoácidos a partir das informações contidas no RNA mensageiro e com a interpretação da tabela de códons	123	231	30	25	116	13	0,0000

* Teste do Qui-quadrado de Pearson

Os resultados obtidos por meio do questionário aplicado serão discutidos aqui em dois blocos visando tornar a discussão mais concisa e clara. O primeiro bloco envolve as questões um, dois três, quatro, cinco, seis e oito para as quais foram construídos os gráficos das Figuras 8A, 8B, 8C, 9A, 9B, 9C e 10B, respectivamente. Os dados de todas as questões deste bloco (exceto a questão três) revelam uma elevação no número de acertos, a diminuição de erros e nenhuma ou poucas respostas em branco, o que é positivo já que a molécula de DNA foi esboçada no modelo utilizado na aula. O modelo aplicado aos estudantes foi satisfatório se levarmos em consideração o que destacam Paz et al. (2006) sobre o modelo, como a reflexão de determinada “parte da realidade” ou da tentativa de compreender e/ou atuar sobre essa realidade. Tais dados nos levam a refletir que utilizar um modelo didático foi importante para a melhoria dos resultados, já que todos os estudantes envolvidos na intervenção haviam participado de aulas sobre o mesmo conteúdo ministradas pelos seus professores. Desta maneira, é válido ressaltar o que aponta Pietrocola (1999, p. 225), sobre o

processo de utilização de modelos didáticos quando afirma que eles podem “ser um meio de transformações dos conteúdos de ensino”.

A análise dos dados da questão três evidencia que há uma melhora na quantidade de acertos e diminuição das questões deixadas em branco, mas o total de erros mantém-se inalterado. Como a questão abordou o conceito de gene vale ressaltar que a resposta adequada não é simples, visto que são encontrados vários conceitos na literatura. Ao tratar deste conceito Schneider; Della Justina e Meghioratti (2013, p. 4) destacam que os problemas relativos a conceitos tais como DNA, proteína ou gene são decorrentes da “própria natureza desses conceitos” que não estão presentes no “acesso sensorial dos alunos, ou seja, suas experiências cotidianas”.

Apesar da utilização do modelo e de outras metodologias inovadoras no ensino, o aprendizado nem sempre é alcançado com êxito. É válido ressaltar que alguns conceitos científicos estão distantes do contexto dos estudantes devido à falta de vínculo do ensino das Ciências com o mundo real, isso torna “a ciência escolar cada vez mais distante da realidade vivenciada pelo aluno” (PIETROCOLA, 1999, p. 220).

Após a aplicação do modelo aumentou positivamente o número de acertos e diminuíram os erros, mesmo nas questões seis e oito que são abertas. Estes dados evidenciam que existe aumento significativo de acertos após a aula com a utilização do modelo didático, podemos então considerar o potencial promissor do material didático. O modelo funcionou como um recurso didático de auxílio para a melhoria na aprendizagem e Justi (2015, p. 45) ressalta que o trabalho com modelagem é uma “alternativa para se promover um ensino de Ciências autêntico”. Também de acordo com Medeiros e Rodrigues (2012, p. 317) a utilização de modelos pode trazer vantagens: “para o professor por ser uma técnica de motivação, de fácil confecção e baixo custo, se adequado à realidade escolar e para os alunos por trazer um ganho significativo de compreensão acerca do assunto tratado”.

O modelo didático utilizado nesta intervenção enfatiza as moléculas de DNA e RNA, portanto, pode ser destacado como satisfatório de acordo com os dados. Nascimento Júnior e Souza (2009,) destacam o potencial dos modelos que podem facilitar o aprendizado por funcionarem como complementos às ilustrações dos livros didáticos e também por serem concretos podendo ser manipulados e visualizados, evidenciando seus detalhes estruturais.

O segundo bloco de análise dos resultados envolve a questão sete (Figura 10A) que informa o trecho do RNA mensageiro e solicita aos estudantes a sequência de bases das duas fitas de DNA. Os dados indicam um resultado positivo em relação às respostas deixadas em branco no pré e pós-teste, mas a quantidade dominante de respostas erradas no pós-teste

evidencia um resultado inconsistente com os objetivos propostos na aplicação do modelo. Essa era uma questão aberta que abordava o processo de “Transcrição Reversa” através da qual a resposta envolve a construção de DNA a partir de RNA. É compreensível que a abstração e complexidade do assunto mesmo sendo desenvolvido no decorrer da utilização do modelo tenha deixado lacunas. Uma alternativa para possibilitar a melhoria do aprendizado seria proceder com a modelização após a aplicação do modelo didático.

Sobre a modelização, Justi (2015, p. 39) aponta que o trabalho envolvendo modelos e Ciência são importantes por favorecer o conhecimento de assuntos abstratos e servir como fundamentação para explicações. Para a autora diversos estudos sobre o assunto apresentam divergências sobre o significado de modelos, mas indicam um ponto de concordância crucial “modelos são um dos principais produtos da ciência e o processo de modelagem fundamenta a produção do conhecimento científico”.

O teste Qui-quadrado para esta questão evidencia um resultado que confirma a relação existente entre os dados analisados e a intervenção didática com a utilização do modelo. Apesar do elevado número de erros, o resultado mostra uma melhoria significativa nos acertos após o uso do modelo didático.

Do ponto de vista de Justi (2006, p. 178), os modelos são importantes porque servem para representar o modo de pensar dos cientistas, mas a modelização é uma via mais ampla para construção do conhecimento por conduzir os estudantes a “fazer ciência”, “pensar sobre a ciência” e “desenvolver o pensamento científico e crítico”. Se a pesquisa tivesse possibilitado tempo suficiente para aplicar o modelo e também proceder com a modelização participativa dos estudantes os resultados talvez fossem mais positivos.

Ao se proceder a análise geral dos dados coletados pelo questionário podemos destacar que o modelo didático aplicado foi relevante para o processo de ensino e aprendizagem por conduzir a resultados com significância em todas as oito questões. Para Cupani e Pietrocola (2002), o papel do ensino de Ciências seria o de “fornecer os conhecimentos teóricos necessários e mostrar como explicações sobre o mundo podem ser produzidas a partir deles”, desta forma, surge o desafio de gerar metodologias didático-pedagógicas que permitam o acesso de “indivíduos leigos aos processos e produtos da atividade representativa da ciência”.

É válido ressaltar ainda, o que Medeiros e Rodrigues (2012) concluíram em seu trabalho sobre os modelos:

A função educativa do modelo didático foi claramente observada durante sua aplicação ao verificar o favorecimento da obtenção de conhecimento em

clima de descontração. Com isso, defende-se a ideia de que os modelos didáticos devem merecer um espaço mais amplo na prática pedagógica dos professores por se tratar de uma estratégia que motiva e agrega aprendizagem de conteúdo ao desenvolvimento de aspectos comportamentais saudáveis. Cabe ressaltar que os modelos didáticos não devem ser substitutos de outros métodos de ensino. Devem servir como auxílio para o professor e para os alunos que usufruem, como recurso didático para o seu aprendizado (MEDEIROS; RODRIGUES, 2012, p. 317).

3.3 Avaliação da Intervenção Realizada pelos Licenciandos Junto aos Estudantes do Ensino Médio

Para sistematizar a percepção dos professores em formação inicial sobre a aplicação do modelo didático nas escolas foi realizada uma *roda de conversa* em um diálogo coletivo e semi-estruturado com os 25 acadêmicos com duração de uma hora e dez minutos. Houve uma boa participação e inteiração dos graduandos durante a roda de conversa apesar de uma hesitação inicial de todos antes da primeira fala, talvez pelo fato da conversa ter sido gravada.

A conversa teve o direcionamento da professora pesquisadora que a partir de um roteiro prévio solicitou aos participantes que discorressem sobre: as dificuldades encontradas em relação ao embasamento teórico, modelagem e aplicação do modelo nas escolas; contribuições para o aprendizado e formação dos licenciandos; fragilidades do modelo; pontos positivos e negativos evidenciados pelos estudantes do ensino médio; e também a colaboração e percepção dos professores regentes das escolas campo em relação ao modelo.

Na maioria das falas, os acadêmicos ressaltaram a amplitude, complexidade e abstração do conteúdo abordado pelo modelo didático e também reforçaram que os estudantes do ensino médio apontaram a mesma impressão em relação ao conteúdo. O acadêmico A7 afirmou: *“Quando o conteúdo é observado apenas nos livros ou imagens tudo parece muito complexo”* A16 complementa: *“O conteúdo em si é muito abstrato e complexo, são muitas informações o que acaba caindo no esquecimento da gente.”*

Para reafirmar a necessidade de uma abordagem adequada do professor de Ciências diante de conteúdos considerados complexos, Vilhena et al. (2010) destacam que o ensino por meio dos modelos é vantajoso por permitir uma visualização mais próxima da realidade, levando o aluno a “refletir e assimilar” o conteúdo por meio do seu raciocínio individual. Portanto, a abordagem utilizando o modelo didático do conteúdo de genética em questão, que

é fundamental para entender tantos outros processos dos seres vivos, pode ser considerado adequado e contribuiu para uma aprendizagem mais eficaz.

Em relação à aplicação do modelo nas escolas, os professores em formação inicial evidenciaram dificuldades como fica evidente: *“Estar diante da turma como professor regente já é tenso e ter que se concentrar entre a exposição do conteúdo e o manuseio dos componentes do modelo, não é fácil!”* - A15; *“Os alunos já trazem consigo a ideia de que aula que não é tradicional é normal haver indisciplina. Também faltaram conhecimentos prévios para embasamento do conteúdo, o que se tornou uma barreira mediante o pouco tempo disponível para abordagem do conteúdo. O tempo e a falta de preparo da maioria dos alunos foram fatores limitantes durante a aplicação do modelo”* -A7.

Para que a aplicação de modelos seja positiva, Justi (2006) destaca a responsabilidade do professor na escolha do momento adequado do ensino para introduzir essa estratégia. É importante conhecer o nível de conhecimento dos estudantes e elaborar questionamentos que conduzam os estudantes a pensar criticamente. Assim, vale ressaltar a necessidade de um diagnóstico sobre as características da turma antes do planejamento para que o trabalho com modelos seja mais diretivo e eficaz.

Ainda em relação aplicação do modelo nas escolas os professores em formação inicial destacaram em suas falas: *“Mesmo com aulas ou assistindo a vídeo aulas fica difícil entender todo o processo que ocorre no interior das células, de início é tudo muito confuso. Somente na prática da docência realmente se aprende os conteúdos”* - A13. *“A teoria somente será fixada com eficiência quando fizer parte da necessidade do preparo docente, só houve aprendizado quando eu tive que me preparar para estar dentro da sala de aula, na vida acadêmica só se aprende para fazer prova e olhe lá... Até nela alguns precisam comunicar o que estudam para alguém no intuito de aprender”* - A5. *“É onde se cumpre a questão: ‘o professor só aprende o que ensina e ensina o que aprende’, somente quando se precisa é que se aprende, do contrário há dificuldade, pois cada um tem uma forma de aprender”* - A21. Os relatos evidenciam que ao se preparar pedagogicamente o professor revisa seu aprendizado e fixa melhor os conteúdos científicos. De acordo com Franzolin; Tolentino-Neto; Bizzo (2014), é comum em cursos de licenciatura os estudantes concluintes confirmarem que apesar dos conceitos científicos terem sido abordados de maneira aprofundada durante a graduação e eles saberem muito acerca dos conteúdos específicos de sua área, existe temores em aplicá-los na sala de aula por não saber como trabalhar com tais conteúdos.

Ao se comparar uma aula tradicional com outra em que houve a aplicação de um modelo, outro participante enfatiza ainda: *“Apesar de demandar muito tempo e dedicação é gratificante o trabalho a partir da participação ativa dos estudantes”* – A15. Ainda sobre o fato de envolver maior disponibilidade de tempo A7 comenta novamente: *“Como professor observa-se que se perde mais tempo preparando a aula, mas os resultados são muito positivos e servem para compensar”*.

No que se refere ao tempo do professor para se dedicar às múltiplas atividades que lhes são atribuídas, Moreira A. (2013) defende que, visando à melhoria do poder aquisitivo, os professores aumentam sua jornada de trabalho e assim *“falta tempo para pesquisar, estudar, planejar e inovar”*, o que torna inviável o *“autoinvestimento e o aprimoramento do próprio trabalho”*. Uma realidade muito comum no ambiente escolar é o grande número de professores que estão sobrecarregados e sem tempo para investir na melhoria de seu próprio trabalho, isso reflete em sua ação pedagógica.

Em relação ao interesse dos estudantes durante a aplicação do modelo, o acadêmico A7 destacou em sua fala: *“O aluno que não despertou o interesse em aprender não se interessa pelo ensino, independente da metodologia, ao passo que aquele que já despertou tal interesse busca meios de aprendizado e compreensão dos conteúdos”*.

A motivação para aprendizagem é um dos fatores de destaque da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Sobre tal motivação Gowin (apud MOREIRA, 2013, p. 03) afirma que *“um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos”*; o conhecimento prévio que o estudante possui é a variável que determina de maneira direta a aprendizagem significativa; e por fim, depende do estudante a decisão de aprender um conteúdo de maneira significativa e eficaz.

Um diagnóstico que pode ser feito em relação à motivação dos estudantes pelo conhecimento, é que os modelos podem se tornar materiais potencialmente significativos para o processo de aprendizagem. Em relação ao potencial de um material de ensino, Praia (2000) defende que:

[...] Da natureza do material a aprender - este deve ser logicamente significativo, isto é suficientemente não-arbitrário e não-aleatório, de modo a poder relacionar-se de forma não-arbitrária e substantiva, a ideias correspondentemente relevantes, e deverá, também, ser passível de compreensão humana.

Da estrutura cognitiva específica de cada indivíduo - esta deve apresentar ideias- âncoras específicas com as quais o novo material é relacionável (PRAIA, 2000, p. 127).

Em relação às vantagens da utilização de modelos, Justi (2006, p.175), utiliza-se da seguinte argumentação: “modelos são instrumentos que servem para mediar teoria e realidade, pois são autônomos em relação a ambos”; eles funcionam como meio de investigação já que ensinam sobre o objeto que representam; é ainda estrutura que edifica a representação de uma situação, o que “desenvolve uma maneira científica de pensar”.

Na roda de conversa alguns acadêmicos reforçaram na sua fala algumas vantagens do modelo, A7 afirma: “*A partir da materialização do modelo da molécula de DNA é possível assimilar os processos complexos que a envolve, ocorre a criação de um modelo mental que possibilita fazer analogias com algo concreto do contexto que seja mais simples, mas que não conseguíamos associar anteriormente. O modelo aproxima a teoria da realidade, o conteúdo que envolve a molécula de DNA está muito distante da realidade e o modelo faz essa aproximação por ser manipulável, ele facilita a compreensão da teoria*”.

Sobre a vantagem da aplicação do modelo aos alunos do ensino médio, A3 comentou: “*Só houve interesse maior pela exposição oral do conteúdo a partir do momento que o modelo foi introduzido na aula, o modelo serviu pra chamar a atenção dos alunos e deixá-los atentos à aula*”. A partir dessa abordagem podemos considerar que houve pontos positivos no trabalho desenvolvido junto aos acadêmicos e também com os estudantes do ensino médio.

O trabalho docente com modelos requer também alguns cuidados. Sobre a precaução em relação aos modelos Krasilchick (2004) destaca que pode levar os alunos ao entendimento simplificado da realidade, objetos ou processos. Ainda sobre a limitação do trabalho com modelos, Nascimento Júnior e Souza (2009) enfatizam que são apenas representações do que precisa ser estudado, e em si mesmo, pode não ser suficiente para explicar um conteúdo e resultar em aprendizado.

O discurso de A7 evidencia uma dificuldade do modelo trabalhado: “*Havia uma ideia muito ampla em relação ao conteúdo e o modelo veio reafirmar e trabalhar com esta amplitude. Apesar de ser um modelo simples envolve muitos aspectos do conteúdo vistos desde a educação básica até a graduação – essa é uma qualidade do modelo trabalhado – por essa abrangência houve dificuldades em delimitar o que seria abordado no ensino médio. Acredito que somente com a experiência na docência o professor aprende a delimitar o que deve trabalhar para atingir objetivos de aprendizagem específicos, portanto, o auxílio e orientação da professora pesquisadora foram fundamentais neste aspecto*”. De acordo com a percepção de tal dificuldade se confirma que o modelo em si não oferece garantia de aprendizado, faz-se necessário o planejamento adequado e um bom direcionamento na

aplicação didática, portanto, o docente deve tomar muito cuidado na proposta de utilização de modelos.

Quando se trata de melhoria no ensino de Ciências a utilização de modelos e a modelagem não são respostas únicas, mas podem ser tomadas como ótima sugestão de metodologia. Sobre a comparação entre a aplicação do modelo didático através de aula expositiva dialogada em que os licenciandos participaram na primeira ação desta pesquisa e a confecção do mesmo modelo didático (modelagem) realizada por eles antes da intervenção, os acadêmicos comentaram: *“A modelagem leva a uma melhor compreensão do conteúdo, muito mais que apenas aquela que se consegue com o uso do modelo”* – A5. Outro ainda complementou tal ideia: *“O modelo é fácil de montar e pode ser feito até com papel reciclável, o uso do modelo foi importante, mas a modelagem conduz à compreensão e aprendizado com melhor qualidade. Se nas escolas ao invés de apenas aplicar o modelo, os estudantes tivessem tido a oportunidade de fazer a modelagem, os resultados referentes à aprendizagem seriam muito melhores, assim como aconteceu conosco aqui na graduação”*. – A19.

A modelização é um elo mediador entre as teorias e os dados empíricos. Isoladas no contexto científico as teorias seriam apenas “abstrações”, não aplicáveis à realidade. Os dados empíricos por sua vez, mesmo fazendo parte da realidade não seriam capazes de gerar conhecimento apenas por serem inseridos em sistemas lógicos. Cabe à modelização, portanto ser a “instância mediadora entre a dicotomia existente entre teórico e empírico” (PIETROCOLA, 1999). Em síntese: o ideal é trabalhar com o modelo e a modelização para favorecer a melhoria do processo de ensino e aprendizagem significativa.

Ao abordar as contribuições para a formação intelectual ou profissional A18 afirmou: *“O trabalho com o modelo e a modelagem contribuíram com o aprendizado sobre o conteúdo e também com a formação acadêmica dos licenciandos. Conduziu-nos a pensar em aulas diferentes do tradicional para que possamos ministrar ainda em nosso estágio obrigatório, a fim de que haja um melhor aprendizado, assim, utilizar aulas mais criativas para que os alunos possam assimilar melhor os conteúdos”*.

A utilização de modelos e a modelagem nas aulas oferecem algumas vantagens, assim como inspira alguns cuidados, e o que pode intensificar os efeitos positivos para o processo de ensino e aprendizagem. Assim, Justi (2006) destaca que o ensino por modelagem envolve aspectos relacionados não somente ao conhecimento e habilidades de alunos e professores, mas também aspectos relativos às suas ações quando envolvidos em um processo de ensino com estas características. Por isso, destaca a autora, o ideal é que ao invés de apenas

apresentar um modelo aos estudantes sejam propostas atividades que os conduzam a aprimorar suas ideias acerca do conhecimento, bem como saber utilizá-las em novas situações.

Podemos considerar que o modelo didático colabora com a articulação entre teoria e prática como uma engrenagem que agiliza e qualifica o processo de ensino e aprendizagem. A Figura 11 serve como ilustração desse processo articulatório que pode ser realizado através do modelo didático:

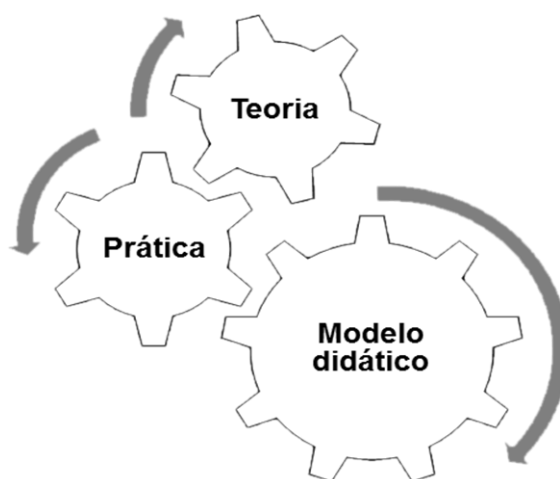


Figura 11: Esquema da articulação entre Teoria e Prática.

A partir da análise do discurso dos licenciandos envolvidos na pesquisa podemos observar que o trabalho com a aplicação do modelo didático possibilitou o ganho relativo ao aprendizado dos acadêmicos. Foi positivo tanto em relação ao conteúdo curricular como também nos aspectos pedagógicos relacionados à sua formação inicial. Destacamos o relato de Nascimento Júnior e Souza (2009) de que uma maneira de ofertar instrumentos eficazes ao futuro professor consiste em utilizar e apresentar modelos didáticos aos mesmos a fim de que possam incorporá-los à sua prática. Ainda sobre a formação docente é válido ressaltar:

Os docentes, na sua prática diária, desenvolvem saberes particulares, calcados nas suas atribuições e no conhecimento de seu ambiente de trabalho. São os **saberes experienciais**, nascidos da experiência e por ela corroborados. Tais saberes são incorporados na experiência individual e coletiva na forma de macetes, de saber-fazer e de saber-ser. Assim, os saberes experienciais garantem que o professor consiga lidar com as mais variadas situações, por exemplo, motivar os alunos, controlar a disciplina da classe e criar diferentes situações de aprendizagem que garantam o sucesso da maioria dos estudantes (SABINO; PIETROCOLA, 2016, p. 204).

3.4 Conclusões

A utilização de um modelo didático para o ensino de conteúdos de Genética com estudantes de Ensino Médio pode ser reconhecido como uma metodologia de ensino que colabora para uma aprendizagem significativa. O ensino de conteúdos complexos e abstratos oferece muitos desafios que precisam ser superados pelo docente. Ressaltamos o que Pozo e Crespo (2009) destacam: a pretensão de ensinar muitos conteúdos, todos relevantes, ou mesmo seu real ensinamento, não é o bastante; só se pode mensurar a eficácia deste ensino pelo que os estudantes realmente conseguirem aprender. Portanto, o primordial na educação não é o fato de ensinar, o que realmente conta é o efetivo aprendizado dos estudantes.

A intervenção realizada pelos licenciandos junto aos alunos do ensino médio nos leva a considerar muitos fatores positivos. Os dados coletados dos estudantes do ensino médio demonstram que o modelo didático aplicado favoreceu um aumento significativo nos acertos das questões propostas, indicando uma melhoria do aprendizado dos conteúdos abordados.

Considerando que esses conteúdos já haviam sido trabalhados pelos professores da própria escola, o pré-teste evidenciou algumas dificuldades que foram significativamente melhoradas após a intervenção com o modelo didático. Os resultados do pós-teste destacam que o modelo facilitou a compreensão da localização, caracterização e definição de estruturas como os genes, os cromossomos e as moléculas de DNA e RNA. Algumas questões referentes à compreensão dos processos de replicação, transcrição e tradução tiveram um índice muito alto de erros e principalmente respostas deixadas em branco no pré-teste. Mas no pós-teste o resultado foi melhorado quanto à baixa incidência de questões deixadas em branco. Apesar de ainda haver muitos erros, o número de acertos foi significativo. Estes resultados ressaltam que apesar da abstração e complexidade do conteúdo, o modelo didático é um recurso de ensino que favorece o aprendizado.

Os dados referentes à percepção dos professores em formação inicial coletados pela roda de conversa evidenciam que a vivência desta experiência de ensino, levou-os a tomada de consciência em relação à amplitude, complexidade e abstração do conteúdo.

O tempo e a contextualização são outros obstáculos a serem superados, de acordo como os licenciandos, já que o modelo didático empregado é simples, mas abrangente em termos de abordagem de conteúdo, por isso, o planejamento adequado deve ser primordial. Houve a percepção também, de que o modelo didático atraiu a atenção dos alunos para o tema conduzindo a uma melhor compreensão do conteúdo.

O trabalho com a confecção do modelo didático e sua aplicação aos estudantes do ensino médio despertou nos licenciandos a necessidade de inovação a partir de aulas diferenciadas do tradicional visando à melhoria do processo de aprendizagem. Dentro desta perspectiva podemos considerar o que Medeiros e Rodrigues (2012, p. 318) descrevem sobre o esperado para trabalhos com modelos: que eles possam contribuir não apenas para a apropriação de conhecimento, mas também para “sensibilizar os professores quanto a importância desses materiais, motivando o uso e até mesmo incentivando a elaboração de metodologias alternativas.”

3.5 Referências

CUPANI, Alberto; PIETROCOLA, Maurício. A Relevância da Epistemologia de Mario Bunge para o Ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, número especial, 2002, p.100-125.

FRANZOLIN, Fernanda; TOLENTINO-NETO; BIZZO, Nélio. Generalizações que distanciam os conhecimentos dos livros didáticos das referências em Genética. **Revista Genética na Escola**, v. 9, n. 2, 2014. Disponível em: http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_6f70671053094a889452ed18a3bd8aaa8.pdf. Acessado em 05 de janeiro de 2018.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

JUSTI, Rosária. La Enseñanza de Ciencias Basada en La Elaboración de Modelos. **Revista Enseñanza de Las Ciencias**, v.24, n.2, p. 173-184, 2006.

_____. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.17 n. especial, p. 31-48, nov., 2015.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: EDUSP,2004.

MEDEIROS, Karen Cristina Rodrigues; RODRIGUES, Flávia Melo. Análise da eficiência do uso de um Modelo Didático para o Ensino de Citogenética. **Revista Estudos**, v. 39, n.3, p. 311-319. Goiânia, 2012.

MELO, Marcia Cristina Henares de; CRUZ, Gilmar de Carvalho. Roda de conversa: uma proposta metodológica para a construção de um espaço de diálogo no ensino médio. **Revista Imagens da Educação**, v. 4, n. 2, p. 31-39, 2014. Disponível em: http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ImagensEduc/article/viewFile/22222/pdf_5, acesso em 03 de julho de 2017.

MOREIRA, Antonio Flávio Barbosa. Currículo e formação de professores: notas para discussão. In: LIBÂNEO, José Carlos; SUANNO, Marilza Vanessa Rosa; LIMONTA, Sandra Valéria (orgs.). **Qualidade da Escola Pública: Políticas educacionais e formação de professores**. Goiânia: Ceped, 2013. p. 173-187.

MOREIRA Marco Antonio. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. 2013. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>. Acesso em 02 de maio de 2017.

NASCIMENTO JÚNIOR, Antônio Fernandes; SOUZA, Daniele Cristina de. A Confeção e Apresentação de Material Didático-Pedagógico na Formação de Professores de Biologia: O que diz a Produção Escrita? **VII Encontro Nacional de pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1218.pdf>. Acessado em: 02/05/2017.

PAZ, Alfredo Müllen da; ABEGG, Ilse; ALVES FILHO, José Pinho; OLIVEIRA, Vera Lúcia Bahl de. Modelos e Modelizações no Ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Revista Ensaio**, v. 08, dez. de 2006.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: O Realismo Científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências através de Modelos. **Revista Investigações no Ensino de Ciências**, v. 4, n.3, p. 213-227. Florianópolis, 1999.

PRAIA, João Félix. Aprendizagem significativa em David Ausubel: contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidência no ensino. In: NOVAK, Joseph D et al. **Teoria da Aprendizagem Significativa Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa**. Peniche, 2000. Cap. 05, p. 121-134.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel ÁngelGòmez. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SABINO, Aline Ribeiro; PIETROCOLA, Maurício. Saberes docentes desenvolvidos por professores do ensino médio: um estudo de caso com a inserção da física moderna. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n.2, p. 200-216, 2016.

SCHNEIDER, Eduarda Maria; DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. Investigação do desenvolvimento de um módulo didático sobre o conceito de gene na licenciatura em Ciências Biológicas. **Revista Experiências em Ensino de Ciências**, v.8, n. 3, 2013.

VILHENA, Nariane Quaresma et al. Modelos didático-pedagógicos: estratégias inovadoras para ensino de biologia. **II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Artigo 196. Universidade do Estado do Pará, 2010. Disponível em: <http://www.sinect.com.br/anais2010/artigos/EB/196.pdf>. Acessado em: 02/05/2017.

CAPÍTULO 4. OFICINA DE MODELAGEM: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE GENÉTICA

4.1 Apresentação

A sugestão de oficina de ensino aqui apresentada se configura como produto final de uma pesquisa de pós-graduação *stricto sensu* (mestrado) “O Ensino de Genética utilizando Modelos Didáticos: uma proposta metodológica na formação inicial de Professores” do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPEC, da Universidade Estadual de Goiás – UEG.

Durante o trabalho de pesquisa um modelo didático que aborda alguns conteúdos de Genética foi utilizado. Essa etapa da pesquisa teve o intuito de evidenciar a importância do uso de modelos didáticos como recurso metodológico para o ensino de Genética na formação inicial de professores. Em uma segunda etapa, os professores em formação inicial participantes da pesquisa realizaram uma intervenção. Nela aplicaram o mesmo modelo a estudantes de algumas escolas de ensino médio com o objetivo de avaliar se a utilização de um modelo didático é uma metodologia de ensino que colabora para uma aprendizagem significativa.

A partir destas etapas da pesquisa, verificou-se que apesar da abstração e complexidade de alguns conteúdos de Genética a utilização do modelo didático se constitui em um recurso metodológico que pode colaborar para a melhoria na qualidade do processo de ensino e aprendizagem. Também ficou evidente que a aplicação do modelo didático pelos professores em formação inicial foi importante por proporcionar uma experiência pedagógica servindo como instrumento de modificação para práticas futuras.

O exercício da docência requer a constante busca pelo conhecimento e, na opinião de Baptista (2003, p. 10), “o desenvolvimento profissional dos professores está intimamente relacionado com sua formação”. É a partir da conscientização acerca de sua prática que o docente poderá transformar seu trabalho, isso requer o conhecimento crítico da realidade.

Partindo dessa premissa, apresentamos aqui uma sugestão de oficina de modelagem com o intuito de favorecer a vivência de experiências didático-pedagógicas que possibilite aos professores em exercício e em formação inicial resultados satisfatórios quanto ao ensino e aprendizagem de Genética.

4.2 Modelagem, oficinas de ensino e prática docente

A prática docente impõe muitos desafios ao professor que precisa inovar na busca de novos conhecimentos com o intuito de viabilizar sua atuação amenizando as disparidades do ensino na atualidade. Uma opção pode ser a utilização de metodologias diversificadas que favoreçam o processo de ensino e aprendizagem efetivo e com significado para o estudante.

O processo de confecção de um modelo didático pode ser uma oportunidade de melhoria do aprendizado. De acordo com Duso et al. (2013):

Em termos gerais, a modelização retrata um processo de elaboração de modelos ou se refere à apropriação de modelos já elaborados e aceitados. Em função disso, a modelização abre espaço para análises, seja em relação à ciência, à Teoria de Modelos Mentais ou ao ensino de ciências, como processo de desenvolvimento de aprendizagem (DUSO et al., 20013, p. 32).

A modelização é uma atividade que demanda maior disponibilidade de tempo e também exige um planejamento minucioso das atividades propostas para que haja o envolvimento dos estudantes e culmine em resultado satisfatório. O primeiro passo é a escolha do modelo a ser confeccionado.

Um modelo para Gilbert; Boulter e Elmer, apud Paganini; Justi e Mozzer (2014, p. 1020) “pode ser compreendido como uma representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou fenômeno para um dado sistema, elaborado com uma finalidade específica”. Os modelos didáticos, segundo Justi e Gilbert (2002) são apenas representações da realidade e não “uma cópia”, eles podem ter origem a partir da interpretação de uma pessoa sobre o contexto que representa. A partir desta perspectiva, com a interpretação dos processos de Replicação, Transcrição e Tradução dentro da disciplina de Genética que envolvem a molécula de DNA e RNA, foi construído o modelo didático que abordaremos.

É válido ressaltar que Justi e Gilbert (2002, p. 1371) destacam três componentes utilizados para se entender um modelo: eles são uma forma de “testar ideias”; quem o modela possui “papel ativo na sua construção”; e, um modelo pode ser “testado e alterado para informar o desenvolvimento de ideias”. Desta forma, a modelagem é um processo amplo que envolve uma série de atividades podendo resultar na melhoria do aprendizado.

Segundo Vieira e Volquind (2002), as oficinas de ensino favorecem a integração entre “sentir, pensar e agir” favorecendo a interação entre teoria e prática; portanto, para ser

uma proposição inovadora uma oficina precisa “criar um espaço para a vivência, a reflexão e a construção de conhecimentos”. A partir destes princípios surge a proposta desta oficina de modelagem. Nela acontece a confecção de um modelo didático a partir de orientações sobre sua estrutura física e apontamento das possibilidades didático-pedagógicas que o mesmo suscita.

O trabalho com oficinas de ensino se constitui como uma metodologia eficiente na formação continuada de professores. Através delas o foco de ensino se converge para o “aprendiz e a aprendizagem” saindo do docente, o que caracteriza a metodologia diferente do ensino tradicional focado na “cognição”. “Uma oficina é pois, uma oportunidade de vivenciar situações concretas e significativas, baseadas no tripé: sentir-pensar-agir, com objetivos pedagógicos” (PAVIANI; FONTANA, 2009, p.78).

O desenvolvimento deste trabalho de modelagem através de uma oficina de ensino se justifica de acordo com Mastelari e Zômpero (2017, p. 225) por ser um tipo de metodologia que “tem como objetivo promover uma cultura de participação e de integração de todos”, sendo, portanto, uma proposta formativa que envolve o “coletivo”. Ao se trabalhar em duplas ou grupos, a interação promove a vivência de um processo construído com o compartilhamento de ideias. Há de se esperar que esta interação promova uma experiência de ensino e aprendizagem sobre modelos e modelagem com maior significância.

4.3. Proposta de Oficina

4.3.1 Objetivos

GERAL: Divulgar a proposta da construção de um modelo didático no intuito de favorecer a vivência de experiências didático-pedagógicas para o ensino de Genética.

ESPECÍFICOS:

- ✓ Divulgar as características do processo de ensino e aprendizagem através de modelo e modelagem de forma a facilitar e favorecer um ensino de melhor qualidade.
- ✓ Favorecer a oportunidade de vivenciar o processo de modelagem de maneira reflexiva e organizada a partir da utilização teórica e prática do conhecimento para a construção de um modelo que visa o ensino de Genética.

- ✓ Colaborar com o desenvolvimento de atividades envolvendo modelo e modelagem para o ensino de Genética possibilitando relacionar e aplicar este processo na prática pedagógica.

4.3.2 Público-alvo

A oficina de modelagem foi planejada e elaborada visando produzir resultados satisfatórios de ensino e aprendizagem significativa de conteúdos de Genética que são complexos e abstratos. O público alvo a que se destina são os professores em formação inicial e/ou continuada.

4.3.3 Tempo estimado

A construção do modelo didático envolve uma parte teórica e outra prática que poderão ser desenvolvidas em um intervalo de tempo de aproximadamente três a quatro horas.

4.3.4. Primeira atividade: momento teórico

4.3.4.1 Tempo estimado: Uma hora

4.3.4.2 Conteúdo - O ensino e aprendizagem através de modelos e modelagem:

- ✓ Conceituação de modelo e modelagem;
- ✓ Tipos de modelos;
- ✓ Vantagens e limitações da utilização de modelos e modelagem como metodologia de ensino.

4.3.4.3 Metodologia e sugestões de referencial teórico

Diversos artigos abordam a temática de modelos e modelagem. O ideal é que professor formador faça um estudo prévio de alguns textos antes de ministrar a oficina. O formador poderá desenvolver o momento teórico utilizando de metodologias diversificadas, tais como: exposição explicativa dialogada sobre o tema; utilização de recursos multimídia com slides diretivos sobre o assunto; estudo dirigido de trechos de artigos com posterior socialização do tema pelos participantes, dentre outras metodologias.

Os principais artigos sugeridos para serem utilizados como referenciais iniciais do tema são:

- ✓ DUSO, Leandro; CLEMENT, Luiz; PEREIRA, Patrícia Barbosa; ALVES FILHO, José de Pinho. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. Belo Horizonte: **Revista Ensaio**, v. 15, n. 02, p. 29-44, maio-ago, 2013.
- ✓ DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida. FERLA, Marcio Ricardo. A Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Genética – Exemplo de Representação de Compactação do DNA Eucarioto. **Arq. Mudi**. Maringá PR, 2006.
- ✓ PAZ, Alfredo Müllen da; ABEGG, Ilse; ALVES FILHO, José Pinho; OLIVEIRA, Vera Lúcia Bahl de. Modelos e Modelizações no Ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Revista Ensaio**, v. 08, dez. de 2006.
- ✓ PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: O Realismo Científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências através de Modelos. **Revista Investigações no Ensino de Ciências**, v. 4, n.3, p. 213-227. Florianópolis, 1999.

4.3.5. Segunda atividade: momento prático

É importante que esta atividade seja desenvolvida preferencialmente em pequenos grupos (máximo cinco integrantes) ou em duplas no intuito de favorecer a integração dos participantes e otimizar o tempo.

4.3.5.1 Tempo estimado: Aproximadamente duas horas

4.3.5.2 Materiais utilizados

- **Moléculas de DNA e RNA mensageiro:**
 - ✓ Papel colorido (tipo criativo ou chamex) em cinco cores;
 - ✓ Tesoura;
 - ✓ Fita crepe fina (1,5 cm de largura, aproximadamente);
 - ✓ Pincel atômico.

- **RNAs transportadores, aminoácidos e ribossomo:**
 - ✓ Papel chamex branco e papel colorido (tipo criativo ou chamex) em quatro cores;
 - ✓ Papel cartão face única (uma folha);
 - ✓ Fita crepe;
 - ✓ Tesoura;
 - ✓ Cola para papel;

- ✓ Pincel atômico.

4.3.5.3 O modelo didático

O modelo didático proposto na oficina de modelagem é constituído por duas fitas de DNA, uma fita de RNA mensageiro, cinco RNAs transportadores e cinco aminoácidos. Também foi adicionado ao modelo um ribossomo adaptado a partir do molde do modelo intitulado “*Síntese de Proteínas*” da autora Myriam Krasilchik (1986, p. 45). Os componentes do modelo podem ser visualizados na Figura 12:



Figura 12. Modelo didático para o ensino de Genética com todos os componentes constituintes.

Fonte: A autora 2018

4.3.5.4 Etapas da construção do modelo didático

4.3.5.4.1 Preparo das bases para as fitas de DNA e RNAs

As fitas de DNA, RNAm e os RNA transportadores são constituídos por pedaços recortados de papéis coloridos (cinco cores diferentes) representando as bases nitrogenadas. Cada base nitrogenada é representada por um retângulo de papel com dimensão de 9 cm X 6 cm com uma das extremidades com recorte diferente e encaixáveis, os moldes indicativos do formato dos retângulos representativos das bases estão disponibilizados (Apêndice 5).

As bases nitrogenadas foram representadas cada uma por uma cor específica (Adenina – rosa, Timina – azul, Guanina – laranja, Citosina – verde e Uracila – amarelo), no papel foi escrito ao final da montagem a inicial do nome da base em letra maiúscula com

pincel atômico. Para facilitar o recorte das bases é necessário definir a quantidade delas que será utilizada no modelo antes iniciar os recortes, isso pode ser feito a partir da esquematização geral do modelo.

A construção do modelo é determinada pela consulta à tabela de códons⁶ (Anexo 1), como para alguns aminoácidos existem mais de um códon - código genético é universal e degenerado⁷, faz-se necessária a definição dos códons a serem utilizados no modelo. Aqui tomaremos os seguintes códons para cada aminoácido: metionina – AUG; serina – UCU; arginina – CGC; isoleucina – AUC; prolina – CCG; por último foi selecionado o fator de término⁸ – UAG. A partir da escolha de códons específicos de cinco aminoácidos, procede-se o recorte das bases nitrogenadas.

Novamente destacamos que é aconselhável esquematizar no papel a sequência de bases das moléculas de RNAm, DNA, RNAt antes de iniciar a modelização, isso facilita a modelagem e define a quantidade de bases a serem recortadas. No modelo aqui descrito o total de bases a serem recortadas e suas respectivas cores de papel são: quinze adeninas (rosa); oito timinas (amarelo); sete uracilas (roxo); dezenove citosinas (azul); e vinte guaninas (laranja). Cada retângulo de papel possui as dimensões de 8,5 cm X 6 cm, com recortes em uma das extremidades, de maneira a favorecer o encaixe das bases.

Visando facilitar o recorte do papel que representa as das bases do modelo, uma folha de papel colorido tamanho A4 pode ser dobrada em oito partes iguais. Após dobrar a folha, o molde é riscado sobre uma das faces do papel e em seguida recortado conjuntamente. A Figura 13 indica o preparo para o recorte do molde que representará a base guanina:

⁶ Cada aminoácido de uma proteína é determinado por um conjunto de três nucleotídeos denominado códon. (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 310).

⁷ O código genético é quase **universal**, isto é, com poucas exceções os mesmos aminoácidos são codificados pelos mesmos códons em todos os seres vivos; e chamado de **degenerado**, porque todos os aminoácidos, exceto dois, são especificados por mais de um códon (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 310).

⁸ Tanto em procariotos, quanto em eucariotos o códon AUG é usado para iniciar as cadeias polipeptídicas. Três códons UAA, UAG e UGA especificam o término da cadeia polipeptídica. Esses códons são reconhecidos por fatores de liberação de proteínas e não por RNAt. Nos eucariotos um único fator de liberação reconhece os três códons de término (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 312-313).

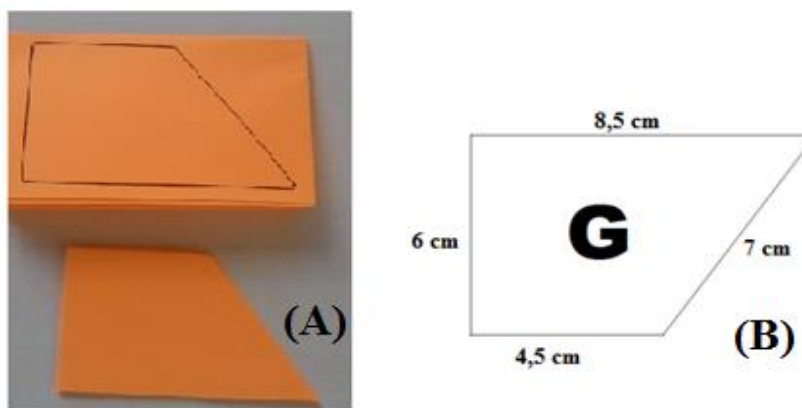


Figura 13. A- Imagem do papel que servirá para representar a base nitrogenada guanina antes e depois do recorte. B- Esquema da base nitrogenada guanina com suas respectivas dimensões.

Fonte: A autora 2018

Partindo do princípio que a base nitrogenada guanina (G) é complementar de citosina (C), basta a inversão do mesmo molde para se recortar em outra cor de papel a base citosina. Neste modelo optamos pela cor azul. A partir de uma folha dobrada em oito partes iguais teremos para cada folha de papel oito retângulos representativos de uma base. As demais cores de papel para representar as bases seguem o mesmo procedimento. Ao final teremos todas as bases disponíveis para montar as moléculas componentes do modelo. Uma observação importante para evitar erros é escrever com pincel atômico a inicial de cada base nitrogenada somente após a montagem das moléculas. A seguir a figura 14 ilustra as bases após o recorte:

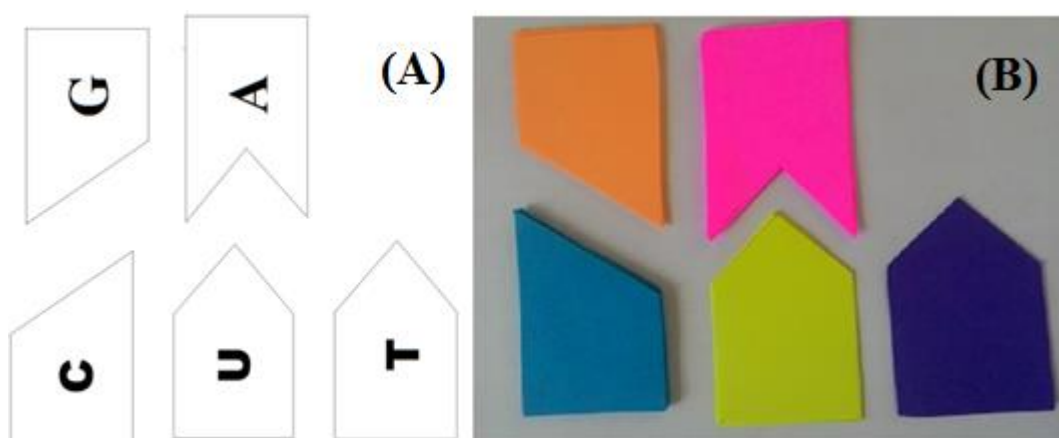


Figura 14. A-Esquema das cinco bases nitrogenadas. B- Fotos dos papéis recortados que representarão as bases nitrogenadas componentes do modelo.

Fonte: A autora, 2018.

4.3.5.4.2 Montagem da molécula de RNA mensageiro

O início da montagem da molécula se dá com o encaixe dos retângulos coloridos que representam as bases nitrogenadas na face colante da fita crepe, voltada para cima. Este

encaixe deve ser feito pela extremidade reta dos retângulos coloridos obedecendo a sequência de bases do RNA mensageiro previamente esquematizada à parte. A outra extremidade encaixável dos retângulos de papel fica livre. Cada retângulo deve ser fixado deixando um pequeno espaço entre o próximo. Ao final teremos pequenos intervalos de aproximadamente 0,2 mm entre cada retângulo colorido, de maneira que não fiquem juntos um do outro e nem afastados demais. A figura 15 apresenta o esquema dessa montagem:



Figura 15. A-Esquemática do início da montagem da molécula de RNA mensageiro com o encaixe das primeiras três bases nitrogenadas, a seta indica a continuidade da colocação das outras bases nitrogenadas. Foto correspondente ao início da montagem da molécula de RNAm (observe que a face adesiva da fita está virada para cima).

Fonte: A autora 2018.

A partir da continuidade da montagem de todas as bases nitrogenadas correspondentes aos códons específicos do RNAm teremos ao final uma molécula representativa do RNAm. A observação da molécula de RNA corresponde a figura 16:

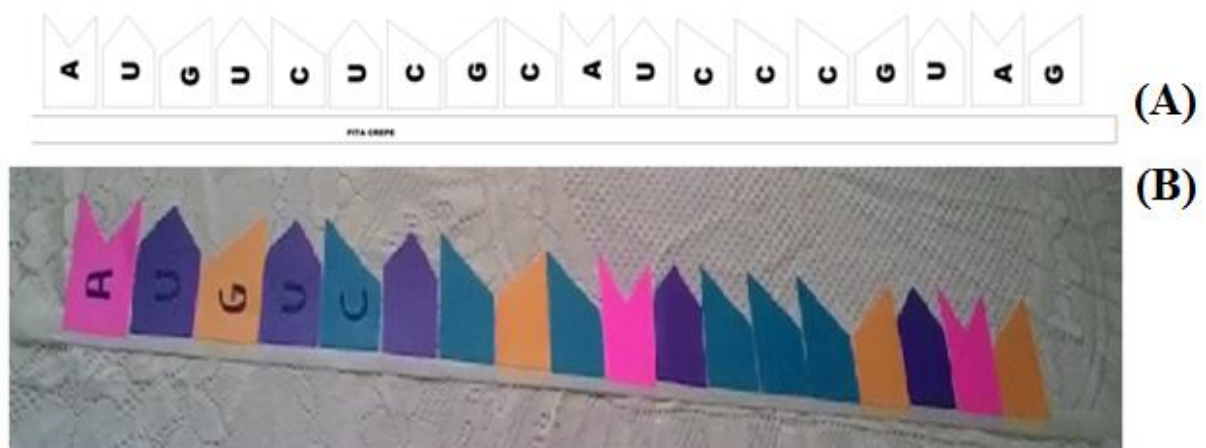


Figura 16. A-Esquemática completa de todas as bases componentes da molécula de RNAm. B-foto da molécula com todas as bases devidamente montadas.

Fonte: A autora, 2018.

É importante reforçar novamente que o ideal é colocar as iniciais das bases somente ao final da montagem completa da molécula. Após a conferência de que todas as bases estão dispostas na sequência correta sobre a fita crepe, o próximo passo é fixar outro pedaço de

igual tamanho por cima fita montada. O pedaço de fita de cima é colocado com a face adesiva para baixo de modo que os retângulos de papel (bases) fiquem presos entre dois pedaços contínuos da fita crepe. Desta forma, o segundo pedaço de fita adesiva aderido sobre o primeiro serve para “selar” o conjunto prendendo os retângulos coloridos. A montagem das iniciais das bases nitrogenadas e do segundo pedaço de fita adesiva pode ser visualizada na Figura 17.

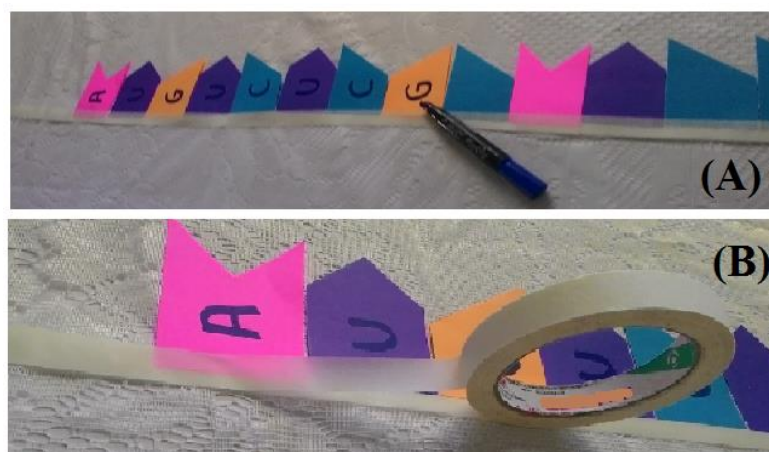


Figura 17. (A) Escrita das iniciais de cada base nos retângulos com pincel atômico. (B) Colagem de fita adesiva sobre o primeiro fragmento contendo os retângulos coloridos.

Fonte: A autora, 2018.

4.3.5.4.3 Montagem das moléculas de DNA

A partir da molécula de RNA mensageiro modelada, o próximo passo é construir a primeira cadeia da molécula de DNA de maneira complementar. De acordo com Snustad e Simmons (2013) existem casos, como por exemplo - os retrovírus, em que a molécula de RNA é utilizada como molde para a produção de uma molécula de DNA complementar, o processo denominado transcrição reversa é catalisado por uma enzima específica – a transcriptase reversa.

Para construção da molécula de DNA do modelo tomaremos como base a transcrição reversa, ou seja, construiremos DNA a partir de RNA. As bases nitrogenadas colocadas no DNA são complementares aquelas que se encontram na molécula montada (RNAm), mas no lado oposto. Desta maneira serão montados os retângulos de papel colorido em um pedaço de fita crepe contínuo. Destacamos que a base complementar da adenina (A) é a timina (T), pois o DNA não possui a base nitrogenada uracila (U), mas citosina (C) continua sendo complementar de guanina (G). O início da construção pode ser visualizado na Figura 18:

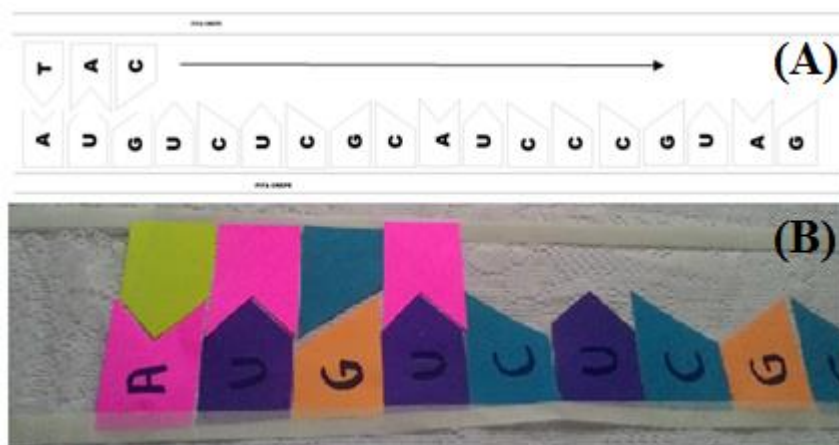


Figura 18. A- Esquemática das bases a serem montadas no início de uma das fitas da molécula de DNA. A seta indica o sentido da montagem das próximas bases. B- Início da montagem dos retângulos coloridos do modelo que representa a primeira cadeia da molécula de DNA.

Fonte: A autora, 2018.

Com a construção da primeira cadeia da molécula de DNA, em um novo pedaço contínuo de fita adesiva serão dispostos os retângulos de papel colorido que representarão as bases complementares. Após a finalização da modelagem da segunda cadeia representativa da molécula de DNA se verifica que ela é similar ao modelo que representa a molécula de RNA mensageiro. A distinção entre ambas é que no modelo representativo da segunda cadeia da molécula de DNA existe a presença de uma cor diferente de retângulo que representa a base nitrogenada timina (T) e no modelo do RNAm a outra cor de retângulo representa a uracila (U). A figura 19 ilustra a molécula de DNA que possui cadeia dupla:

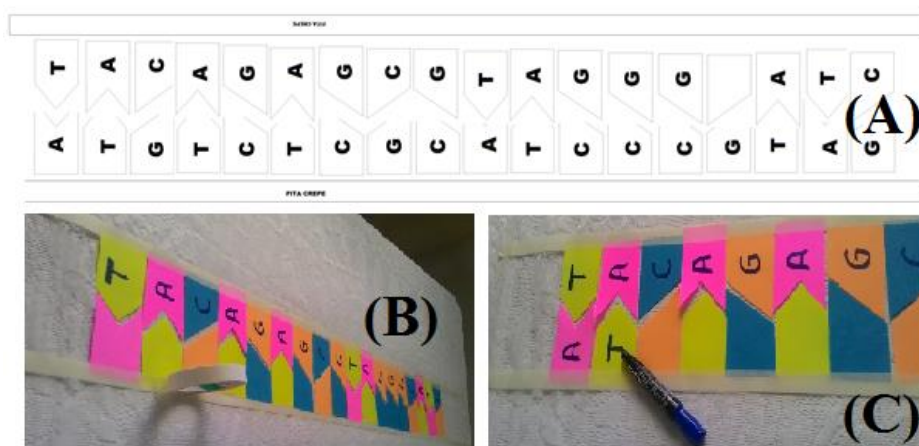


Figura 19. (A) Esquemática da molécula de DNA com todas as bases constituintes do modelo. (B) Colagem do segundo pedaço de fita adesiva para prender os retângulos de papel. (C) Finalização do modelo com a escrita das iniciais das bases nitrogenadas.

Fonte: A autora 2018.

4.3.5.4.4 Montagem das moléculas de RNAs transportadores

Cada um dos cinco modelos representativos das moléculas dos RNAs transportadores também terão suas bases (retângulos coloridos) complementares ao modelo representativo da molécula de RNAm. Assim, serão confeccionadas a partir da montagem de três bases nitrogenadas complementares àquelas presentes na molécula de RNA mensageiro. A cada códon (conjunto de três bases presentes no RNAm) representados por três retângulos coloridos serão acrescentados outros três retângulos complementares que representam os anticódons⁹ presentes no RNAt. O molde da estrutura representativa do RNAt em forma aproximada de uma haste na qual serão fixados os retângulos coloridos está disponível (Apêndice 6). Para finalizar cada um dos cinco modelos as extremidades dos retângulos representativos do anticódon são envolvidas por ambos os lados ao recorte de papel que representa cada RNAt. A Figura 20 ilustra o modelo do RNA transportador correspondente ao aminoácido metionina:



Figura 20. (A) Esquematização da molécula de RNA transportador com o anticódon correspondente ao aminoácido metionina. (B) Montagem do modelo representativo desta molécula de RNAt. (C) Finalização da montagem da molécula de RNAt com fita adesiva.
Fonte: A autora 2018.

Cada um dos cinco RNAs transportadores devem ser montados a partir da montagem das bases complementares ao RNA mensageiro. Após a montagem de todos eles será feito o molde do fator de término UAG que possui partes encaixáveis correspondentes as bases AUC.

O fator de término pode ser confeccionado a partir da junção do molde do RNA transportador aos moldes das bases nitrogenadas complementares, em uma única folha de papel, de maneira contínua sem a montagem de retângulos coloridos. O fator de término representativo neste modelo foi UAG, então o modelo a ser recortado de forma contínua no papel terá sua forma complementar como ilustrado na figura 21:

⁹ A alça do meio de cada RNAt é chamada de alça do anticódon porque leva uma trinca de nucleotídeos chamada de **anticódon**. Essa sequência é complementar ao códon para o aminoácido levado pelo RNAt (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p. 283).

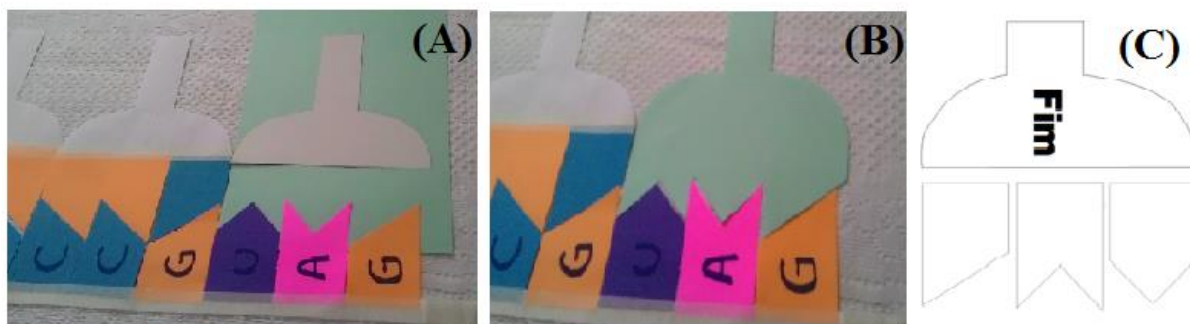


Figura 21. (A) Modelagem do fator de término a partir de folha de papel tamanho A4 na cor verde. (B) Fator de término recortado de forma encaixável ao códon UAG da molécula de RNAm. (C) Esquemática do fator de término finalizador da cadeia polipeptídica do modelo didático.

Fonte: A autora 2018.

4.3.5.4.5 Modelagem dos aminoácidos

Para a utilização do modelo didático é necessário ainda a montagem dos aminoácidos. Eles são representados por círculos de papel colorido ou branco com raio de aproximadamente 7,5 cm. Portanto, uma folha de papel tamanho A4 poderá ser dobrada em seis partes iguais. Em uma das faces deve ser traçado um círculo e em seguida fazer o recorte. Para finalizar, escreve-se com pincel atômico a abreviação do nome do aminoácido de acordo com a tabela do código genético. São constituintes do modelo aqui apresentado os seguintes aminoácidos com suas abreviações: metionina – Met.; serina – Ser.; arginina – Arg.; isoleucina – Iso.; e prolina – Pro. A Figura 22 ilustra os aminoácidos representativos do modelo didático:

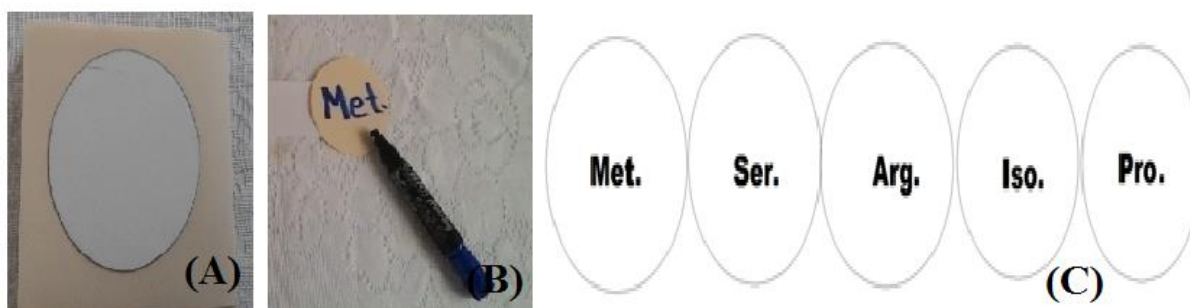


Figura 22. (A) Folha de papel tamanho A4 dobrada em seis partes que servirá para recorte dos círculos representativos dos aminoácidos. (B) Escrita das iniciais do aminoácido metionina com pincel atômico. (C) Esquemática dos aminoácidos componentes do modelo com suas respectivas iniciais.

Fonte: A autora 2018.

Para a exposição do conteúdo a partir da utilização do modelo, cada círculo de papel que representa um aminoácido deve ser preso com um pequeno pedaço de fita crepe ao seu respectivo RNA transportador. Desta maneira, cada aminoácido deve ser fixado ao RNAt onde está o anticódon que se encaixará na molécula de RNAm. Por exemplo, para a leitura do

primeiro códon, a molécula de RNA transportador correspondente a metionina se dirige ao ribossomo carregando o aminoácido metionina. Este RNA transportador possui o anticódon UAC que é complementar ao primeiro códon da molécula de RNAm (AUG). A Figura 23 ilustra o processo que se repetirá com os demais aminoácidos:



Figura 23. (A) Esquematização da molécula de RNA transportador conectada ao aminoácido metionina. (B) Modelos representativos dos RNAs transportadores conectados a seus respectivos aminoácidos e encaixados à molécula de RNAm.

Fonte: A autora, 2018.

4.3.5.4.6 Modelagem do Ribossomo

O modelo conta ainda com o aminoácido adaptado a partir do molde do modelo intitulado “*Síntese de Proteínas*” da autora Myriam Krasilchik (1986, p. 45). Após sugestões foi inserido no modelo os sítios ativos do ribossomo.

O ribossomo, segundo Griffiths; Wessler e Carroll (2011), possui o *sítio A* (aminoacil) relacionado diretamente ao início da síntese proteica, *sítio P* (peptidil) onde ocorre o alongamento da cadeia proteica, e o *sítio E* (de saída) o que se relaciona com a liberação do RNAt do ribossomo. Cada sítio ribossômico tem sua atuação durante a formação de uma nova proteína. Neste modelo didático destacamos o sítio P por estar diretamente relacionado ao alongamento da cadeia proteica e local de reconhecimento do códon pelo RNAt.

O modelo representativo do ribossomo pode ser confeccionado a partir de papel colorido convencional ou com papel mais grosso e resistente. Durante a aula onde o processo de síntese proteica é simulada ocorre o manuseio dinâmico do modelo didático. A parte representativa da molécula de RNAm deverá perpassar o local representativo dos sítios ativos do ribossomo ou vice-versa. Se o papel do modelo representativo do ribossomo não for resistente, as aberturas recortadas para a passagem do modelo que representa a molécula de RNAm poderão se romper facilmente. Em virtude disso, é importante que o papel utilizado para a confecção do ribossomo possa oferecer resistência ao manuseio e não se rasgar com facilidade.

Para a aplicação do modelo junto aos participantes, inicialmente o ribossomo foi confeccionado a partir de papel chamex colorido e de acordo com o molde do modelo intitulado “*Síntese de Proteínas*” da autora Myriam Krasilchik (1986, p. 45). Após a finalização da pesquisa o modelo do ribossomo foi melhorado, a partir de várias sugestões, no intuito de tornar-se o mais próximo possível da realidade. O modelo final de ribossomo foi confeccionado a partir de papel cartão com as dimensões 50 cm por 66 cm, aproveitando-se o máximo da largura e comprimento do papel. Na Figura 24 estão dispostos os modelos:

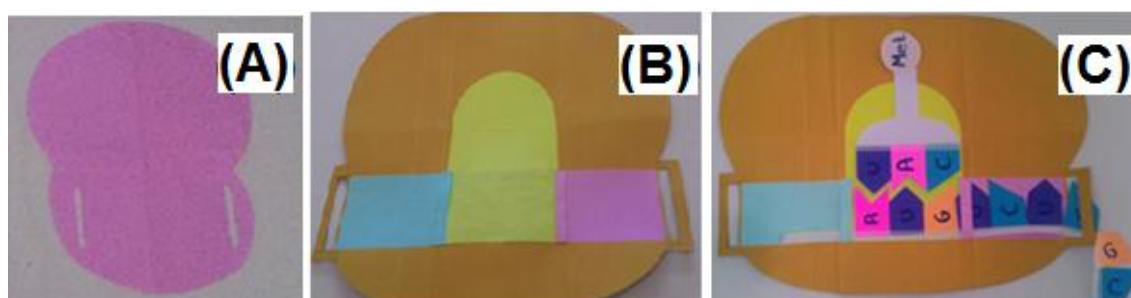


Figura 24. (A) Modelo inicial representativo do ribossomo construído a partir do molde da autora Miriam Krasilchik (1986). (B) Modelo representativo do ribossomo com destaque de recortes coloridos representando os três sítios ativos. (C) Modelo final representativo do ribossomo acoplado aos modelos representativos das moléculas de RNAm e RNAt.

Fonte: A autora, 2018.

Para a confecção do modelo representativo do ribossomo, utilizou-se o papel cartão com face única visando a maior durabilidade e resistência do mesmo, ao final da construção do modelo o papel foi recortado à mão livre no intuito de formar duas regiões arredondadas.

A parte de cima (maior) representando a subunidade 50S do ribossomo e a parte inferior (menor) para representar a subunidade 30S. Os sítios ativos foram feitos com papel colorido nas cores rosa (sítio A), amarelo (sítio P) e verde (sítio E). Os sítios A e E foram feitos com dois retângulos de papel nas dimensões 11cm por 19 cm. O sítio P foi feito com papel nas dimensões 11cm por 29 cm com as bordas superiores arredondadas no intuito de representar o local de interação entre os RNAs mensageiro e transportador.

Os retângulos de papel podem ser colados no centro do papel cartão a uma distância de aproximadamente 4 cm da borda e 9 cm da base do mesmo. Primeiro à direita o retângulo rosa, ao centro o retângulo amarelo de bordas arredondadas, e por último o retângulo verde. É importante deixar sobras de aproximadamente 4 cm de bordas nas laterais do papel cartão.

Para finalizar o modelo serão feitas aberturas retangulares nas laterais das bordas que foram deixadas no papel cartão com dimensões aproximadas de 11 cm por 2 cm. Tais aberturas servirão para que o modelo representativo da molécula de RNAm seja inserido durante o manuseio do modelo. Visando permitir que o modelo representativo do RNAm

fique preso ao modelo do ribossomo durante o manuseio que representa a simulação do processo de síntese proteica foram inseridas “alças” de papel. Estas alças foram confeccionadas a partir de duas tiras de papel na mesma cor dos sítios A e E, com 4 cm por 20 cm dobrada de forma a ficar com as dimensões de 2cm por 20 cm. Antes de colar nos sítios A e E as alças devem ter as pontas dobradas e coladas de forma que se encaixem sobre os mesmos sítios. Os detalhes do modelo descrito podem ser visualizados na Figura 25.

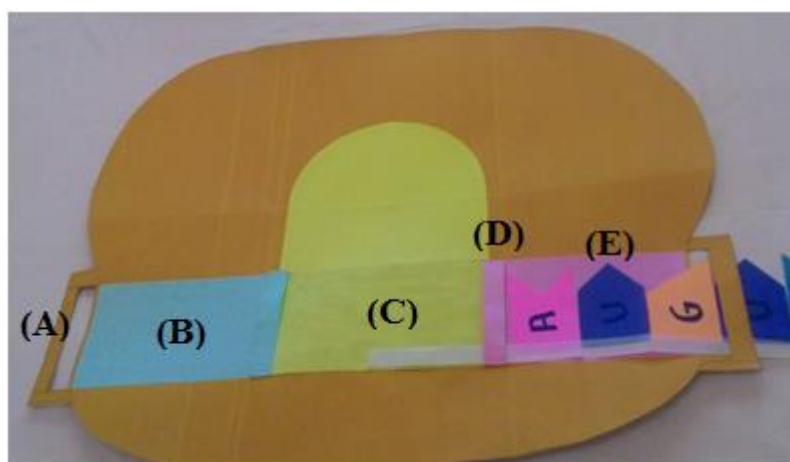


Figura 25. Detalhes do modelo de Ribossomo:(A)Abertura lateral do ribossomo para saída do RNAm. (B) Sítio E do ribossomo. (C) Sítio P do ribossomo. (D) Alça de papel na cor do sítio A. (E) Sítio A do ribossomo com o modelo que representa o primeiro códon do RNAm encaixado.

Fonte: A autora, 2018.

4.4. Avaliação da oficina de modelagem

A avaliação é uma etapa imprescindível no trabalho pedagógico, pois, permite realizar uma reflexão acerca do processo desenvolvido, verificando o alcance dos objetivos propostos. O intuito de avaliar a oficina visa principalmente a reflexão sobre essa atividade. Isto poderá ser feito de maneira contínua durante o decorrer do desenvolvimento das atividades ou ao final da oficina.

Ao acompanhar de forma direta os professores participantes da formação, o professor formador avalia a participação ativa dos mesmos, pode direcionar suas ações e esclarecer as possíveis dúvidas. Para isso, faz-se necessário que haja segurança, preparo teórico e planejamento prévio do professor formador. Uma regra imprescindível neste preparo é a modelagem prévia do material antes de ministrar a oficina.

A execução da modelagem favorece ao professor formador o desenvolvimento das habilidades necessárias a uma boa orientação dos participantes. E também possibilita ao mesmo ter disponível a estrutura física, ou seja, o modelo didático a ser apresentado no início da oficina.

Ao avaliar a oficina o professor formador poderá utilizar instrumentos diversificados como avaliação escrita enfatizando as contribuições, fragilidades da formação e possíveis sugestões dos participantes. Poderá ser feita a apresentação do modelo construído por cada um dos participantes ou grupos. Dentre outros instrumentos poderá se optar pela roda de conversa onde os participantes socializam de maneira verbal suas opiniões e dúvidas ou sugestões acerca da oficina de forma crítico-reflexiva.

4.5. Explorando o Modelo Didático - algumas possibilidades da utilização para o ensino de Genética

O modelo didático proposto pode ser um recurso metodológico se para trabalhar o ensino de Genética em diversos níveis de conhecimento. Ele possui características físicas específicas que são ideais para a abordagem introdutória sobre os ácidos nucleicos (DNA e RNA) na segunda fase do ensino fundamental (9º ano). Também pode funcionar como uma metodologia motivadora para a compreensão de alguns conteúdos de Genética tais como os processos de “Replicação, Transcrição e Tradução” que são o “Dogma Central” da Biologia, muito importantes tanto no ensino médio, como nos cursos de graduação.

O entendimento da estrutura da dupla hélice da molécula de DNA e dos aspectos históricos que a envolve merecem destaque no ensino e aprendizagem. Em relação ao processo de construção do modelo da molécula de DNA, Mesquita et al. (2017) destacam que:

Entendemos ser esse um contexto que permeia a formação científica tanto na Educação Básica como no Ensino Superior, no campo das ciências biológicas, e que os conceitos desenvolvidos a partir da elaboração da dupla hélice são basilares à compreensão de conhecimentos relacionados à genética, à citologia, à evolução, dentre outros (MESQUITA et al., 2017, p. 599).

4.5.1 Proposição de objetivos para utilização do modelo como recurso didático

Podemos destacar que o modelo didático proposto possui a possibilidade de trabalho diversificado. Os conteúdos a serem desenvolvidos podem envolver desde as características estruturais das moléculas de DNA e RNA até os mínimos detalhes referentes aos processos de replicação, transcrição, tradução e expressão gênica, dentre outros. Caberá ao docente propor objetivos a serem alcançados para o nível de ensino a ser atendido e adequar o modelo didático à finalidade proposta em seu planejamento.

4.5.1.1 Objetivos para o Ensino Fundamental (9º ano)

Em relação ao Currículo Referência da Rede Estadual de Goiás (SEDUC, 2013), nas disciplinas de Ciências podemos destacar as seguintes expectativas de aprendizagem:

Eixo Temático – Corpo Humano e Saúde.

- ✓ Conhecer os constituintes básicos da célula e a função desempenhada por eles e destacando o núcleo como a sede do controle das funções celulares e da transmissão de características genéticas.
- ✓ Identificar o DNA como a substância que forma os cromossomos e que os genes são segmentos de DNA onde estão armazenadas as informações genéticas.

4.5.1.2 Objetivos para o Ensino Médio.

Na Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (ENEM, 2016), as seguintes competências e habilidades poderão ser propostas para a utilização do modelo didático:

- ✓ Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.
- ✓ H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

Em relação ao Currículo Referência da Rede Estadual de Goiás (SEDUC, 2013), nas disciplinas de Biologia podemos destacar para a 1ª série do Ensino Médio a expectativa de aprendizagem a seguir:

Eixo temático – Origem da vida.

- ✓ Identificar as moléculas e substâncias químicas fundamentais dos seres vivos e compreender as características físicas e químicas das mesmas.

Dentre outros objetivos que podem ser propostos a partir da utilização do modelo didático temos:

- ✓ Compreender a relação entre DNA, código genético, fabricação de proteínas e a determinação das características hereditárias dos organismos (LAGES; FERREIRA, 2011).
- ✓ Identificar a natureza do material hereditário em todos os seres vivos, analisando sua estrutura para avaliar a universalidade dessa molécula no mundo vivo (LAGES; FERREIRA, 2011).

- ✓ Aprofundar os conhecimentos sobre a estrutura do material genético;
- ✓ Compreender o fluxo da informação genética;
- ✓ Conhecer os mecanismos de controle da expressão gênica;
- ✓ Identificar o material genético e entender a estrutura e a organização do gene até a expressão fenotípica.

4.5.2 Conteúdos que podem ser abordados a partir da utilização do modelo didático:

- ✓ Genética – 9º ano do Ensino Fundamental (Currículo Referência da Rede Estadual de Goiás, SEDUC (2013)): célula – núcleo; cromossomos e genes; divisões celulares e hereditariedade; biotecnologia em debate - células-tronco e transgênicos.
- ✓ Genética – 1º e 3º anos do Ensino Médio (Currículo Referência da Rede Estadual de Goiás SEDUC (2013)): Base molecular da vida - constituintes da vida (proteínas e ácidos nucleicos); Temas atuais –Bioengenharia e Bioética (Engenharia Genética, Clonagem, Silenciamento Gênico, etc.).
- ✓ Genética no Ensino Superior: estrutura dos ácidos nucléicos; genes e genomas procarióticos e eucarióticos; replicação do DNA; transcrição e processamento de RNA; código genético e síntese de proteínas; natureza do material genético e ação dos genes.

4.5.3 Propostas de metodologias

A metodologia a ser desenvolvida pelo docente deverá se adequar aos objetivos propostos, aos conhecimentos prévios dos estudantes e às características específicas de cada turma. O ideal em qualquer nível de conhecimento é a introdução do conteúdo a partir de um texto que aborde o assunto de maneira a contextualizar o conteúdo e sondar os conhecimentos prévios que os estudantes trazem acerca da temática. Por se tratar de conteúdos que podem ser considerados complexos e abstratos, uma parte introdutória é importante. Após a leitura do texto escolhido, poderá ser feita uma socialização do mesmo com discussão e diálogo acerca do assunto de maneira a introduzir e problematizar o conteúdo.

Algumas sugestões de textos para a introdução e problematização do assunto são:

✓ *Como é feito o teste de DNA para determinar a paternidade?*

Trata-se de um texto simples e curto, mais adequado para o ensino fundamental. Disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/tecnologia/como-e-feito-o-teste-de-dna-para-determinar-a-paternidade/>. Acesso em 23 de agosto de 2016.

✓ *Qual a diferença entre DNA, gene e cromossomo?*

É um texto mais curto e também poderá ser utilizado para introdução do assunto ao nível de ensino fundamental. Encontra-se disponível em: <http://mundoestranho.abril.com.br/ciencia/qual-a-diferenca-entre-dna-gene-e-cromossomo/>. Acesso em 23 de agosto de 2016.

✓ *DNA: o que mudou na vida do Homem?*

Um texto com maior riqueza de detalhes que poderá servir como parte introdutória para contextualização do conteúdo no ensino médio ou superior. Disponível em: http://ambientes.ambientebrasil.com.br/biotecnologia/artigos_de_biotecnologia/dna%3A_o_que_mudou_na_vida_do_homem%3F.html. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

✓ *Cara de um, cromossomo de outro.*

Um texto em forma de artigo completo publicado em uma revista da qual podem ser utilizados pequenos trechos ou o mesmo na íntegra. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ECT516782-1719,00.html>. Acessado em 05 de fevereiro de 2018.

Após a parte introdutória, onde se espera que haja a problematização e contextualização do conteúdo poderão ser desenvolvidas aulas com metodologia expositiva explicativa dialogada a partir da apresentação, manuseio e exploração do modelo didático. Algumas questões norteadoras que poderão ser abordadas a partir da utilização do modelo didático são:

- ✓ **Em relação a estrutura das moléculas de DNA e RNA:** Quais as bases nitrogenadas presentes em cada tipo de molécula? Como estão emparelhadas (combinadas)? Quantas pontes de hidrogênio ligam essas bases no DNA? Quais as diferenças básicas principais entre as moléculas de DNA e RNA? Onde são encontradas nos eucariotos e procariotos? Qual a constituição básica de cada molécula? Quais os tipos de moléculas de RNA que existem? Onde estas moléculas atuam?

- ✓ **Processo de Replicação do DNA:** O que é a replicação? Qual a importância deste processo? Em que local ocorre? Como acontece o processo? Quais as enzimas envolvidas e suas respectivas funções? Por que ele é definido como “semiconservativo”?
- ✓ **Transcrição do DNA:** O que é transcrição? Qual a importância deste processo? Em que local ocorre e como acontece? Quais as enzimas envolvidas e suas respectivas funções? Qual o destino da molécula formada a partir da transcrição do DNA? É possível a obtenção de uma molécula de DNA a partir de apenas uma molécula de RNA?
- ✓ **Síntese proteica ou processo de tradução:** O que são códon e anticódon? Quais as características básicas dos ribossomos? Como acontece a síntese proteica? Quais as enzimas envolvidas no processo de síntese proteica? O que são os aminoácidos? Por que o “código genético é degenerado”? Qual a estrutura básica das proteínas? Qual a importância da síntese proteica? Qual o destino das proteínas produzidas?

As questões supracitadas são apenas sugestivas, outras poderão ser aprimoradas e/ou simplificadas pelo docente no intuito de adequação à exposição dos conteúdos durante as aulas. Para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem e favorecer uma aprendizagem significativa do tema poderão ser utilizados pequenos vídeos disponíveis na internet e também animações¹⁰ que simulam todos os processos abordados.

Através do *link* de animação sugerido o docente poderá optar pela animação de todos os conteúdos abordados pelo modelo didático clicando no item “*Visão geral da função celular – O que sua célula fará hoje?*”, ou escolhendo individualmente os processos de replicação, transcrição e tradução a partir do item “*DNA- estrutura, transcrição e tradução do RNA*”. A utilização do recurso de simulação poderá servir para melhorar o aprendizado, fixar melhor os conteúdos e revisar o que foi explicado através de aula expositiva.

Existe uma grande disponibilidade de vídeos na internet sobre o tema aqui abordado. Cabe ao docente visualizar e escolher previamente o que melhor se adequa à sua realidade pedagógica. Algumas sugestões que abordam o assunto de maneira completa (replicação, transcrição e tradução) são:

¹⁰Uma sugestão de animação (simulação) sobre os conteúdos estão disponibilizados para livre acesso em um link da Universidade Federal da Paraíba no seguinte endereço eletrônico: <http://www.johnkyrk.com/index.pt.html>.

- ✓ *Transcrição e tradução do DNA* (duração de 6:15). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=uHv1KG_heJU. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.
- ✓ *From DNA to protein - 3D* (duração de 2:41). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gG7uCskUOrA>. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.
- ✓ *Do DNA à Síntese Proteica* (duração de 3:30). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=7WesB3Ll_To. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

Ao final do trabalho sobre o conteúdo, caso haja disponibilidade de tempo e o docente tenha interesse poderá ser trabalhado o filme de ficção científica “*GATTACA*”. O resumo da história do filme poderá ser acessado no seguinte endereço:

<http://www.cienciaviva.pt/projectos/genoma2003/filme.pdf>. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

Também destacamos que existem muitas outras sugestões de aulas sobre a temática disponíveis em:

<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/buscaGeral.html?q=aula%20sobre%20DNA>. Acesso em 05 de fevereiro de 2018.

4.5.4 Sugestões de Avaliação

Ao final do trabalho com o modelo didático, o docente poderá fazer a escolha de um instrumento de avaliação que seja capaz de indicar dados relativos ao processo de ensino e aprendizagem. Existem muitas formas de avaliar uma intervenção didática, as mais adequadas devem priorizar entre outros fatores, as características específicas do público avaliado que somente o professor é capaz de reconhecer.

Algumas sugestões que podemos fazer incluem: avaliação contínua através da observação da participação e inteiração dos estudantes durante o desenvolvimento das atividades de ensino; avaliação oral ou escrita enfatizando os aspectos abordados nas questões norteadoras; avaliação através de desenhos ou esquemas; socialização das ideias dos estudantes sobre o assunto com a produção coletiva de um mesmo texto; pesquisas de temas atuais relacionados à biotecnologia com posterior apresentação dos mesmos em forma de

cartazes, painéis, modelos didáticos construídos pelos estudantes, etc.; e dentre outros instrumentos a modelização realizada em grupos pelos estudantes com a apresentação final de um modelo didático similar.

Em relação a modelização destacamos que se faz necessário uma maior demanda de tempo. Poderá ser modelado um protótipo similar ao modelo aqui descrito diminuindo as dimensões do mesmo. O docente poderá designar a pequenos grupos de estudantes (máximo cinco integrantes) ou duplas, os códons de cinco aminoácidos distintos daqueles aqui apresentados e um dos três fatores de término. Nesta atividade a sugestão é que todo o modelo seja construído com os mesmos passos da oficina, com exceção do modelo do ribossomo. Ao final os estudantes entregarão os modelos das moléculas de DNA, RNAm e RNAt conectados a seus respectivos aminoácidos e também o fator de término dentro de um envelope para posterior conferência e correção pelo professor.

A modelagem é uma forma de aprendizado que apesar de exigir um planejamento minucioso pelo professor e maior disponibilidade de tempo em sua execução, poderá trazer resultados positivos para o aprendizado.

4.6 Considerações Finais

À cada profissional que se prepara para ingressar no mundo do trabalho ou àqueles já atuantes, cabe o desafio do aprimoramento contínuo, no intuito de promover uma ação qualitativa em seu trabalho, na sociedade em que atua ou em seu convívio pessoal. Com o constante e contínuo avanço no meio tecnológico e científico do mundo globalizado em que estamos inseridos, o aprimoramento constante é desafiador e requer coragem, ação e dedicação.

A partir deste contexto, a proposição de um trabalho como o aqui apresentado, se constitui apenas como uma das muitas alternativas que são disponibilizadas para aqueles que visam atualização e efetividade em sua prática, pois favorece a vivência de experiências didático-pedagógicas. A ampliação dos horizontes que circundam a atuação docente é muito extensa e diversificada, portanto, sua busca apesar de imprescindível deve ser meticulosa.

Um aspecto de destaque para o aprimoramento docente é a articulação entre teoria e prática, que para muitos se faz um desafio. A dissociação entre estas duas instâncias pode ocasionar resultados insatisfatórios e inconstantes no trabalho docente. Portanto, a proposição de uma oficina de modelagem apresenta como finalidade alargar o círculo do conhecimento teórico e prático do professor.

Finalizamos este trabalho visando ter oportunizado a vivência de uma experiência didático pedagógica que possibilite um melhor ensino e aprendizagem de conteúdos de Genética. Esperamos que a ideia proposta seja apenas uma sugestão de trabalho inicial que é passível de adaptações, transformações, melhorias e aprimoramento do trabalho docente.

4.7 Referências

BAPTISTA, Geilsa Costa Santos. A Importância da Reflexão Sobre a Prática de Ensino para a Formação Docente Inicial em Ciências Biológicas. **Revista Ensaio**, v. 5, n. 2, out., p. 04-12. 2003.

DELLA JUSTINA, Lourdes Aparecida; FERLA, Marcio Ricardo. A Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Genética – Exemplo de Representação de Compactação do DNA Eucarioto. **Arq. Mudi**. Maringá, v. 10, n.2, p. 35-40, 2006.

DUSO, Leandro; CLEMENT, Luiz; PEREIRA, Patrícia Barbosa; ALVES FILHO, José de Pinho. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de Biologia. Belo Horizonte: **Revista Ensaio**, v. 15, n. 02, p. 29-44, maio-ago, 2013.

ENEM 2016 – **Exame Nacional do Ensino Médio**. INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Ministério da Educação. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_enem.pdf. Acessado em março de 2017.

GRIFFITHS, Anthony J.; WESSLER, Susan R.; CARROLL, Sean B. **Introdução à Genética**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

JUSTI, Rosária; GILBERT, John K. Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, 24, 369-387, 2002.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 2 ed. São Paulo: HARBRA, 1986.

LAGES, Marília Dias; FERREIRA, Maria de Fátima Lages. **Biologia: ensino médio**. Belo Horizonte: Pax Editora e Distribuidora, 2011.

MASTELARI, Tânia Belizario; ZÔMPERO, Andreia de Freitas. Oficina de aprendizagem: uma proposta metodológica na formação do estudante do ensino médio. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 3, 2017. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/23> Acesso em 13/01/2018.

MESQUITA, Nyuara A. da Silva; OLIVEIRA NETO, José F. de; OLIVEIRA, Aline P. de; e MORAES, Christianne de Lima B. A dupla hélice do DNA: história revisitada à luz da epistemologia kuhniana. **Revista Conjectura: Filosofia e Educação**, Caxias do Sul, v. 22, n. 3, p. 598-616, set./dez. 2017. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/5152/pdf>. Acesso em 02/02/2018.

PAGANINI, Paula; JUSTI, Rosária; MOZZER, Nilmara Braga. Mediadores na construção do conhecimento de ciências em atividades de modelagem. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 4, p. 1019-1036, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v20n4/1516-7313-ciedu-20-04-1019.pdf>, acessado em 27 de novembro de 2017.

PAVIANI, Neires Maria Soldatelli; FONTANA, Niura Maria. Oficinas pedagógicas: relato de uma experiência. **Revista Conjectura**, v. 14, n. 2, maio/ago., 2009. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/conjectura/article/view/16/15>. Acesso em 02/02/18.

PAZ, Alfredo Müllen da; ABEGG, Ilse; ALVES FILHO, José Pinho; OLIVEIRA, Vera Lúcia Bahl de. Modelos e Modelizações no Ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Revista Ensaio**, v. 08, dez. de 2006.

PIETROCOLA, Maurício. Construção e Realidade: O Realismo Científico de Mário Bunge e o Ensino de Ciências através de Modelos. **Revista Investigações no Ensino de Ciências**, v. 4, n.3, p. 213-227. Florianópolis, 1999.

SEDUC - Secretaria de Estado da Educação. **Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás**. Goiânia, 2013.

SNUSTAD, D. Peter; SIMMONS, Michael J. **Fundamentos de Genética**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

VIEIRA, Elaine; VOLQUIND, Léa. *Oficinas de ensino? O quê? Por quê? Como?* 4. Ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2002.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da finalização desta pesquisa fica evidente que o ensino e a aprendizagem de conteúdos que possuem abstração e complexidade consistem num desafio para docentes e discentes. Portanto, a utilização de metodologias diversificadas pode colaborar para que haja qualidade no processo educativo.

Houve a percepção de que existem várias opções de recursos metodológicos que o docente pode fazer uso no intuito de facilitar o processo de ensino e aprendizagem. Diversos estudos corroboram que uma maneira consistente de transformação dos conteúdos científicos em conteúdos de ensino pode ser a utilização de modelos e modelagem. Através destes recursos professores e estudantes aproximam a teoria da realidade amenizando as dificuldades de ensino e aprendizagem relativos a temáticas complexas.

O uso de um modelo como recurso didático na formação inicial de professores abordando conteúdos de Genética se mostrou relevante para o aprendizado de alguns conteúdos e também colaborou para sua formação pedagógica. Podemos considerar que existem limitações e fragilidades até mesmo na formação científica dos docentes. A fragmentação dos conteúdos, a falta de contextualização e a utilização do livro didático de maneira acrítica podem ser fatores que contribuem para uma formação inconsistente de professores e também de estudantes em qualquer nível de ensino.

Através da pesquisa foi possível a constatação de que o processo de ensino e aprendizagem significativo pode ser alcançado com a utilização de um modelo didático. É perceptível que o processo de aprendizagem envolve diversos aspectos e para alcançá-lo se faz necessária uma atuação docente consistente. O professor poderá utilizar modelos didáticos como uma ferramenta que propicie um aprendizado consistente e efetivo obtendo resultados satisfatórios.

Ao verificar através deste estudo que a metodologia baseada em modelos e modelagem se configura como um recurso propício para o ensino de Genética foi realizada a sugestão de uma oficina de modelagem. Destacamos que a metodologia possui suas especificidades e traz consigo alguns pontos que exige cuidados. Porém sua prática pode colaborar para a vivência de experiências didático-pedagógicas que instrumentaliza os professores em exercício ou aqueles em formação.

Reconhecemos que existem diversos desafios relativos ao processo de ensino e aprendizagem, bem como várias formas de atingir a busca de sua superação. Na atualidade se

anseia por inovações que conduzam a um ensino de maior qualidade aos estudantes e uma melhor formação e qualificação dos docentes. No entanto, a análise desenvolvida nesta pesquisa acerca da utilização de modelos e modelagem como recurso metodológico para o ensino de Genética, nos leva a considerar que se configura como um recurso promissor para o processo de ensino e aprendizagem.

Sem a pretensão de exaurir as diversas possibilidades existentes para a prática pedagógica, sugerimos esta metodologia como meio de instrumentalizar os professores para uma atuação docente mais satisfatória.

6. APÊNDICES

Apêndice 1. Questionário aplicado aos licenciandos em Ciências Biológicas

QUESTIONÁRIO DE SONDAÇÃO (para os professores em formação inicial)

1. Em sua visão, o que é um gene?

2. O trecho a seguir foi retirado de um texto didático bastante utilizado por professores universitários:

*“Em termos moleculares, um gene é usualmente definido como toda a seqüência de ácido nucléico que é necessária para a síntese de um polipeptídeo funcional. De acordo com esta definição, um gene inclui mais do que os nucleotídeos que codificam a seqüência de aminoácidos de uma proteína, conhecida como a região codificadora. Um gene também inclui todas as seqüências de DNA necessárias para a síntese de um transcrito de RNA particular. Em alguns genes procarióticos, as seqüências de DNA que controlam a iniciação da transcrição pela RNA polimerase podem se encontrar a milhares de pares de bases da região codificadora”.*Fonte: Harvey Lodish e colaboradores. *Molecular CellBiology*, 2008.

Sobre este trecho, você poderia dizer:

- (a) Eu concordo completamente
- (b) Eu concordo parcialmente
- (c) Eu nem concordo nem discordo
- (d) Eu discordo parcialmente
- (e)Eu discordo completamente

3. Em sua opinião, o que é informação?

4. De acordo com sua definição, genes possuem informação? Justifique sua resposta.

5. Outras estruturas celulares possuem informação, no sentido em que você definiu o termo?

Se você considera que outras estruturas celulares possuem informação, mencione alguns exemplos de tais estruturas e explique em que sentido elas possuem informação? Se você pensa que outras estruturas celulares não possuem informação, por favor, explique por que você pensa dessa maneira.

6. Por favor, marque abaixo APENAS AQUELA ALTERNATIVA QUE VOCÊ PENSA

QUE SEJA A MELHOR para caracterizar o que é um gene:

- a) Um gene é uma unidade hereditária transmitida da geração parental para a progênie.
- b) Um gene é uma sequência de DNA que codifica um produto funcional, que pode ser um polipeptídeo ou um RNA.
- c) Um gene é uma estrutura que transmite, de uma geração para outra, informações ou instruções para o desenvolvimento e o funcionamento orgânico.
- d) Um gene é um determinador de fenótipos ou diferenças fenotípicas.
- e) Um gene é um recurso para o desenvolvimento, lado a lado com outros recursos (epigenéticos, ambientais) igualmente importantes.
- f) Um gene é um processo que inclui sequências de DNA e outros componentes, que participam na expressão de um produto polipeptídico ou um RNA particular.
- g) Um gene é qualquer segmento de DNA, começando e terminando em pontos arbitrários de um cromossomo, que compete com segmentos alelomórficos pela região do cromossomo em questão.
- h) Um gene é uma sequência de DNA com uma estrutura característica.
- i) Um gene é uma sequência de DNA com uma função característica.
- j) Um gene é uma sequência de DNA que contém uma informação característica.

7. Por favor, marque abaixo TODAS AS ALTERNATIVAS ACEITÁVEIS sobre o que é um gene: (caso deseje, você também pode marcar a alternativa que marcou na questão anterior, além de todas as outras que considerar aceitáveis)

- a) Um gene é uma unidade hereditária transmitida da geração parental para a progênie.
- b) Um gene é uma sequência de DNA que codifica um produto funcional, que pode ser um polipeptídeo ou um RNA.
- c) Um gene é uma estrutura que transmite de uma geração para outras informações ou instruções para o desenvolvimento e o funcionamento orgânico.
- d) Um gene é um determinador de fenótipos ou diferenças fenotípicas.
- e) Um gene é um recurso para o desenvolvimento, lado a lado com outros recursos (epigenéticos, ambientais) igualmente importantes.
- f) Um gene é um processo que inclui sequências de DNA e outros componentes, que participam na expressão de um produto polipeptídico ou um RNA particular.
- g) Um gene é qualquer segmento de DNA, começando e terminando em pontos arbitrários de um cromossomo, que compete com segmentos alelomórficos pela região do cromossomo em questão.
- h) Um gene é uma sequência de DNA com uma estrutura característica.

- i) Um gene é uma sequência de DNA com uma função característica.
 j) Um gene é uma sequência de DNA que contém uma informação característica

8- Escreva qual será o trecho do RNA transportador que se encaixa nos seguintes códons do RNA mensageiro a seguir:

RNA_m – UCUCGCAUGAUCCGC

9- Escreva os trechos encontrados nas duas fitas complementares do DNA para o mesmo trecho de RNA mensageiro:

RNA_m – UCUCGCAUGAUCCG

Fita 1 DNA

Fita 2 DNA

10- Utilizando a tabela de códons identifique os aminoácidos que serão codificados pelo trecho de RNA mensageiro apresentado:

RNA_m – UCUCGCAUGAUCCGC

		2' LETRA								3' LETRA
		U		C		A		G		
1' LETRA	U	UUU	Fenilalanina	UCU	Serina	UAU	Cisteína	UGU	Cisteína	U
		UUC	Fenilalanina	UCC	Serina	UAC	Cisteína	UGC	Cisteína	C
		UUA	Leucina	UCA	Serina	UAA	Fim	UGA	Fim	A
		UUG	Leucina	UCG	Serina	UAG	Fim	UGG	Triptofano	G
	C	CUU	Leucina	CCU	Prolina	CAU	Histidina	CGU	Arginina	U
		CUC	Leucina	CCC	Prolina	CAC	Histidina	CGC	Arginina	C
		CUA	Leucina	CCA	Prolina	CAA	Glutamina	CGA	Arginina	A
		CUG	Leucina	CCG	Prolina	CAG	Glutamina	CGG	Arginina	G
	A	AUU	Isoleucina	ACU	Treonina	AAU	Asparagina	AGU	Serina	U
		AUC	Isoleucina	ACC	Treonina	AAC	Asparagina	AGC	Serina	C
		AUA	Isoleucina	ACA	Treonina	AAA	Lisina	AGA	Arginina	A
		AUG	Metionina	ACG	Treonina	AAG	Lisina	AGG	Arginina	G
	G	GUU	Valina	GCU	Alanina	GAU	Ác. Aspártico	GGU	Glicina	U
		GUC	Valina	GCC	Alanina	GAC	Ác. Aspártico	GGC	Glicina	C
		GUA	Valina	GCA	Alanina	GAA	Ac. glutâmico	GGA	Glicina	A
		GUG	Valina	GCG	Alanina	GAG	Ac. glutâmico	GGG	Glicina	G

REFERÊNCIAS:

JOAQUIM, Leyla Mariane. **Genes: questões epistemológicas, conceitos relacionados e visões de estudantes de graduação.** Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências), Programa de Pós Graduação em Ensino, Universidade Federal da Bahia; 2009.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: EDUSP, 2004.

Apêndice 2. Termo de Consentimento dos acadêmicos**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O ACADÊMICO**

Eu, _____,

documento de Identidade nº _____ Órgão Expedidor _____

declaro através deste documento que aceito participar da pesquisa vinculada à dissertação da discente de mestrado Silvania Pereira de Aquino do Programa de Pós Graduação Stricto Sensu - Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, cujo tema é *A formação de professores: uma proposta metodológica para o ensino de Biologia Molecular* que tem por objetivo, *analisar reflexivamente a construção e aplicação de um modelo pedagógico visando estimular a compreensão do estudo das estruturas, dos metabolismos e interações de DNA, RNA e Proteínas em um contexto de formação inicial de professores de Ciências Biológicas.*

A pesquisa será realizada pela mestrande Silvania Pereira de Aquino (62) 984531096 com a orientação da professora doutora Mirley Luciene dos Santos. O período previsto para coleta de dados é de fevereiro a junho de 2017.

Estou ciente da dissertação sobre “*A formação de professores: uma proposta metodológica para o ensino de Biologia Molecular*”, que foi autorizada pelos responsáveis, bem como o consentimento para que posteriormente seja realizada a avaliação destes dados

Permito a divulgação dos registros para fins acadêmicos, sendo mantido anonimato do meu nome. Estou ciente da garantia de esclarecimentos durante o desenvolvimento da Pesquisa, bem como a desistência dela em qualquer fase, sem penalização alguma e sem prejuízo do cuidado prestado.

Assinatura: _____

Porangatu, _____ de fevereiro de 2017.

Apêndice 3. Termo de Consentimento aos diretores das Unidades Educacionais**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA O DIRETOR**

Eu, _____,
 documento de Identidade nº _____ Órgão Expedidor _____
 diretor(a) do Colégio _____

declaro através deste documento que aceito que seja realizada na instituição ao qual eu dirijo a pesquisa vinculada à dissertação da discente de mestrado Silvania Pereira de Aquino do Programa de Pós Graduação Stricto Sensu - Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás – Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, cujo tema é *A formação de professores: uma proposta metodológica para o ensino de Biologia Molecular* que tem por objetivo, *analisar reflexivamente a construção e aplicação de um modelo pedagógico visando estimular a compreensão do estudo das estruturas, dos metabolismos e interações de DNA, RNA e Proteínas em um contexto de formação inicial de professores de Ciências Biológicas.*

A pesquisa será realizada pela mestranda Silvania Pereira de Aquino (62) 984531096, com a orientação da professora doutora Mirley Luciene dos Santos. O período previsto para a coleta de dados é de fevereiro a junho de 2017.

Estou ciente da dissertação sobre “A formação de professores: uma proposta metodológica para o ensino de Biologia Molecular”, que foi autorizada pelos responsáveis, bem como o consentimento para que posteriormente seja realizada a avaliação destes dados.

Permito a divulgação dos registros para fins acadêmicos, sendo mantido anonimato dos nomes. Estou ciente da garantia de esclarecimentos durante o desenvolvimento da Pesquisa, bem como a desistência dela em qualquer fase, sem penalização alguma e sem prejuízo do cuidado prestado.

Assinatura do(a) Diretor(a): _____

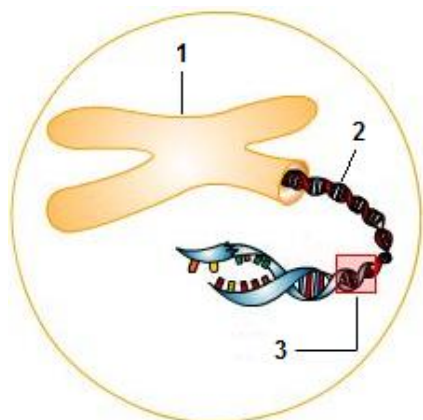
Porangatu, _____ de _____ de 2017.

Apêndice 4. Questionário aplicado aos estudantes do Ensino Médio

NOME: _____ SÉRIE: _____

QUESTIONÁRIO

1- Observe a imagem que indica estruturas presentes no núcleo da célula. Os nomes das estruturas enumeradas são:



- a) () 1- DNA, 2- Gene e 3- Cromossomo
 b) () 1- Cromossomo, 2- DNA e 3- Gene
 c) () 1- Cromossomo, 2- Gene e 3- DNA

FONTE: <http://www.guia.heu.nom.br/cromossomas.htm>

2- Os cromossomos são estruturas formadas de:

- a) () Proteínas
 b) () Células
 c) () DNA e proteínas

3- O conceito (definição) simples e geral para gene é:

- a) () Gene é um fragmento (pedaço) do DNA com características e função próprias.
 b) () Gene é uma proteína que compõe a célula.
 c) () Gene é um tipo de molécula que forma o cromossomo.

4- São características básicas do DNA:

- a) () Formado de uma dupla hélice helicoidal (duas fitas paralelas) e com a presença das bases nitrogenadas: Timina, Adenina, Citosina e Guanina.
 b) () Formado por uma fita única com presença das bases: Uracila, Adenina, Citosina e Guanina.
 c) () Formado de uma dupla hélice helicoidal (duas fitas paralelas) e com a presença das bases nitrogenadas: Uracila, Adenina, Citosina e Guanina.

5- As diferenças básicas entre as moléculas de DNA e RNA são:

a) () DNA: cadeia simples, o açúcar é a ribose e as bases são adenina, timina, citosina e guanina. RNA: cadeia dupla, o açúcar é a desoxirribose e as bases são uracila, adenina, citosina e guanina.

b) () DNA: cadeia dupla, o açúcar é a ribose e as bases são adenina, timina, citosina e guanina. RNA: cadeia simples, o açúcar é a desoxirribose e as bases são uracila, adenina, citosina e guanina.

c) () DNA: cadeia dupla, o açúcar é a desoxirribose e as bases são adenina, timina, citosina e guanina. RNA: cadeia simples, o açúcar é a ribose e as bases são uracila, adenina, citosina e guanina.

6- Escreva qual será o trecho do RNA transportador que se encaixa nos seguintes códons do RNA mensageiro a seguir:

RNA_m – AUG UCU CGC AUC CCG

7- Escreva os trechos encontrados nas duas fitas complementares do DNA para o mesmo trecho de RNA mensageiro:

RNA_m – AUG UCU CGC AUC CCG

Fita 1 DNA

Fita 2 DNA

8- Utilizando a tabela de códons identifique os aminoácidos que serão codificados pelo trecho de RNA mensageiro apresentado:

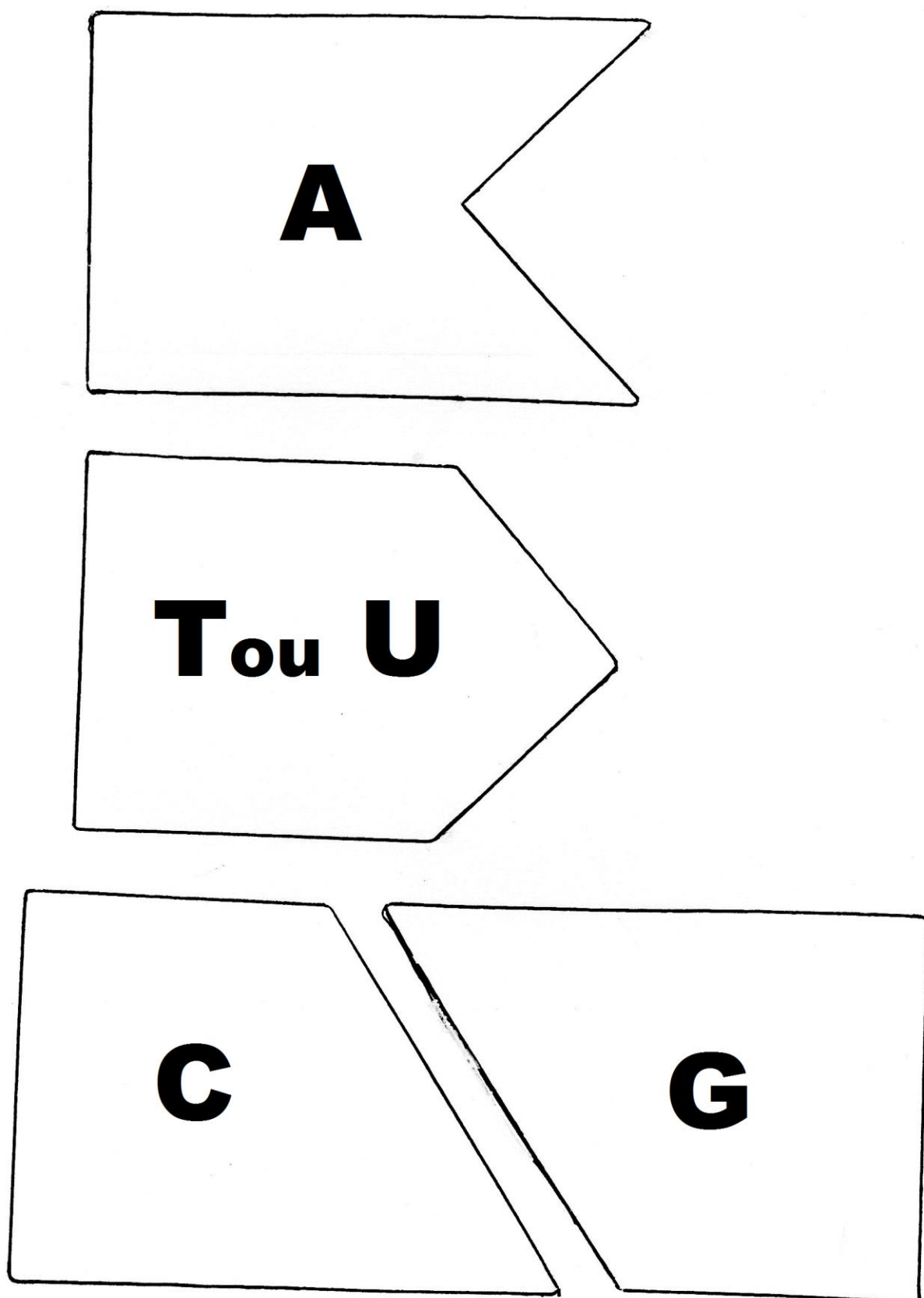
RNA_m – AUG UCU CGC AUC CCG

		2ª LETRA								
		U		C		A		G		
1ª L E T R A	U	UUU	Fenilalanina	UCU	Serina	UAU	Cisteína	UGU	Cisteína	3ª L E T R A
		UUC	Fenilalanina	UCC	Serina	UAC	Cisteína	UGC	Cisteína	
		UUA	Leucina	UCA	Serina	UAA	Fim	UGA	Fim	
		UUG	Leucina	UCG	Serina	UAG	Fim	UGG	Triptofano	
C	CUU	Leucina	CCU	Prolina	CAU	Histidina	CGU	Arginina		
	CUC	Leucina	CCC	Prolina	CAC	Histidina	CGC	Arginina		
	CUA	Leucina	CCA	Prolina	CAA	Glutamina	CGA	Arginina		
	CUG	Leucina	CCG	Prolina	CAG	Glutamina	CGG	Arginina		
A	AUU	Isoleucina	ACU	Treonina	AAU	Asparagina	AGU	Serina		
	AUC	Isoleucina	ACC	Treonina	AAC	Asparagina	AGC	Serina		
	AUA	Isoleucina	ACA	Treonina	AAA	Lisina	AGA	Arginina		
	AUG	Metionina	ACG	Treonina	AAG	Lisina	AGG	Arginina		
G	GUU	Valina	GCU	Alanina	GAU	Ac. Aspártico	GGU	Glicina		
	GUC	Valina	GCC	Alanina	GAC	Ac. Aspártico	GGC	Glicina		
	GUA	Valina	GCA	Alanina	GAA	Ac. glutâmico	GGA	Glicina		
	GUG	Valina	GCG	Alanina	GAG	Ac. glutâmico	GGG	Glicina		

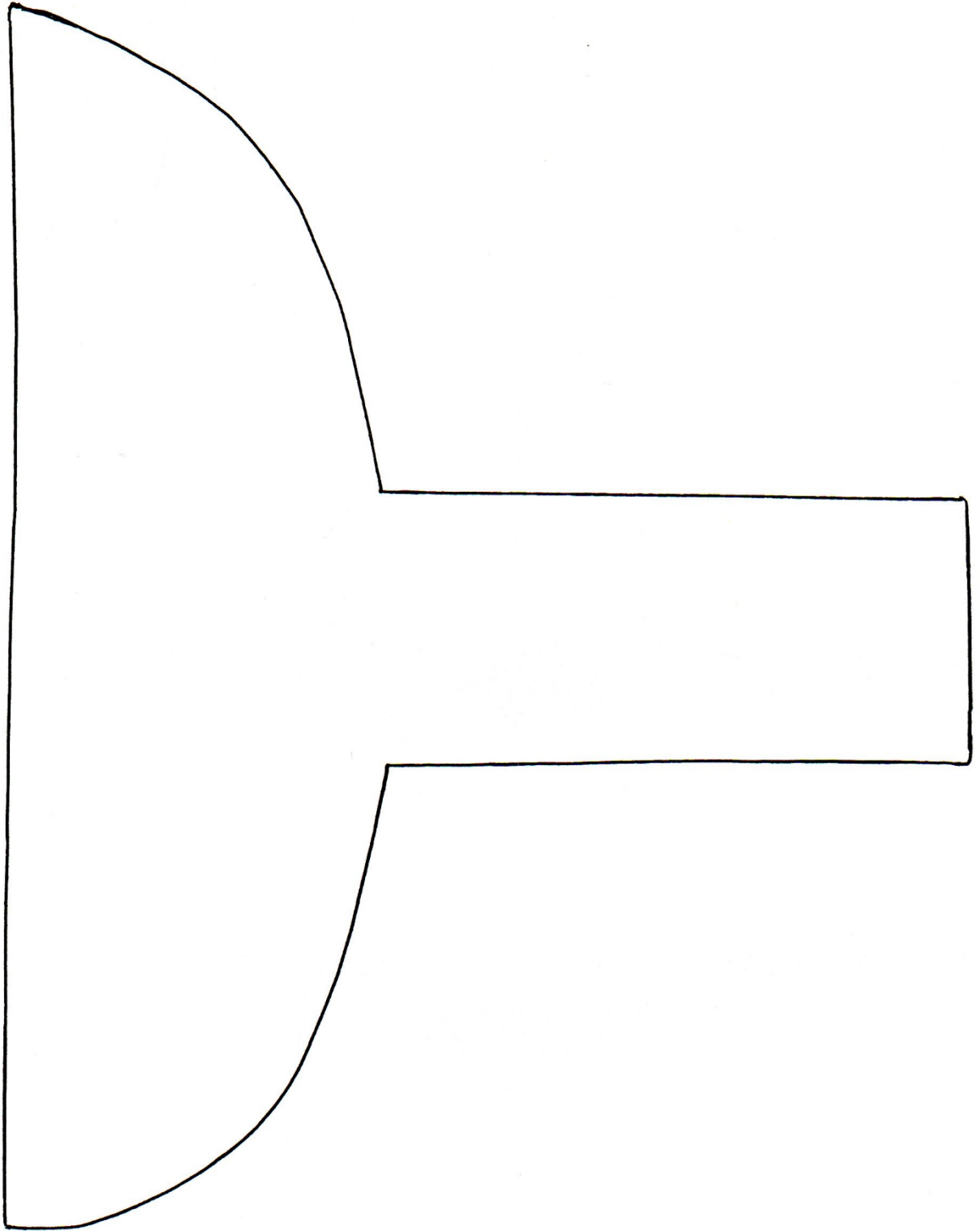
REFERÊNCIA:

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: EDUSP, 2004.

Apêndice 5. Formato dos moldes dos retângulos representativos das bases nitrogenadas.



Apêndice 6. Formato do molde da estrutura que representa o RNA transportador.



7. ANEXO

Anexo 1. Tabela de códons.

		2ª LETRA								
		U		C		A		G		
1ª L E T R A	U	UUU	Fenilalanina	UCU	Serina	UAU	Cisteína	UGU	Cisteína	3ª L E T R A
		UUC	Fenilalanina	UCC	Serina	UAC	Cisteína	UGC	Cisteína	
		UUA	Leucina	UCA	Serina	UAA	Fim	UGA	Fim	
		UUG	Leucina	UCG	Serina	UAG	Fim	UGG	Triptofano	
C	CUU	Leucina	CCU	Prolina	CAU	Histidina	CGU	Arginina		
	CUC	Leucina	CCC	Prolina	CAC	Histidina	CGC	Arginina		
	CUA	Leucina	CCA	Prolina	CAA	Glutamina	CGA	Arginina		
	CUG	Leucina	CCG	Prolina	CAG	Glutamina	CGG	Arginina		
A	AUU	Isoleucina	ACU	Treonina	AAU	Asparagina	AGU	Serina		
	AUC	Isoleucina	ACC	Treonina	AAC	Asparagina	AGC	Serina		
	AUA	Isoleucina	ACA	Treonina	AAA	Lisina	AGA	Arginina		
	AUG	Metionina	ACG	Treonina	AAG	Lisina	AGG	Arginina		
G	GUU	Valina	GCU	Alanina	GAU	Ác. Aspártico	GGU	Glicina		
	GUC	Valina	GCC	Alanina	GAC	Ác. Aspártico	GGC	Glicina		
	GUA	Valina	GCA	Alanina	GAA	Ac. glutâmico	GGA	Glicina		
	GUG	Valina	GCG	Alanina	GAG	Ac. glutâmico	GGG	Glicina		

Referência:

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: EDUSP, 2004.