

Cristiane Mendes Ribeiro Simões

Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de
biologia molecular contido em livros de biologia
utilizados no ensino médio da rede pública de
Minas Gerais.

Instituto de Ciências Biológicas
Universidade Federal de Minas Gerais
Dezembro/2019

Cristiane Mendes Ribeiro Simões

Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.

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

Área de concentração: Ensino de Biologia
Linha de Pesquisa: Biologia Molecular

Orientadora: Professora Doutora Andréa Mara Macedo

Instituto de Ciências Biológicas
Universidade Federal de Minas Gerais
Dezembro/2019

043

Simões, Cristiane Mendes Ribeiro.

Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais. [manuscrito] / Cristiane Mendes Ribeiro Simões. – 2019.

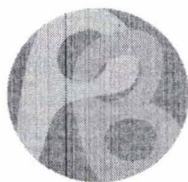
111 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientadora: Professora Doutora Andréa Mara Macedo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. PROFBIO-Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.

1. Ensino - Biologia. 2. Biologia Molecular. 3. Livro de Texto - Analise. 4. Ensino médio. I. Macedo, Andréa Mara. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título

CDU: 372.857.01



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia



UFMG
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

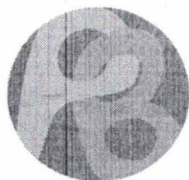
ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO DE CRISTIANE MENDES RIBEIRO SIMÕES	Defesa No. 42 Entrada 2º/2017
--	--

No dia 28 de novembro de 2019, às 09:30, reuniram-se, na Sala 302, CAD1/UFMG, os componentes da Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Mestrado, indicados pelo Colegiado do PROFBIO/UFMG para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: "**Livro Didático: Uma Análise Crítica no Conteúdo de Biologia Molecular Contido em Livros de Biologia Utilizados no Ensino Médio da Rede Pública de Minas Gerais**" como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia, área de concentração: Ensino de Biologia. Abrindo a sessão, a Presidente da Comissão, Profa. Dra. Andréa Mara Macedo, após dar conhecimento aos presentes sobre as Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata **CRISTIANE MENDES RIBEIRO SIMÕES**, para apresentação oral de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

Professor examinador	Instituição	Indicação (Aprovado/Reprovado)
Dr/a. <i>Adlane Vilas Boas</i>	<i>UFMG</i>	<i>Aprovado</i>
Dr/a. <i>Mônica Bucciarelli Rodriguez</i>	<i>UFMG</i>	<i>Aprovada</i>
Dr/a. <i>Andrea Mara Macedo</i>	<i>UFMG</i>	<i>Aprovada</i>

Pelas indicações, a candidata foi considerada: *Aprovada.*

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pela Presidente da Comissão. Comunicou-se ainda à candidata que o texto final do TCM, com as alterações sugeridas pela banca, se for o caso, deverá ser entregue à Coordenação Nacional do PROFBIO, no prazo máximo de 60 dias, a contar da presente data, para que se proceda à homologação.



PROFBIO

Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia



UFMG

UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

Nada mais havendo a tratar, a Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Banca Examinadora.

Belo Horizonte, 28 de novembro de 2019.

Nome *Adlane Vilas Boas*

Assinatura

Nome *Mônica Bucciarelli Rodriguez*

Assinatura

Nome *Andrea Mara Macedo*

Assinatura

Obs.: Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo do Coordenador do Colegiado local do PROFBIO.

Juliana Carvalho Tavares

Juliana Carvalho Tavares
Subcoordenadora PROFBIO
ICB-UFMG

Relato do mestrando

Instituição: UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais.

Mestranda: Cristiane Mendes Ribeiro Simões

Título do TCM: Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.

Data da defesa: 28 de novembro de 2019

O ingresso no mestrado profissional em biologia foi uma grande surpresa para mim, realizei a inscrição para o processo seletivo na última hora, e a prova foi feita sem nenhum preparo, por falta de tempo. Quando a notícia da aprovação veio começaram os desafios, mudanças de horários na escola, nem sempre bem vistas pelo grupo de colegas e com uma certa “má vontade” da direção. Mas depois de um mês de curso, consegui me organizar. Então veio a notícia da minha gravidez, a segunda, após dez anos. Foi um susto, não estava planejado, assim como o mestrado. Pensamentos de desistir estavam muito presentes, mas com o apoio da minha família e minha orientadora tudo foi ficando um pouco mais fácil.

O mestrado em si foi um grande desafio, depois de 18 anos fora da universidade foi como começar tudo de novo, rotina de estudo, compromisso para completar as atividades das disciplinas, somados ao compromisso com a sala de aula, pois não ocorreu nenhum tipo de dispensa em nenhum dos meus dois cargos de professora.

Com o mestrado mudei minha forma de trabalhar, muito do que foi compartilhado e aprendido no profBio eu levei para sala de aula, meu laboratório do mestrado. Além de mim os meus alunos foram os que mais foram beneficiados, o trabalho com atividade diferenciadas tornou as aulas cada vez mais atraentes. Os alunos, pelo menos grande parte, passaram a participar mais e com maior empolgação das aulas, o pensamento crítico passou a fazer parte da rotina das aulas de biologia, alguns se sentiam verdadeiros cientistas, muitos nem faltavam de aula no dia das aulas de biologia. Foi gratificante lecionar aulas tão prazerosas.

Acho que todos os professores deveriam sempre continuar estudando, seja em cursos de pós graduação, especializações ou oficinas, isto muda nossa forma de trabalhar e nos coloca como exemplos a serem seguidos pelos alunos.

**O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001**

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a minha orientadora, Andréa Macedo, pelo modo como me acolheu e ajudou durante a minha caminhada, pelas correções, sugestões e por tudo; sem ela este trabalho não teria acontecido.

Ao colegiado do profBio da UFMG e à coordenação nacional, pela atenção dispensada ao meu trabalho.

À Escola Estadual Padre José Maria de Man e aos meus alunos que participaram e ajudaram em todos os momentos em que foi necessário.

Aos alunos da graduação e professores da educação básica pela disponibilidade para participação da pesquisa.

Um agradecimento especial a meu esposo, Fernando, por estar sempre presente, pelo apoio, compreensão e carinho durante todo o processo de realização deste trabalho.

Agradeço também aos meus pais, Jair e Edna, por cuidarem das minhas filhas nos momentos em que não pude estar presente.

Às minhas filhas Yandra e Alícia, pela compreensão e paciência quando precisei ficar concentrada.

E finalmente, e mais importante, a Deus, por ter me dado saúde e perseverança para a realização deste trabalho.

Resumo

Um dos grandes desafios para professores de Biologia no século XXI tem sido a abordagem do conteúdo de Biologia Molecular no ensino médio. Esse é um conteúdo, que tem evoluído bastante nas últimas décadas, desde o advento do Projeto Genoma, mas cuja simplificação para a abordagem em livros didáticos tem levado a equívocos grosseiros e inadequados, dificultando a compreensão e a aquisição dos conceitos corretos pelos estudantes. Buscando sanar esse problema, no presente trabalho, nos propusemos a realizar uma análise crítica do conteúdo de Biologia Molecular nos livros didáticos mais adotados pelos professores de Biologia no ensino médio na rede pública de ensino. Para isso, a primeira etapa de desenvolvimento deste trabalho foi realizar o levantamento junto ao PNLD (MEC) dos livros didáticos de Biologia mais adotados na rede pública. Com base no resultado dessa etapa, foram selecionados os cinco livros mais adotados na rede pública de Minas Gerais, que foram referidos ao longo deste trabalho como Livros 1 a 5. A análise do Livro 1, adotado por 24% das escolas básicas públicas mineiras, revelou que este livro foi, dentre aqueles avaliados, o que apresentou maior número de erros ou equívocos, 19 no total. Na análise do Livro 2, adotado por 20% das escolas básicas públicas mineiras, foram encontrados 12 erros. Já na análise do Livro 3, adotado por 14% das escolas básicas públicas mineiras, foram encontrados 11 erros ou imprecisões. Na análise do livro 4, adotado em 13 % das escolas básicas públicas mineiras, foram encontrados dois erros graves de conceito e três imprecisões de conceito. E na análise do livro 5, adotado em 12% das escolas básicas da rede pública de Minas Gerais, foram encontrados nove erros ou imprecisões. A análise do conteúdo de Biologia Molecular em quatro edições do Livro 5 revelou que houve uma redução na quantidade de erros detectados ao longo dos anos 2005-2016, demonstrando uma preocupação crescente em se corrigir os principais erros. Para verificar a habilidade de estudantes e professores em detectar erros contidos no conteúdo de Biologia Molecular, foi aplicado um questionário estruturado a diferentes agentes da educação básica e superior, com afirmativas extraídas de parte dos livros analisados. Dessa forma, pudemos perceber que, como grande parte dos erros detectados já está muito sedimentada na comunidade escolar, até mesmo sua identificação pelos professores de biologia constituiu uma dificuldade. Com o objetivo de comparação da habilidade de percepção dos erros, questionário semelhante foi aplicado a estudantes de graduação em Ciências Biológicas da UFMG. Para observar a realização de atividades lúdicas e práticas como estratégias eficientes no estudo da Biologia Molecular no Ensino Médio, foram aplicados questionários semelhantes a estes agentes, antes e depois da realização das atividades. Dessa maneira, pudemos verificar o quão é importante a realização de atividades como essas, visto que, o resultado revelou que os estudantes melhoraram seu conhecimento acerca do conteúdo de Biologia Molecular. Como produto inovador deste trabalho, foi elaborada uma cartilha ilustrada, contendo os principais erros detectados nos três livros e suas correções para que possa servir como material didático complementar e de apoio no ensino de Biologia Molecular para o ensino médio.

Palavras chave: análise crítica, biologia molecular, livro didático, erros de conteúdo, novas abordagens.

Abstract

One of the major challenges for biology teachers in the 21st century has been addressing the content of molecular biology in high school. This is a content that has evolved considerably in recent decades since the advent of the Genome Project, but whose simplification to the textbook approach has led to gross and inappropriate misconceptions, making it difficult for students to understand and acquire the correct concepts. Seeking to remedy this problem, in the present work, we proposed to perform a critical analysis of the content of Molecular Biology in the textbooks most adopted by Biology teachers in high school in public schools. For this, the first stage of development of this work was to conduct a survey with PNLD (MEC) of the most adopted biology textbooks in the public network. Based on the result of this stage, the five most adopted books in the public schools of Minas Gerais were selected, which were referred to throughout this work as Books 1 to 5. The analysis of Book 1, adopted by 24% of Minas Gerais public elementary schools, revealed that this book was the one with the highest number of errors or misconceptions, 19 in total. In the analysis of Book 2, adopted by 20% of Minas Gerais public elementary schools, 12 errors were found. In the analysis of Book 3, adopted by 14% of Minas Gerais public elementary schools, 11 errors or inaccuracies were found. In the analysis of book 4, adopted in 13% of Minas Gerais public elementary schools, two serious concept errors and three concept inaccuracies were found. And in the analysis of book 5, adopted in 12% of public elementary schools in Minas Gerais, nine errors or inaccuracies were found. Analysis of the content of Molecular Biology in four editions of Book 5 revealed that there was a reduction in the number of errors detected over the years 2005-2016, demonstrating a growing concern to correct the main errors. To verify the ability of students and teachers to detect errors contained in the content of Molecular Biology, a structured questionnaire was applied to different agents of basic and higher education, with statements extracted from part of the books analyzed. Thus, we could see that, since most of the detected errors are already well established in the school community, even their identification by biology teachers constituted a difficulty. In order to compare the ability to perceive errors, a similar questionnaire was applied to undergraduate students in Biological Sciences at UFMG. In order to observe the performance of playful and practical activities as efficient strategies in the study of Molecular Biology in High School, similar questionnaires were applied to these agents, before and after the activities. Thus, we could see how important it is to perform activities such as these, as the result revealed that students improved their knowledge about the content of Molecular Biology. As an innovative product of this work, an illustrated booklet was prepared, containing the main errors detected in the three books and their corrections so that it can serve as complementary and supportive teaching material in the teaching of Molecular Biology for high school.

Keywords: critical analysis, molecular biology, textbook, content errors, new approaches

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVO GERAL	22
2.2 Objetivos específicos	22
3. MATERIAIS E METODOS.....	23
4. RESULTADOS.....	25
4.1 Seleção dos livros de biologia.....	25
4.2 Levantamento dos erros contidos nos livros selecionados.....	27
4.3 Problemas estruturais globais.....	34
4.4 Comparação da evolução dos erros em edições anteriores.....	35
4.5 Análise dos dados obtidos na aplicação do questionário para os professores de Biologia da rede pública de Minas Gerais.....	38
4.5.1 Análise dos critérios de escolha dos Livros didáticos pelos professores de Biologia da rede pública de Minas Gerais.....	38
4.5.2 Habilidade de professores de Biologia em detectarem os erros de Biologia Molecular nos Livros Didáticos de Biologia.....	41
4.6 Análise dos dados obtidos na aplicação do questionário para os estudantes da graduação.....	44
4.6.1 Perfil dos estudantes de graduação participantes da pesquisa	44
4.6.2 Avaliação da performance dos estudantes de Ciências Biológicas.....	48
4.7 Comparação entre o número de acertos obtidos por professores do ensino médio e estudantes da graduação em ciências biológicas.....	50
4.8 – Análise dos dados obtidos na aplicação do questionário para os estudantes do terceiro ano do Ensino Médio da rede pública de Minas Gerais.....	51
4.8.1 – Desempenho dos alunos antes da realização das atividades	51
4.8.2 – Desempenho dos alunos após da realização das atividades.....	52
4.8.3 – Comparação dos resultados obtidos pelos alunos do Ensino Médio.....	53
4.8.4 – Percepção dos estudantes em relação ao seu aprendizado em relação às metodologias utilizadas.....	54
5. DISCUSSÃO.....	57
6. CONCLUSÕES.....	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
8. ANEXOS	
8.1 Anexo 1 – Questionários.....	67

8.2 Anexo 2 – Tabela de Erros e inadequações.....	72
8.3 Anexo 3 – Figuras com erros.....	85
8.4 Anexo 4 - Atividades trabalhadas com os alunos do Ensino Médio.....	88
8.5 Anexo 5 -TALE e TCLEs.....	90
8.6 Anexo 6 – Cartilha eletrônica	97

Lista de Figuras, Gráficos e Tabelas

1. Tabela 1- Livros de Biologia analisados.....	23
2. Gráfico1- Livros de Biologia mais adotados nas escolas públicas de Minas Gerais, nos ano de 2015 e 2018, segundo dados coletados do PNLD (Programa Nacional do Livro Didático).....	26
3. Tabela 2- Livros de Biologia mais adotados nas escolas públicas do Brasil no ano de 2018.....	27
4. Figura 1 - Livros didáticos de Biologia para o ensino médio mais adotados na rede pública de ensino do Brasil, em 2018, por região geográfica.....	27
5. Tabela 3- Volumes, capítulos, páginas e figuras analisados em cada livro didático selecionado.....	28
6. Tabela 4 - Principais erros encontrados nas coleções de livros analisadas por categoria.....	34
7. Gráfico 2 – Comparação entre os livros analisados, em relação à quantidade e tipos de erros encontrados por categoria.....	35
8. Tabela 5 – Evolução dos erros contidos no conteúdo de Biologia Molecular por categoria em diferentes edições do Livro 5.....	36
9. Gráfico 3 – Evolução dos erros contidos no conteúdo de Biologia Molecular por categoria em diferentes edições do Livro 5.....	37
10. Gráfico 4 – Opção do Livro Didático de Biologia adotada na escola em que leciona.....	40
11. Gráfico 5 – Principais critérios observados para a escolha do Livro Didático de Biologia.....	40
12. Gráfico 6 – Continuidade na adoção do Livro Didático de Biologia.....	41
13. Gráfico 7 – Critérios considerados para a troca do Livro Didático.....	42
14. Gráfico 8 – Porcentagem de acertos dos professores de Biologia do ensino médio por questão.....	44
15. Gráfico 9 – Distribuição do número de participantes por porcentagem de acertos obtidos pelos professores de Biologia do ensino médio.....	44
16. Gráfico 10 – Turno de vinculação do Curso de Ciências Biológicas.....	45
17. Gráfico 11 – Modalidade do Curso em andamento.....	46
18. Gráfico 12 – Rede de ensino em na qual os estudantes participantes realizaram o ensino médio.....	46
19. Gráfico 13 – Utilização dos livros didáticos de Biologia voltados para o ensino médio pelos estudantes da graduação em Ciências Biológicas da UFMG.....	47
20. Gráfico 14 – Opinião dos estudantes entrevistados acerca da qualidade do livro didático de biologia do ensino médio.....	48
21. Gráfico 15 – Opinião dos estudantes acerca do conteúdo de biologia molecular abordados nos livros didáticos de biologia do ensino médio.....	48

22. Gráfico 16 – Opinião dos estudantes acerca do conteúdo de Biologia Molecular abordado nos livros didáticos de Biologia do ensino médio.....	48
23. Gráfico 17 – Porcentagem de acertos dos estudantes de Ciências Biológicas por questão.....	49
24. Gráfico 18 – Número de acertos obtidos pelos estudantes da graduação em Ciências Biológicas.....	50
25. Gráfico 19 – Comparação entre o número de acerto dos professores de Biologia e os alunos da graduação em Ciências Biológicas.....	51
26. Gráfico 20 – Porcentagem de acertos dos estudantes do ensino médio por questão, antes da realização das atividades lúdicas.....	52
27. Gráfico 21 – Porcentagem de acertos dos estudantes do ensino médio por questão, após a realização das atividades lúdicas.....	53
28. Gráfico 22 – Comparação entre o número de acertos antes e depois da sequência didática contendo aulas diversificadas.....	54
29. Gráfico 23 – Opinião dos estudantes acerca do seu conhecimento em relação ao conteúdo de Biologia Molecular após as aulas com metodologias diferenciadas.....	55
30. Gráfico 24 – Opinião dos estudantes em relação aos recursos utilizados nas aulas sobre o conteúdo de Biologia Molecular.....	56
31. Figura 2 - Exemplos típicos de imagens registradas durante as atividades práticas relativas ao conteúdo de Biologia Molecular realizadas com estudantes do 3º ano do ensino médio	56

Lista de Abreviaturas

FNDE - Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

MEC – Ministério da Educação

Fins – Parâmetros Curriculares Nacionais.

PNLD - Programa Nacional do Livro e Material Didático

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

1- Introdução

O livro didático sempre foi um importante recurso didático para apoiar o trabalho do professor em sala de aula. Além de facilitar o trabalho do docente, ele melhora o acesso ao conteúdo teórico pelos alunos, diminui o excesso de anotações no quadro e otimiza o uso do tempo de aula para outras atividades em sala, como explicações, discussão de dúvidas e realização de atividades práticas, bem como leva à diminuição da necessidade de folhas de papel sulfite utilizadas para copiar o conteúdo teórico para os discentes.

No Brasil, o livro didático é ferramenta de ensino-aprendizagem e suporte para a organização do currículo na maioria das instituições de ensino Fundamental e Médio do país (XAVIER, 2006).

Segundo GÉRARD & ROEGIERS (1998), o livro didático é

“um instrumento impresso, intencionalmente estruturado para se inscrever num processo de aprendizagem, com o fim de lhe melhorar a eficácia”.

Programas de melhoria da qualidade do livro didático brasileiro e de distribuição ampla para os estudantes de escolas públicas constituem uma das principais ações do Governo Federal e seu Ministério da Educação, desde a década de 30 do século passado (MEGID-NETO & FRACALANZA, 2003). Com a criação do PNLD (Programa Nacional do Livro didático), em 1937, o livro didático gradativamente foi se tornando mais acessível aos estudantes da rede pública. Todavia, naquela época, a escolha dos livros mantinha um forte caráter político, visto que as opções dos livros didáticos eram apresentadas em listas pré-determinadas, de acordo com ideologias políticas do governo, sendo restrito apenas a algumas escolas e disciplinas que tinham acesso a esse recurso (FNDE, 2017).

Em 1938, foi oficializada a implantação da distribuição dos livros didáticos no ensino fundamental (ROMANATTO 2008). A partir de 2005, o livro didático passou a ser distribuído também no ensino médio, acompanhando o desenvolvimento gradual da escolarização no Brasil, contemplando inicialmente as disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática. Somente em 2007, a disciplina de Biologia passou a ser também considerada na distribuição gratuita de livros didáticos (FNDE, 2017).

Apenas nos últimos anos, os livros didáticos passaram a ser distribuídos gratuitamente pelo Ministério da Educação a praticamente todos os estudantes das escolas públicas do

Brasil, contemplando uma ampla variedade de editoras e autores selecionados, permitindo a escolha de livros a serem adotados pelos docentes. Isso, sem dúvida, facilitou o acesso dos discentes ao conteúdo teórico estudado em sala de aula, otimizando, assim, o trabalho do professor.

Se por um lado, com a implantação do PNLD, o acesso universal aos livros didáticos se tornou uma realidade em praticamente todas as escolas do país, por outro lado eles se tornaram a principal, quiçá a única, fonte de material de trabalho impresso para a sala de aula, em grande parte das escolas da rede pública de ensino, representando o recurso básico e único de conhecimento no processo de aprendizagem dos estudantes (ORLANDI, 2003).

Nesse aspecto, é importante a utilização de materiais complementares ao livro didático nas escolas, pois a variedade de fontes de informação é que contribui para o aluno ter uma visão ampla do conhecimento. Não obstante, o livro didático ainda é um material de forte influência na prática de ensino brasileira. Assim, é preciso que os professores estejam atentos à qualidade, à coerência e a eventuais restrições que apresentem em relação aos objetivos educacionais propostos. (BRASIL 1998)

Por se tratar do único ou principal recurso didático utilizado nas escolas, os erros contidos no conteúdo dos livros podem ser determinantes para a sedimentação de conceitos imprecisos ou equivocados. Esse aspecto foi assim descrito por LIMA & SANTANA (2018):

“O livro didático assume um papel importante dentro do cenário educacional brasileiro. Por vezes ele é o único recurso recorrido pelo professor para nortear a prática pedagógica. A presença de erros conceituais, no entanto, pode fragilizar o conhecimento científico construído dentro e fora da sala de aula.”

Ainda segundo esses mesmos autores,

“Embora o livro didático não simbolize a única forma de utilização pelo professor para prática pedagógica, ele eventualmente é a mais explorada. Sendo assim deve-se haver um aprimoramento nos conteúdos abordados, tornando-os mais completos.”

Preocupado com a qualidade de um recurso, que é tão utilizado nas escolas brasileiras, a partir de 1996, o Ministério da Educação passou a adotar o Guia de Avaliação Pedagógica

dos livros inscritos para o PNLD que, por meio da ação de um grupo de especialistas, analisa e seleciona os livros ofertados pelo mercado editorial e, por intermédio de um guia distribuído nas escolas, permite aos professores escolherem apenas entre os livros pré-aprovados (FERREIRA & SOARES, 2008; BARREIRO & ORTÊNCIO-FILHO, 2016; FNDE, 2017).

Todavia, apesar do livro didático passar pelo crivo de especialistas e por constantes revisões, ainda é possível encontrar erros conceituais, imagens inadequadas e textos confusos relativos aos conteúdos de Genética e Biologia Molecular, o que dificulta o entendimento e o aprendizado dos alunos (MELO E CARMO, 2009).

É relevante ressaltar que a presença de erros no conteúdo dos livros muitas vezes passa despercebida pelos professores, sendo transmitida integralmente aos estudantes, como verdade absoluta, dificultando, assim, o aprendizado do conteúdo correto em outras fases do ensino do discente, como no ensino superior.

De acordo com MAGID-NETO &FRACALANZA (2003),

“vários pesquisadores vêm se dedicando a investigar a qualidade dos livros didático, denunciando suas deficiências a fim de se apontar soluções para melhorar a qualidade dos mesmos.”

Conquanto, apesar de serem encontrados erros substanciais quando analisados os conteúdos de livros didáticos, ainda é incipiente a pesquisa voltada especificamente ao ensino de Genética e Biologia Molecular, no ensino médio na escola básica brasileira, o que prejudica a escolha de livros mais adequados (MELO & CARMO, 2009).

É relevante ressaltar que é grande o volume de pesquisas voltadas a análise de livros didáticos de biologia, mas estas pesquisas são, em sua grande maioria, voltadas a análise somente do conteúdo, deixando a desejar outros aspectos importantes deste recurso, como investigação da utilização do mesmo pelo professor ou pelo aluno (PEDREIRA & CARNEIRO, 2017)

Nesse aspecto, ARAÚJO (2016), destaca em sua pesquisa que o livro didático é utilizado principalmente na elaboração do planejamento, do currículo e de atividades, ou até no auxílio à disciplina em sala, mas geralmente, não é utilizado como fonte teórica em sala de aula, para leitura ou realização de atividade práticas e teóricas propostas no livro.

A Biologia Molecular, entendida como o estudo do genoma, sua expressão e inter-relações em nível molecular ainda é uma ciência relativamente nova, embora vários estudos

anteriores contribuísem para o que hoje conhecemos neste campo (CAMARGO *et al.*, 2007).

Sem dúvida, dois marcos históricos que constituíram a base para o desenvolvimento da Biologia Molecular - a elucidação do modelo da dupla-hélice do DNA, realizado por James Watson e Francis Crick, no início da década de 50, e o sequenciamento do primeiro genoma humano, alcançado cerca de 50 anos mais tarde (WATSON & CRICK, 1953, VENTER *et al.*, 2001). De lá para cá, a evolução desta área do conhecimento tem sido vertiginosa, fato que torna ainda maior o desafio de se abordar de maneira clara e cientificamente correta o tema de Biologia Molecular na escola básica.

A evolução extraordinária dessa área de conhecimento foi destacada por CAMARGO *et al.*, 2007:

“Apesar de nova, no entanto, a Biologia molecular é, entre as diversas áreas da Biologia, talvez a que mais se desenvolveu nos últimos anos, principalmente devido aos avanços da genômica e da genética clínica.”

De fato, a aquisição de conhecimentos relacionados aos conceitos de biologia molecular no ensino médio precisa ser trabalhada de forma mais correta e adequadamente aprofundada dentro da escola, para que, desta forma, possibilite a aquisição dos conhecimentos que serão base para o estudo da Genética nesta etapa da educação básica.

A despeito do grande avanço da Biologia Molecular e a chegada deste conhecimento à escola básica, muito mais agora do que antes, ele ainda é superficial e carregado de concepções inadequadas, como mostram vários trabalhos apresentados entre os anos de 2001 e 2005 no Congresso Nacional de Genética – Seção Ensino.

A identificação de concepções inadequadas, relacionadas ao tema Biologia Molecular, não é exclusividade brasileira, mas também pode ser observada em diversos trabalhos publicados em outros países, como pontuado por CAMARGO, *et al.*, 2007.

Ademais, os conceitos de Biologia Molecular e Genética abordados no ensino médio são, geralmente, de difícil assimilação, sendo necessárias práticas e atividades complementares que auxiliem o seu entendimento. As dificuldades para se aprender os conceitos de Biologia Molecular e Genética são atribuídas ao fato destas serem áreas caracterizadas por grande quantidade de termos, que se restringem apenas aos conhecimentos específicos do campo da Biologia, e que não estão presentes no cotidiano dos estudantes (ARAÚJO & GUSMÃO, 2017).

Soma-se a esse cenário, a formação nem sempre adequada dos docentes de Ciências e Biologia nas áreas de Genética e Biologia Molecular, que faz com que exista um distanciamento entre a educação escolar e a assimilação de conceitos informais pela mídia (KRASILCHICK, 2005).

Uma solução simplista para resolver o problema da Biologia Molecular, pelo menos para a formação inicial do professor, seria um incentivo maior para a realização de cursos de atualização, nos quais especialistas seriam contratados para a “transmissão” de conhecimentos novos e a “organização” da confusa rede conceitual (CAMARGO *et al.* 2007). Contudo essa solução poderia não ser eficiente, visto que, muitos dos professores poderiam não participar destes cursos de atualização ou não apropriar o conhecimento adquirido nestes cursos para significativas transformações em sala de aula.

Paradoxalmente, informações no campo da Biologia Molecular estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas, visto que, os avanços científicos estão cada vez mais próximos do domínio público comum, devido à facilidade de acesso a estas informações, quer sejam corretas ou não, propiciada pelos avanços das tecnologias digitais nos dias atuais. Todavia, essa proliferação de informações, associadas a fontes nem sempre confiáveis, pode agravar ainda mais a aquisição de conceitos inadequados acerca do conteúdo de Biologia Molecular.

Segundo NOGUEIRA *et al.* (2014),

“As técnicas de biologia molecular vêm ganhando cada vez mais espaço como ferramenta para a geração do conhecimento científico. Por isso, o entendimento sobre elas tem se tornado essencial para que os estudantes possam absorver conhecimentos atuais, não só relacionados à genética, mas praticamente a toda a área de ciências da vida”.

Para CARBONI & SOARES (2001),

“essa expansão do conhecimento científico gerou para a disciplina de biologia, principalmente na área de genética molecular, um constante desafio e uma grande responsabilidade, pois o domínio desses conhecimentos é necessário para a compreensão do mundo, dos limites e possibilidades da Ciência e do papel do homem na sociedade na qual está inserido”.

Portanto, a aquisição de conceitos inadequados e com erros graves no conteúdo de Biologia Molecular pode proporcionar deficiências na aprendizagem da Genética como um todo, tanto na área acadêmica, quanto no cotidiano dos estudantes, o que torna mais importante ainda o trabalho do professor na apresentação correta deste conteúdo.

Isso se torna ainda mais significativo no âmbito do Ensino Médio, quando o indivíduo está prestes a concluir uma etapa consideravelmente relevante de sua vida na educação básica. É fundamental que haja uma construção do conhecimento de qualidade proporcionando, sobretudo, uma fundamentação teórico-prática mais consistente. É nesse momento escolar do ensino, que os alunos terão uma estruturação preparatória para prosseguir na convivência em sociedade, especialmente no que se refere à sequência dos estudos, de forma que o embasamento construído ao longo do processo de ensino possibilite o pleno aprendizado dos principais fundamentos da Genética e da Biologia Molecular pelos discentes (BRASIL, 1998).

Nesse cenário, a utilização de ferramentas que propiciem maior protagonismo dos estudantes para tornar o processo de aprendizagem desses conceitos mais efetiva e dinâmica é fundamental. Certamente a diversidade dos meios de ensino-aprendizagem pode contribuir para o melhor aprendizado dos estudantes, porquanto proporciona um maior envolvimento dos estudantes ao mesmo tempo em que reestrutura a prática didática em fuga ao tradicionalismo, muitas vezes exacerbado nas salas de aula e que pode contribuir negativamente no aprendizado dos alunos (NICOLA, PANIZ, 2016).

LEAO (2018) destacou muito apropriadamente a importância da inserção de metodologias diferenciadas para facilitar o entendimento, por parte dos alunos, do conteúdo de Biologia Molecular.

“Enquanto as aulas expositivas têm assegurado seu lugar de destaque nas práticas docentes, metodologias diferenciadas são utilizadas de maneira tímida em sala de aula, geralmente como estratégias complementares. Representações não linguísticas e jogos cooperativos são alternativas que podem promover o protagonismo e a participação ativa dos (as) estudantes, melhorando o processo de ensino e aprendizagem.”

As atividades práticas e lúdicas, por vezes limitadas à educação infantil, são importantes para a promoção da criatividade, autonomia e participação ativa do aluno, em

diferentes níveis escolares. Desenvolver, de forma lúdica, temas pertinentes à Biologia, a qual, cotidianamente, distancia-se da realidade dos alunos, amplia as possibilidades de uma aprendizagem prazerosa e significativa, bem como confere aos alunos o protagonismo nas relações de ensino e de aprendizagem (FIVORANTE & GUARNICA, 2019).

O lúdico é uma linguagem expressiva que contribui para o autoconhecimento do indivíduo, no contato com o outro, a cultura e o mundo ao seu redor, sendo um espaço de expressão mais genuína do ser, importante para seu desenvolvimento intelectual e afetivo.

Segundo ALMEIDA (2009),

“Uma sala de aula ludicamente organizada, seja por uso de materiais didáticos, ou por intermédio da atuação lúdica do professor como mediador pedagógico, há a renúncia do professor à centralização e ao controle onipotente, com incentivo à postura ativa dos alunos nas situações de ensino assumindo o protagonismo e o lugar de sujeito em sua aprendizagem”.

Os educandos, em geral, apresentam grande interesse por atividades dinâmicas nas quais sua participação é maior e constante, isto ocorre devido, principalmente, ao uso de tecnologias diariamente em suas vidas que requerem interatividade, além da grande velocidade com que as informações são disponibilizadas (SANTOS & GUIMARÃES, 2010).

Os modelos didáticos aparecem, assim, como uma produtiva estratégia no processo de ensino-aprendizagem na educação básica. Estes modelos são úteis na sala de aula, pois permitem aos estudantes facilmente observar e analisar o que é difícil aprender diretamente dos livros didáticos (MOUL E SILVA, 2017). E o ensino de tópicos de Biologia Molecular constitui um dos conteúdos de Biologia no ensino médio que mais requer a elaboração de material didático de apoio ao conteúdo presente nos livros texto, já que emprega conceitos bastante abstratos e trabalha com aspectos moleculares e microscópicos (ORLANDO *et al.*, 2009).

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (Fins), as estratégias de ensino diversificadas, podem propiciar a discussão e a elaboração conjunta de idéias e de práticas, nas quais os estudantes podem ser desafiados pelo jogo do conhecimento, e não somente pelos outros integrantes da atividade (BRASIL, 1998). Portanto, a utilização desses métodos pode ser uma boa alternativa para se buscar sanar as deficiências encontradas no conteúdo de Biologia Molecular contido nos livros didáticos da educação básica.

Para KRASILCHIK (2004),

“A utilização de estratégias que envolvam atividades práticas e experimentação auxiliam para uma melhor compreensão de conceitos e processos celulares que são considerados temas abstratos e difíceis de serem compreendidos por parte dos educandos. Além disso, avanços científicos no campo da Biologia têm conduzido à necessidade de uma didatização dos conhecimentos nas salas de aula de ciências, isto é, à facilitação dos conhecimentos científicos biológicos em objetos de ensino”

Assim, na primeira parte do presente trabalho, nos propusemos a realizar uma análise crítica do conteúdo sobre Biologia Molecular contido nos livros didáticos mais adotados pelos professores de Biologia no ensino médio, na rede pública do Estado de Minas Gerais. Foram analisados livros publicados por cinco autores e editoras distintas, fazendo o comparativo entre edições antigas e recentes de alguns dos livros, visando a identificar equívocos no conteúdo de Biologia Molecular encontrados nos livros analisados. Este tipo de pesquisa em diversas áreas da Biologia é relevante, pois os livros didáticos apresentam muitas informações incorretas, por vezes preconceituosas ou discriminatórias (SUCCI, WICKBOLD & SUCCI, 2005, BARREIRO & ORTÊNCIO-FILHO, 2016).

Ainda, segundo esses mesmos autores

“apesar de existirem várias pesquisas que nos remetem a análise de livros didáticos de biologia, os resultados não são nada otimistas, tendo em vista que estes resultados indicam que os livros didáticos não estão com o conteúdo atualizado, mas não alteraram o conteúdo de biologia molecular abordado erroneamente nos livros. Observa-se, então, que, apesar dos esforços, o livro didático de biologia continua provocando desconforto tanto para a comunidade que o utiliza, quanto para os autores que o idealiza, o que justifica a importância do trabalho que será realizado.”

Nesse aspecto, na segunda parte deste trabalho, buscamos avaliar como professores e estudantes do ensino médio e superior percebem a adequação do conteúdo dos livros didáticos de Biologia adotados no ensino médio. Como resultado desse levantamento, associado à realização de atividades investigativas com os discentes do Ensino Médio, foi

elaborada uma cartilha ilustrada eletrônica com os erros mais comuns contidos nos livros analisados, de maneira a alertar os professores sobre os mesmos para que possam corrigi-los, evitando, assim, o aprendizado de conceitos errados no estudo da Biologia Molecular no ensino médio. Constam ainda na cartilha, propostas de atividades práticas, lúdicas ou experimentais, buscando facilitar a construção do conteúdo de biologia molecular pelos estudantes.

2- Objetivo Geral

Analisar criticamente o conteúdo de Biologia Molecular contido nos livros didáticos mais adotados pelos professores na rede pública das escolas do Estado de Minas Gerais e propor uma cartilha eletrônica com informações corretas e atividades complementares sobre o tema.

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1. Identificar os livros didáticos de Biologia mais utilizados nas escolas públicas do Estado de Minas Gerais e do Brasil
- 2.2.2. Detectar e categorizar os principais e mais pertinentes erros encontrados no conteúdo de Biologia Molecular nos livros didáticos do ensino médio comparado com outras fontes de informação utilizadas no ensino superior.
- 2.2.3. Comparar a evolução dos erros em diferentes edições do mesmo livro.
- 2.2.4. Investigar a capacidade de estudantes e docentes da escola básica e da universidade de detectarem os principais erros contidos nos livros analisados.
- 2.2.5. Investigar, junto aos alunos do ensino médio, o impacto da realização de atividades lúdicas e práticas no aprendizado do conteúdo de Biologia Molecular.
- 2.2.6. Elaborar uma cartilha ilustrada eletrônica com os erros encontrados no presente trabalho, corrigindo os conceitos, como forma de auxiliar os professores na nas aulas de Biologia Molecular do ensino médio.
- 2.2.7. Propor, na cartilha eletrônica, atividades práticas simples realizáveis em espaços de laboratório ou mesmo em salas de aula convencionais, sobre o conteúdo de Biologia Molecular para os discentes.

3- Materiais e Métodos

O presente trabalho se trata de uma pesquisa quanti-qualitativa sobre o conteúdo presente nos livros didáticos do ensino médio referentes à Biologia Molecular. A estratégia utilizada foi a comparação do conteúdo dos livros didáticos voltados para o ensino médio, com o conteúdo equivalente disponibilizado em livros adotados em disciplinas de Biologia Molecular do ensino superior, além de outras produções científicas.

Para realização deste trabalho, foi realizado um levantamento junto ao PNLD (Programa Nacional do Livro Didático) sobre os livros didáticos de Biologia mais adotados nas Escolas Estaduais de Minas Gerais nos anos de 2015 e 2018, Os livros (TABELA 1) foram denominados respectivamente de Livro 1, Livro 2, Livro 3, Livro 4 e Livro 5, conforme a ordem do mais utilizado para o menos utilizado no ano de 2018.

Tabela 1-Livros de Biologia analisados.

LIVRO	TÍTULO	AUTORES	EDITORA	EDIÇÃO
1	Biologia Hoje	Sérgio Linhares/ Fernando Gewandsznajde e Helena Pacca	Àtica	3ª edição.
2	Biologia Moderna Amabis e Martho	José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho	Moderna	1ª edição
3	Biologia	Vivian L. Mendonça	AJS	3ª Edição
4	Bio	Sônia Lopes e Sergio Rosso	Saraiva	3ª edição
5	Biologia Ensino Médio	César da Silva Júnior, Sezar Sasson e Nelson Caldini Júnior	Saraiva	12ª edição

Na primeira etapa do trabalho, como sugerido por MARCANTONIO *et. Al* (1993), foi também realizado o levantamento bibliográfico com a seleção, o fichamento, a quantificação e o arquivamento de informações obtidas por meio de documentos relacionados ao tema.

Para o desenvolvimento proposta foram adotadas as seguintes leituras, conforme proposto por SILVA & OLIVEIRA (2013)

“Leitura exploratória – que permite (...) identificar quais materiais bibliográficos interessavam à pesquisa (...)

Leitura seletiva – que permite a seleção de tópicos que realmente interessam à pesquisa. Para tanto, é necessário ter em mente os objetivos da pesquisa, para se evitar a leitura de textos que não contribuam para a solução do problema proposto (...).

Leitura analítica – que tem por finalidade ordenar e sumarizar as informações contidas nas fontes, de modo a se obterem respostas aos problemas propostos (“...”).

Os livros selecionados foram analisados, fazendo-se a comparação do conteúdo com livros e publicações científicas da área adotados no ensino de terceiro grau: Princípios de Bioquímica de Lehninger (David Nelson e Michael Cox, quinta edição ou superior), Bioquímica (Jeremy Berg, Jhon Tymoczko e Lubert Strayer, quinta edição ou superior). Após essa análise, foi realizada uma comparação de edições atuais e edições antigas do Livro 5, publicadas entre os anos de 2005 e 2016, para a percepção da evolução do conteúdo de Biologia Molecular ao longo dos anos.

Para a compilação de dados, os erros contidos nos livros analisados e a continuidade ou não dos erros nas edições mais atuais foram identificados, catalogados, classificados e quantificados. Os erros encontrados foram classificados em quatro categorias:

Categoria 1 - erros graves de conceitos

Categoria 2 - erros de imprecisão de conceitos

Categoria 3 - erros de figuras

Categoria 4 - erros de exercícios

Os erros dentro de cada uma das categorias foram tabulados, permitindo a identificação dos erros mais comuns, recorrentes e relevantes para o estudo da Biologia Molecular no ensino médio.

A segunda etapa consistiu na aplicação de questionários estruturados (ANEXO 1), com o intuito de levantamento de dados sobre a escolha e utilização de livros didáticos e habilidade de detectar erros em livros didáticos para 41 professores de Biologia da rede pública do Estado de Minas Gerais, para 40 estudantes da graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais e para 65 alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola estadual de Minas Gerais. Os dados obtidos foram tabulados e inseridos em gráficos, a fim de comparação de resultados entre os agentes participantes da pesquisa.

Na terceira etapa, foram realizadas atividades teóricas, lúdicas e práticas acerca do conteúdo de Biologia Molecular com os alunos do ensino médio participantes da pesquisa.

Na última etapa, foi reaplicado o questionário aos mesmos alunos do ensino médio, participantes das etapas 2 e 3, com o intuito de relacionar as atividades realizadas com a capacidade de percepção de erros nos livros didáticos.

4- Resultados

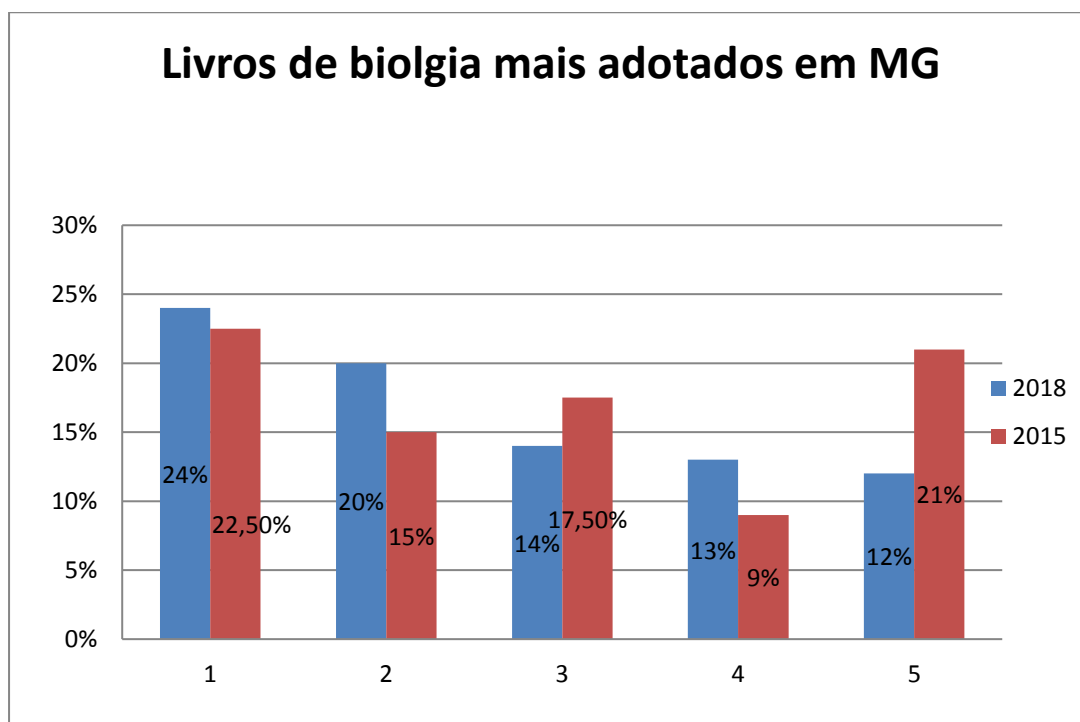
4.1 - Seleção dos livros de Biologia

A primeira etapa do trabalho foi o levantamento junto ao PNLD, através do site <http://www.fnde.gov.br/index.php/programas-livro-didatico> onde foi feito o contato com a equipe do livro didático, através do link fale conosco, que disponibilizou, via e-mail, os dados referentes aos livros de Biologia voltados para o ensino médio mais utilizados pelas escolas da rede pública de ensino. Entre os dez livros escolhidos, foram selecionados os cinco livros mais adotados no ano de 2018, e Minas Gerais, que foram denominados ao longo do trabalho como Livro 1, Livro 2, Livro 3, Livro 4 e Livro 5.

O Gráfico 1 traz as informações da porcentagem de escolas públicas de Minas Gerais que adotaram os livros selecionados no ano de 2018. Ao todo foram analisadas escolhas realizadas por 2.432 escolas públicas municipais, estaduais ou federais localizadas no Estado de Minas Gerais. Observa-se que os cinco livros selecionados correspondem a 85% do total de dez livros utilizados nas escolas de rede pública de ensino de Minas Gerais.

Ainda no gráfico 1, fazendo um comparativo com os livros adotados no ano de 2015, edição anterior do PNLD, observa-se que o Livro 1 foi o mais adotado ao longo das duas últimas edições do Programa e os outros trocaram de posições, mas continuam entre os cinco mais adotados no estado de Minas Gerais, mostra que os professores de Biologia estão mantendo a preferência em relação aos livros didáticos de Biologia ao longo dos últimos anos.

Gráfico 1- Livros de Biologia mais adotados nas escolas públicas de Minas Gerais, nos anos de 2015 e 2018, segundo dados coletados do PNLD (Programa Nacional do Livro Didático).



Resultados similares foram detectados também na esfera nacional, demonstrando que dois dos cinco livros selecionados neste trabalho estão também entre os dez livros mais utilizados em outros estados brasileiros (Tabela 2).

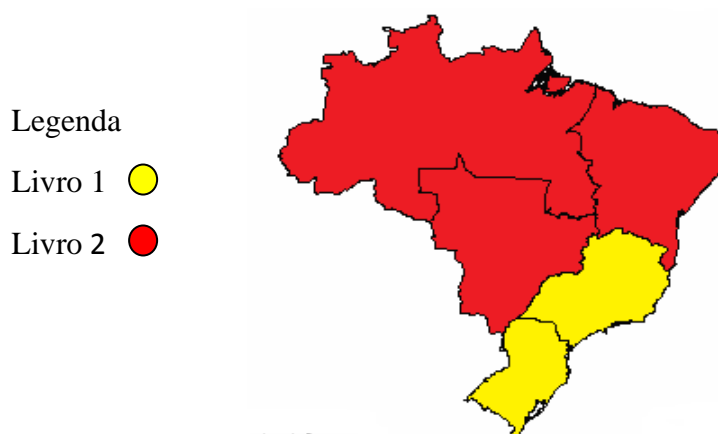
Tabela 2- Livros de Biologia mais adotados nas escolas públicas do Brasil no ano de 2018

Livros de Biologia mais adotados no Brasil	
1° Livro mais adotado	Livro 2 (25%)
2° Livro mais adotado	Livro 1 (19,6%)
3° Livro mais adotado	Livro 4 (11,1%)
7° Livro mais adotado	Livro 5 (7%)
8° Livro mais adotado	Livro 3 (6,7%)

Fonte: PNLD (Programa Nacional do Livro Didático)

Os Livros 1 e 2 são aqueles mais adotados em todo o país (44,6% do total de 10 livros), mas curiosamente, observa-se, uma diferença por região do Brasil, entre o livro mais adotado nas regiões sul e sudeste comparado ao livro mais adotado nas regiões norte, nordeste e centro-oeste (Figura 1). Ainda considerando a esfera nacional, o Livro 4 é o terceiro mais adotado e os Livros 3 e 5 não estão entre os cinco mais adotados, diferenciando da preferência em Minas Gerais

Figura 1 - Livros didáticos de Biologia para o ensino médio mais adotados na rede pública de ensino do Brasil, em 2018, por região geográfica.



Fonte: PNLD (Programa Nacional do Livro Didático)

4.2 - Levantamento dos erros contidos nos livros selecionados

Foi realizado o levantamento dos erros contidos no conteúdo de Biologia Molecular dos livros selecionados, por comparação com conteúdos similares em outras produções acadêmico - científicas utilizadas nos cursos de graduação para às áreas biológicas e de saúde na UFMG. Os volumes, capítulos e páginas analisadas de cada livro didático selecionado estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3-Volumes, capítulos, páginas e figuras analisados em cada livro didático selecionado.

LIVRO ANALISADO	Livro 1	Livro 2	Livro 3	Livro 4	Livro 5
Volume/Capítulo analisados	1/10	1/ 6	3/10	1/8 e 3/5	1/4 e 3/3
Nº de páginas analisadas	15	15	20	24	22
Nº de exercícios analisados	18	26	16	13	12
Nº de figuras analisadas	15	10	18	19	22

Exemplos de erros detectados em cada categoria podem ser observados na lista abaixo.

Categoria 1- Erros graves de conceitos

Nesta categoria foram incluídos os erros que prejudicam o entendimento de conceitos fundamentais da estrutura e função de cromatina, DNA, RNA e proteínas, bem como dos processos de replicação, transcrição e tradução e regulação da expressão gênica. Exemplos de erros incluídos nesta categoria são:

- *"se em uma fita houver a sequência AATCCATGT, na outra a sequência será TTAGGTACA".*

Este tipo de erro grave é bastante comum nos livros de Biologia para o ensino médio. Ele complica o entendimento das fitas antiparalelas do DNA, conceito importante para a compreensão do fluxo de informação. É importante destacar que há uma convenção de sempre se escrever as fitas de DNA e RNA de 5' para 3'. Assim, o texto correto seria: "se em uma fita houver a sequência AATCCATGT, na outra a sequência será ACATGGATT", ou seja, "se em uma fita houver a sequência 5'AATCCATGT3', na outra a sequência será 5'ACATGGATT3'." A título de máxima simplificação poderia ser eventualmente aceitável a expressão "se em uma fita houver a sequência 5'AATCCATGT3', na outra a sequência será 3'ACATGGATT5'", desde que as polaridades das fitas fossem apresentadas.

- *"Por exemplo, para a sequência TACGGACTA do DNA, constitui-se a sequência AUGCCUGAU no RNA".*

Como abordado no exemplo anterior, esse é outro exemplo de erro de polaridade dos ácidos nucleicos. O texto correto poderia ser: "Por exemplo, para a sequência TACGGACTA na fita molde de DNA, constitui-se a sequência UAGUCCGUA no RNA, ou seja, "Por exemplo, para a sequência 5'TACGGACTA3' na fita molde de DNA, constitui-se a sequência 5'UAGUCCGUA3' no RNA.

- *"o conjunto dos genes de uma célula que influencia o desenvolvimento das características de um ser vivo é chamado genoma".*

Essa frase dá a entender que o genoma se restringe a parte codificante do material genético de uma célula. Todavia, o genoma é todo o material genético de um organismo. Consiste em DNA (ou RNA no caso de alguns vírus). O genoma inclui tanto os genes (ou as regiões codificantes) quanto o DNA não-codificante (ou as regiões intergênicas). Além do DNA nuclear, ainda há o DNA mitocondrial e DNA dos cloroplastos nos eucariotos e o DNA plasmidial nos organismos procariotos.

- *"O controle da síntese de proteínas é feito em duas etapas: a transcrição e a tradução."*

Esta frase pode ser razoavelmente assumida como verdadeira apenas para procariotos. Em eucariotos, existem várias etapas envolvidas na regulação da expressão gênica, desde a abertura da cromatina, passando pelo processo de transcrição, de processamento do RNA, de tradução, de processamento, armazenamento e degradação da proteína. Passar essa idéia da complexidade do controle da expressão gênica nos eucariotos, para os estudantes do ensino médio, é de uma riqueza que os livros se furtam a colaborar.

Categoria 2 – Imprecisão de conceitos

Nesta categoria, foram incluídos equívocos ou imprecisões resultantes de simplificação excessiva ou incompletudes de conceitos, que embora não prejudiquem o entendimento de conceitos fundamentais do fluxo da informação genética, poderiam ser abordados de forma mais adequada. Exemplos deste tipo de imprecisões são:

- *"As características morfológicas e fisiológicas de um ser vivo dependem dos tipos de proteínas produzidas em seu organismo".*

Esta frase dá a entender, erroneamente, que, tendo os tipos diferentes de proteínas produzidas por um organismo, teremos definidas as características morfológicas e fisiológicas do mesmo. Muitos fatores determinam as características morfológicas e

fisiológicas de um organismo, incluindo os tipos e quantidades de proteínas, mas também dos RNAs codificantes e não codificantes, de fatores do meio ambiente, dentre outros.

- *"Ao contrário da molécula do DNA, a molécula do RNA é formada por um único filamento de polinucleotídeos".*

Esta frase ignora que existem organismos cujo material genético é constituído de DNA fita simples ou RNA fita dupla, como alguns vírus.

- *"Na transcrição apenas uma das fitas de determinado trecho de DNA é usada para a síntese do RNAm."*

Esta afirmação está equivocada, pois, há regiões em procariotas, vírus, e até mesmo, ocasionalmente, em eucariotos, onde trechos das duas fitas servem como DNA molde para a síntese de diferentes RNAm.

- *"As enzimas desenrolam as duas hélices do DNA antes da duplicação".*

Esta frase como redigida, pode levar ao entendimento errôneo de que a dupla fita de DNA precisa se abrir completamente antes da replicação do DNA e não que este é um processo muito mais dinâmico, onde a abertura da dupla fita de DNA se dá de forma gradativamente, à medida que a forquilha de replicação se move em ambas as direções, a partir dos pontos de origem de replicação.

- *"as bases púricas possuem um duplo anel de carbono e as pirimídicas um anel de carbono."*

Esta frase poderia ser reescrita de forma a torná-la mais clara e correta: "as bases púricas possuem um duplo anel de carbono e nitrogênio e as pirimídicas um anel simples de carbono e nitrogênio."

- *"(...) sequências de bases no DNA contêm informações codificadas (...). Essas informações são rigorosamente duplicadas e transmitidas com precisão de geração a geração pela duplicação semiconservativa do DNA."*

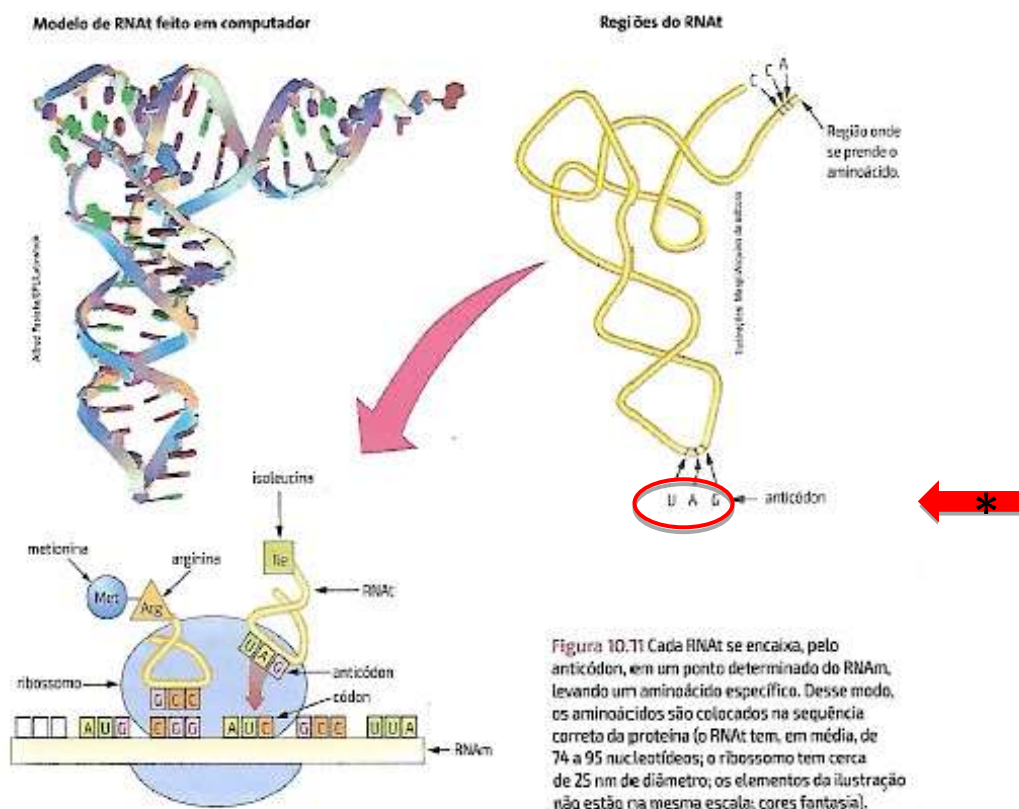
Esta informação não leva em consideração as mutações que podem ocorrer durante o processo de replicação de DNA, que podem alterar trechos da molécula de DNA. O livro não aborda, nem cita esse termo em nenhum momento. Essa ausência de menção a mutações dificulta o entendimento dos estudantes sobre as bases moleculares do processo evolutivo.

- “RNAm (RNA mensageiro): (...) É a sequência de seus códons que determina a sequência de aminoácidos.”

Essa informação está incompleta, pois não aborda a etapa de processamento do RNA transcrito primário que ocorre no núcleo para formar o RNAm maduro, antes do mesmo migrar para o citoplasma.

Categoria 3 – Erros de figuras

Nessa categoria, foram incluídos erros encontrados nas figuras que dificultam o correto entendimento das estruturas dos ácidos nucleicos ou de seus processos de replicação, transcrição e tradução. Um exemplo recorrente deste erro é:



Nesta figura, na imagem da molécula de RNAt, supostamente do aminoácido isoleucina (Ile), apresentada na parte superior à direita, há um erro de polaridade na sequência do anticódon (apontado com a seta vermelha e um asterisco) que está escrita como se fosse 5'UAG3', quando deveria ser 5'GAU3'. Para compensar este erro, na parte inferior da figura, à esquerda, foi necessário fazer uma torção do RNAt, para que o anticódon pudesse ser capaz de complementar o códon 5AUC3'. De fato, o RNAt cujo anticódon é 5'UAG3' seria um transportador de leucina (Leu) e não de isoleucina (Ile) e o códon do RNAm que ele complementaria seria o códon 5'CUA3' e não o códon 5'AUC3'. É importante salientar que adolescentes, em geral, até pelo desenvolvimento de habilidades em jogos eletrônicos, têm excelente visão espacial e este tipo de erro pode dificultar a compreensão deles acerca da complementaridade antiparalela das fitas de ácidos nucleicos, no caso, do RNAm e do RNAt.

Categoria 4 – Erros de exercícios

Nessa categoria, foram incluídos exercícios que da maneira como escritos estão inconsistentes, incompletos ou errados, ou não têm como ser respondidos, ou ainda são exercícios cujas respostas no livro estão erradas. É relevante salientar que a execução de exercícios é uma tarefa voltada para a avaliação de aprendizagem e a fixação de conhecimentos. Dessa forma, erros de conceitos graves presentes nos exercícios são especialmente danosos para a compreensão dos estudantes do conteúdo de Biologia Molecular. Exemplos desse tipo de erros são:

- “*Transcreva a mensagem TAGGTACCT do código genético de DNA para o código do RNA. Com auxílio da tabela de códons (página 125). Indique que aminoácidos serão encadeados por esse trecho de DNA.*” A resposta desse exercício, no livro do professor, apresenta a sequência “*AUCCAUGGA*” para o RNAm e a sequência de aminoácidos “*isoleucina, histidina, glicina*”.

Observam-se, nesta atividade proposta, dois erros graves. Em primeiro lugar, se considerarmos que a fita de DNA dada é a fita molde, embora o enunciado do exercício não deixe isso claro, o RNA transcrito deverá ser antiparalelo a ela, e escrito na direção de 5' para 3'. Assim, a resposta correta seria AGGUACCUA, ou seja, 5'AGGUACCUA3'. Na pior das

respostas, e a título de máxima simplificação, poderia se aceitar a opção 3'AUCCAUGGA5', desde que com a indicação expressa da polaridade invertida da fita de RNA. Ademais, dada a sequência correta do RNAm, a sequência de aminoácidos codificada por esta molécula seria: arginina, tirosina, leucina, já que a leitura do RNAm no ribossomo é feita de 5' → 3', ou seja, a resposta da no livro do professor está totalmente errada e, novamente, confunde professores e estudantes.

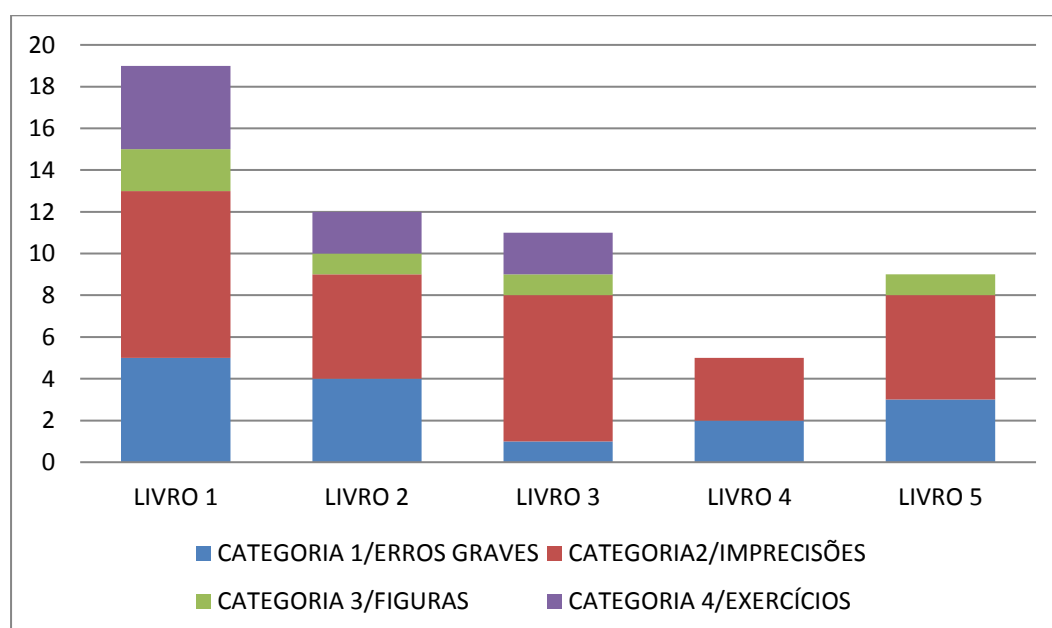
- “A sequência ACUGACAUGUUACUCACUAUUUGACAGGUA representa uma molécula de RNA mensageiro cuja tradução ocorre da esquerda para direita. (...) Escreva a sequência de bases das quais as duas cadeiras do DNA a partir do qual foi transcrito o RNA mencionado na questão anterior, indicando qual das cadeias foi transcrita pela polimerase do RNA.” A resposta desse exercício, apresentada no livro do professor, é: “As duas cadeias de DNA são: TGACTGTACAATGAGTGATAAACTCGTCCATT e ACTGACATGTTACTCAGTATTTGACAGGTAA. A Cadeia transcrita é a primeira.”

Novamente, nessa atividade, ocorre erro grave, pois a fita de DNA que serve de molde para a transcrição do RNAm deve ser complementar e antiparalela a ele. O resultado correto seria então TTACCTGCTCAAATAGTGAGTAACATGTCAGT para fita molde de DNA, a partir da qual o RNA foi transcrito. Nesse exercício, a sequência da fita codificadora está correta, que é a mesma sequência do RNAm, com exceção que os resíduos de uridinas são trocados por timinas.

Foram levantados um total de 19 erros no Livro 1, sendo cinco da Categoria 1, oito da Categoria 2, dois da Categoria 3 e quatro da Categoria 4. No Livro 2 foram levantados 12 erros, sendo quatro da Categoria 1, cinco da categoria 2, um da categoria 3 e dois da categoria 4. No Livro 3, foram levantados um total de 11 erros, sendo um da Categoria 1, sete da Categoria 2, um da Categoria 3 e dois da Categoria 4. No livro 4, foram levantados cinco erros, sendo dois da Categoria 1 e três da Categoria 2. No livro 5 foram levantados nove erros, sendo três da Categoria 1, cinco da Categoria 2 e um da Categoria 3. (Tabela 4, Gráfico 2).

Tabela 4 - Principais erros encontrados nas coleções de livros analisadas por categoria.

ERROS COLEÇÕES	CATEGORIA1 Erros Graves	CATEGORIA2 Imprecisões de conceito	CATEGORIA3 Erros em figuras	CATEGORIA4 Erros em exercícios	TOTAL
LIVRO 1	5	8	2	4	19
LIVRO 2	4	5	1	2	12
LIVRO 3	1	7	1	2	11
LIVRO 4	2	3	0	0	5
LIVRO 5	3	5	1	0	9
TOTAL	15	28	5	8	56

Gráfico 2 – Comparação entres os livros analisados, em relação à quantidade e aos tipos de erros encontrados por categoria.

4.3 – Problemas estruturais globais

Além dos erros identificados e classificados nas quatro categorias estabelecidas neste trabalho, a análise global da estrutura das coleções de livros selecionadas permitiu a detecção de alguns problemas de organização dos conteúdos, que podem contribuir para dificultar o aprendizado dos temas de Biologia Molecular e Genética pelos discentes. Esses problemas serão descritos a seguir.

Nas coleções referentes aos Livros 1 e 2, o conteúdo de Biologia Molecular é abordado no volume 1, destinado aos alunos do 1º ano do ensino médio, e o conteúdo de Genética é abordado no volume 3, destinado aos alunos do 3º ano do ensino médio. Como apresentado, o conteúdo fica fragmentado, dificultando o entendimento da Biologia Molecular e Genética como um todo.

Na coleção referente ao Livro 3, alguns conceitos são trabalhados em leituras posteriores ao capítulo, sem ocorrer a citação destas leituras ao longo do capítulo. Por exemplo, na imprecisão descrita anteriormente: “*RNAm (RNA mensageiro): (...) É a sequência de seus códons que determina a sequência de aminoácidos.*” A explicação sobre o processamento do RNA no núcleo se encontra em um texto complementar, no final do capítulo, e não ocorre nenhuma citação ao longo do capítulo sobre este processo, ou alguma indicação de leitura do texto para aprofundamento do assunto, o que leva, muitas vezes, ao aprendizado incompleto, ou até mesmo errado, de um conceito.

4.4 – Comparação da evolução dos erros em edições anteriores

Com o objetivo de se avaliar a evolução do conteúdo ao longo das edições dos livros selecionados, foram analisadas quatro edições distintas do Livro 5, por ser este o livro com maior número de edições disponíveis para análise e um dos livros com menor número de erros totais encontrados, pelo menos na versão adotada nas escolas em 2018 (Coleção com três volumes - edição de 2016). De fato, apenas o Livro 4 apresentou menos erros do que o Livro 5.

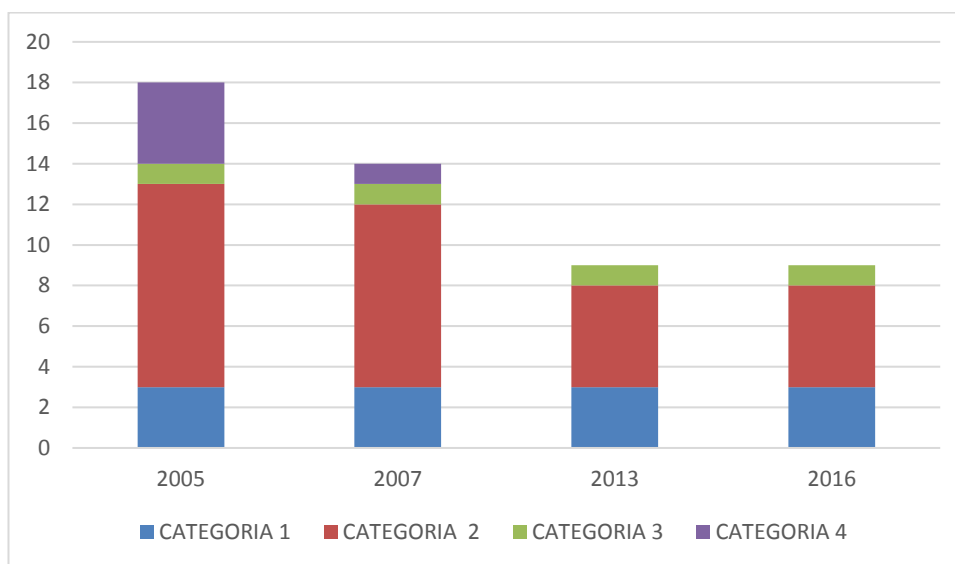
Assim, para essa etapa do trabalho, além da edição de 2016, analisada inicialmente, foram analisadas as edições de 2013 (coleção com três volumes), 2007 (volume único) e 2005 (coleção com três volumes). Após a análise comparativa das quatro edições do Livro 5,

foi possível perceber que houve uma significativa melhora na qualidade das informações sobre Biologia Molecular com o passar dos anos, visto que a quantidade e a gravidade dos erros encontrados foram diminuindo conforme a edição foi ficando mais atual (Tabela 5, Gráfico 3)

Tabela 5 – Evolução dos erros contidos no conteúdo de Biologia Molecular por categoria em diferentes edições do Livro 5.

Edição ERROS	CATEGORIA 1	CATEGORIA2	CATEGORIA 3	CATEGORIA 4	TOTAL
2005	3	10	1	4	18
2007	3	9	1	1	14
2013	3	5	1	0	9
2016	3	5	1	0	9

Gráfico 3 – Evolução dos erros contidos no conteúdo de Biologia Molecular por categoria em diferentes edições do Livro 5.



Abaixo mencionamos alguns destes erros e suas respectivas progressões ao longo das edições analisadas.

Nas edições de 2005 e 2007 do livro 5 é afirmado, repetidas vezes, que “*o DNA se duplica*”, o que leva a entender que a molécula de DNA se autoduplica, não necessitando de enzimas ou fatores externos neste processo. Todavia, nas duas edições seguintes esta afirmação foi substituída pela expressão “*o DNA é replicado*”, tornando o conceito mais correto.

Similarmente, nas edições de 2005 e 2007 tem-se a afirmação de o “*RNA é sempre formado por uma fita única*”, nas edições mais atuais esta frase foi substituída por o “*RNA é quase sempre formado por fita única*”.

Outro exemplo de erro, que foi, pelo menos parcialmente, corrigido nas últimas versões, é a afirmação de que “*o DNA presente no núcleo controla toda a síntese de proteínas da célula*”, presente nas edições de 2005 e 2007. Essa afirmação, como originalmente escrita, dava a entender que somente o DNA nuclear era responsável pelo controle da síntese de proteínas, excluindo deste papel moléculas como RNAs não-codificadores e outros fatores importantes para o controle da síntese proteica. Nas edições de 2013 e 2016, todavia, esta afirmação foi substituída por “*o DNA presente no núcleo contém a informação para a síntese de proteínas da célula*”, tornando, pelo menos, a afirmação menos contundente. Todavia, há ainda que se chamar a atenção para o fato de que a informação de que o DNA contido nas mitocôndrias e cloroplastos também contém informação para a síntese de parte das proteínas presentes nestas organelas, não está presente em nenhuma das edições dos livros analisados.

Nos exercícios das edições de 2005 e 2007, existem vários erros relativos à polaridade do DNA e RNA, ou seja, existem moléculas equivocadamente escritas na direção 3' para 5'. Por exemplo, um dos exercícios, encontrado na edição de 2005 contém o enunciado “... (UFU-MG). Na medicina moderna, drogas conhecidas como *anti-sense* têm sido utilizadas com sucesso no bloqueio da expressão de genes indesejáveis. Essas drogas são, na realidade, sequências de nucleotídeos de RNA que têm complementaridade de bases com o RNAm. Esses nucleotídeos (*anti-sense*) ligam-se ao RNAm, no citoplasma, impedindo a expressão gênica. Baseando-se na afirmativa anterior, marque a sequência correta da droga *anti-sense*, para o seguimento gênico hipotético *ATAGCAGCAGTATG*”. Segundo o gabarito do livro, a resposta correta seria a letra “*d) UAUCGUCGUCAUAC*”. Essa resposta, conforme o que já foi detalhado anteriormente no presente trabalho, está errada. A sequência correta do RNA *anti-sense* correta seria CAUACUGCUGCUAU. Observe, inclusive, que esta teria sido uma questão de vestibular de uma importante universidade pública brasileira. Curiosamente, esse tipo de erro não ocorre nas duas edições atuais do Livro 5, mas ao invés de corrigir as

opções de reposta, a estratégia adotada nas versões mais atuais, para evitar este tipo de erro, foi omitir esse tipo de exercício nos livros.

O mais intrigante é que, embora os erros de polaridade das fitas de ácidos nucleicos tenham sido corrigidos nos textos e exercícios da edição de 2016 do Livro 5, em comparação com as anteriores, ele persiste em uma das figuras desta última edição, já que esta figura é a mesma mantida em todas as edições anteriores. Isto pode significar a dificuldade em se gerar novas figuras para atualizar conteúdos de edições sequenciais de um livro didático.

Por outro lado, outro ponto positivo observado nas últimas edições do Livro 5 foi o remanejamento do conteúdo de Biologia Molecular para o Volume 3, juntamente com o conteúdo de Genética, o que não ocorria nas duas edições anteriores analisadas.

4.5.– Análise dos dados obtidos em relação aos professores de Biologia da rede pública de Minas Gerais.

Após a aplicação dos questionários para os professores de Biologia, os dados foram tabulados, quantificados e analisados. Os questionários aplicados continham duas partes distintas. Na primeira parte os professores responderam questões acerca dos critérios de escolha dos Livros Didáticos e na segunda parte os professores responderam questões acerca da habilidade dos professores em detectar erros em trechos de livros didáticos.

4.5.1 – Análise dos critérios de escolha dos Livros didáticos pelos professores de Biologia da rede pública de Minas Gerais

Tendo em vista o levantamento dos erros e imprecisões nos conteúdos de Biologia Molecular dos três livros mais adotados pelas escolas básicas públicas do Estado de Minas Gerais, no ano de 2018, nos perguntamos que critérios os professores teriam utilizado quando da escolha dos livros didáticos em suas escolas. Este aspecto é especialmente relevante, tendo em vista que o Livro, 1 mais adotado no Estado é aquele, dentre os cinco livros avaliados, que mais apresentou equívocos pelo menos no conteúdo analisado. Assim, com o objetivo de se avaliar os critérios de seleção adotados, foi aplicado um questionário para 41 professores de Biologia do ensino médio acerca do Livro Didático adotado na escola onde lecionam.

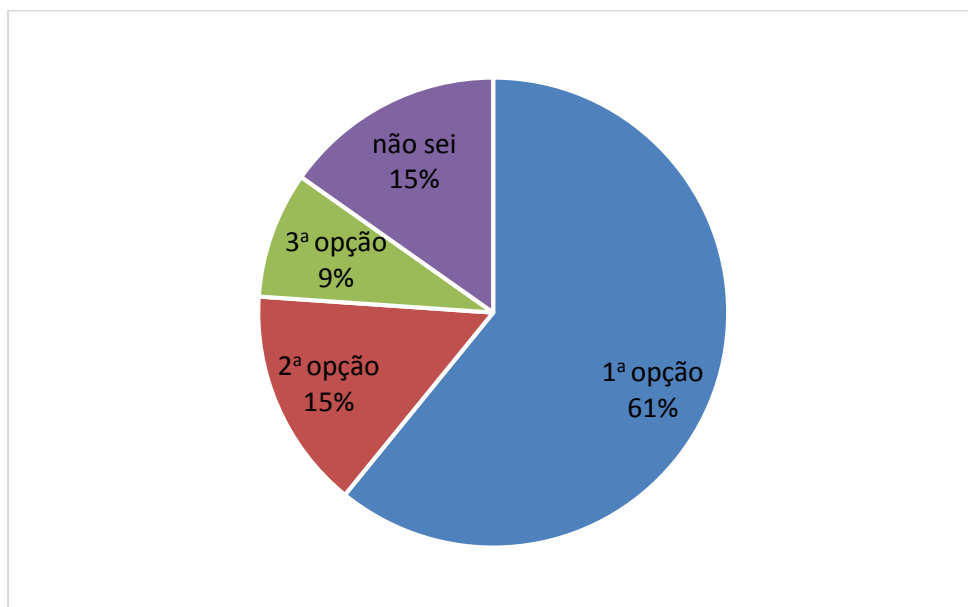
Estes professores participantes, em sua maioria, foram constituídos de mestrandos matriculados no Mestrado Profissional em rede de Biologia em PROFBIO, da UFMG.

O questionário (Anexo 1) aplicado aos professores continha seis questões gerais relacionadas ao Livro Didático. Essas questões buscavam compreender os critérios utilizados pelos professores na escolha do livro didático adotado, a percepção desses professores quanto à qualidade do livro, e os critérios utilizados por eles para optarem pela continuidade do uso do livro ou sua troca de um ano de escolha para o outro, visto que, na rede pública de ensino, esta troca pode ocorrer a cada três anos.

Após a aplicação do questionário, as informações obtidas foram quantificadas e tabuladas na forma de gráficos, como descrito na seção Material e Métodos (Gráficos 4 a 7).

Quando ocorre a escolha do livro didático os professores escolhem três coleções diferentes, de editoras diferente, sendo, na ordem de preferência do professor, classificadas como opção um, opção dois e opção três. O Gráfico 4 mostra que a maioria dos professores (61%) participantes da pesquisa, recebeu o livro que escolheram como primeira opção. A fração que não soube responder (15%) contempla professores que não estavam na escola no ano anterior, quando ocorreu a escolha, e uma pequena fração de professores que trabalham em escolas que não utilizam livros didáticos (3%).

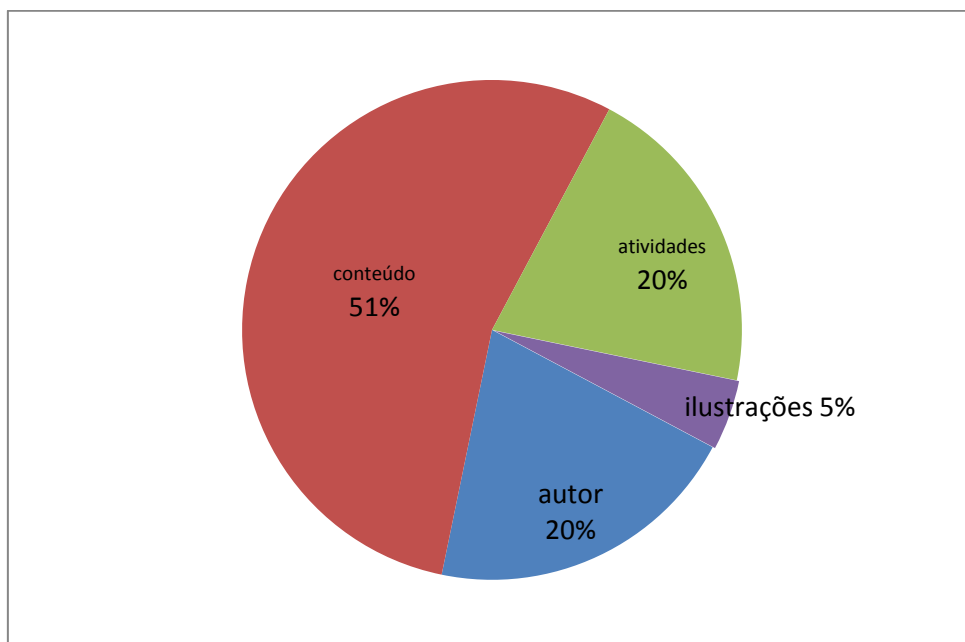
Gráfico 4 – Opção do Livro Didático de Biologia adotada na escola em que leciona



O Gráfico 5 mostra que a adequação do conteúdo é prioridade para a maioria dos professores (51%) na escolha do livro didático. A partir da análise deste resultado,

comparado ao resultado obtido no Gráfico 5, percebe-se que maioria dos professores trabalha com o material teórico de sua escolha e que considera o livro ora utilizado como adequado, ou pelo menos parcialmente adequado.

Gráfico 5 - Principais critérios observados para a escolha do Livro Didático de Biologia



Em relação à continuidade ou não no uso dos livros didáticos nos últimos anos, a análise dos Gráficos 6 e 7 mostram, respectivamente, que a maioria dos professores (49%) optou por trocar o livro didático utilizado pelos alunos nos últimos anos e que os motivos que levaram a opção pela troca de livro são variados. Vale ressaltar que cerca de 10% dos professores que optaram por “outro” no critério para troca, consideram que o conteúdo do livro adotado anteriormente era muito extenso e/ou complexo para os alunos do ensino médio, o que reforça que o critério “conteúdo” como o mais observado para opção pela troca do Livro Didático.

Ainda, como parte dos professores que optaram por “não sei” sem relação ao critério adotado para a escolha dos livros, correspondem aos professores que não estavam na escola no ano anterior, ou que não utilizam livros didáticos. Estes mesmos professores assinalaram “outro” como critério para a troca do Livro Didático.

Tomados em conjunto os resultados dessa parte inicial dos questionários, eles demonstram que os professores escolhem e trocam os livros adotados de Biologia, baseados na percepção pessoal do que seria o conteúdo mais correto e apropriado para os estudantes.

Gráfico 6 – Continuidade na adoção do Livro Didático de Biologia

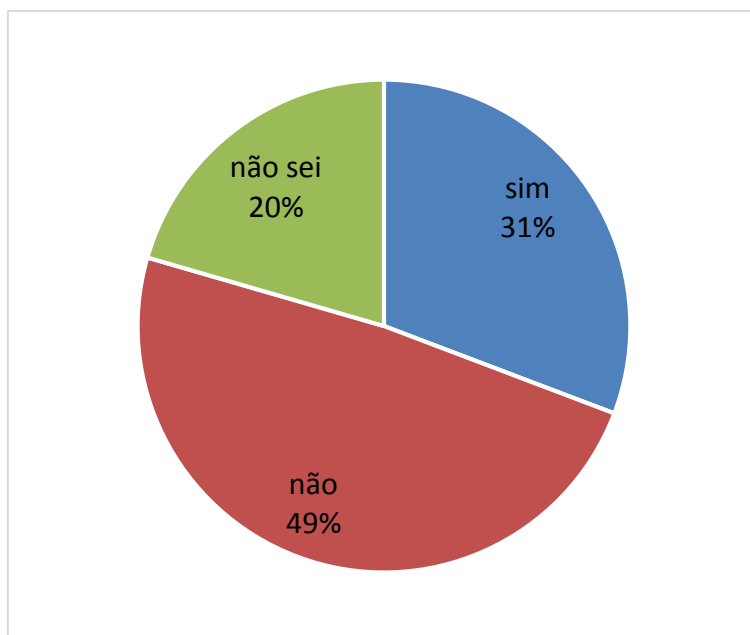
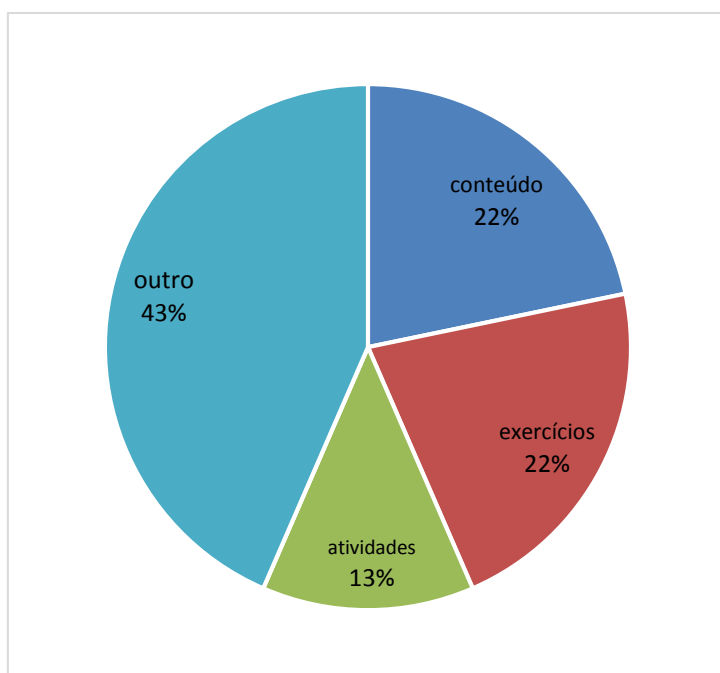


Gráfico 7– Critérios considerados para a troca do Livro Didático



4.5.2 – Habilidade de professores de Biologia em detectarem os erros de Biologia Molecular nos Livros Didáticos de Biologia

Tendo em vista a identificação de erros e imprecisões no conteúdo de Biologia Molecular em todos os três livros analisados neste trabalho e as respostas de professores de Biologia da rede pública de ensino de Minas Gerais, sobre a qualidade desses livros, nos indagamos qual seria a habilidade destes agentes da educação em detectar os erros identificados no conteúdo de Biologia Molecular contidos nos livros analisados. As análises foram feitas por meio de questionários aplicados ao grupo dos professores de Biologia do ensino médio.

O questionário foi aplicado a 41 professores de Biologia, participantes do mestrado profissional de educação e foi composto de 13 trechos, extraídos de parte dos livros analisados no presente trabalho, acerca do conteúdo do Biologia Molecular. Sete destes trechos foram selecionados como corretos quando de nossa avaliação do conteúdo do livro. Esses trechos foram identificados no questionário como questões de número 1, 2, 4, 6, 8, 11 e 12. Seis trechos foram selecionados como incorretos e identificados no questionário como questões 3, 5, 7, 9, 10 e 13. Aos participantes foi solicitado que os mesmos assinalassem os trechos que consideravam que continham erros ou inadequações acerca do conteúdo de Biologia Molecular. Nessa análise, foram

consideradas falhas na habilidade de identificação de erros toda vez que um professor deixava de assinalar um trecho onde havia sido previamente identificado um erro ou imprecisão, bem como quando o professor assinalava um trecho onde não havia erro previamente identificado. Os resultados dessa análise encontram-se resumidos nos Gráficos 8 e 9, onde a percentagem de acertos nas questões contendo trechos considerados corretos são mostradas em azul e nas questões com trechos considerado errados em vermelho.

O Gráfico 8, mostra a porcentagem de acertos por questão dos professores participantes. Observa-se que as questões contendo trechos corretos, como identificados por nós, quando da avaliação do conteúdo dos livros foram aquelas com maior número de acertos entre os professores participantes (entre 50 a 79% de acertos). Em contrapartida, para a maioria das questões contendo trechos considerados por nós como errados, a percentagem de acertos dos professores foi bem menor (entre 26-36% de acertos). Exceção foi observada com a questão de número 10, contendo um trecho errado sobre a diferença de estrutura de DNA e RNA, cujo erro foi devidamente identificado por 69% dos professores participantes. Por outro lado, é importante ressaltar que as questões que continham os erros mais graves de conceito, relativos à polaridade das fitas de DNA e RNA (questões 3, 7 e 9), foram aquelas que os professores participantes tiveram mais dificuldades em identificar, demonstrando como pode ser desafiador o ensino deste conteúdo no ensino médio.

Ainda no levantamento de dados obtidos na aplicação dessa parte do questionário, foi analisada a distribuição do número de participantes em função do número de acertos obtidos pelos professores de biologia (Gráfico 9). A análise do resultado mostra os professores apresentaram alguma dificuldade em detectar os erros nos Livros Didáticos, visto que nenhum professor acertou todas as questões e menos de 25% dos participantes acertaram acima de 60% das questões propostas.

Gráfico 8 – Porcentagem de acertos dos professores de Biologia do ensino médio por questão

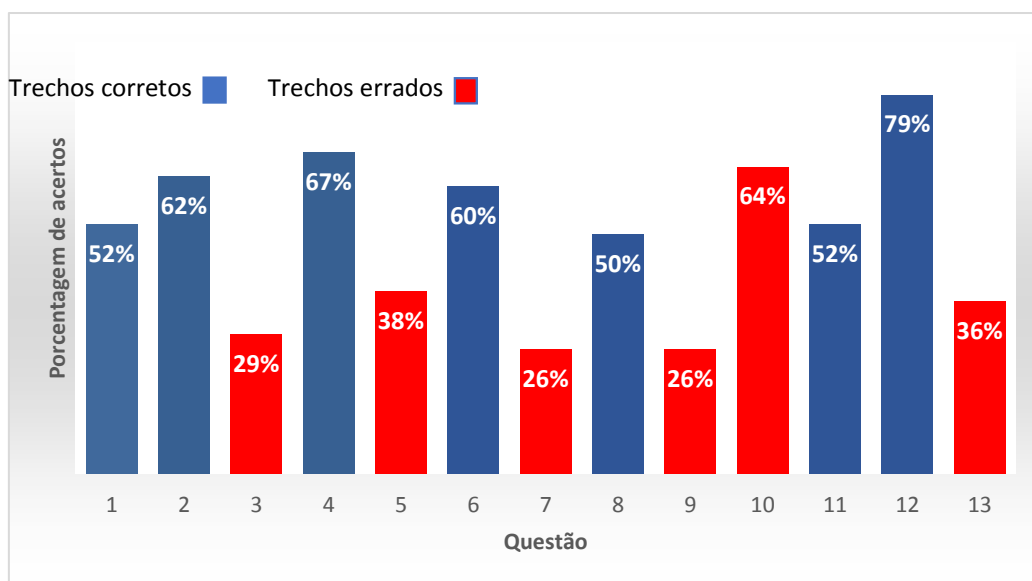
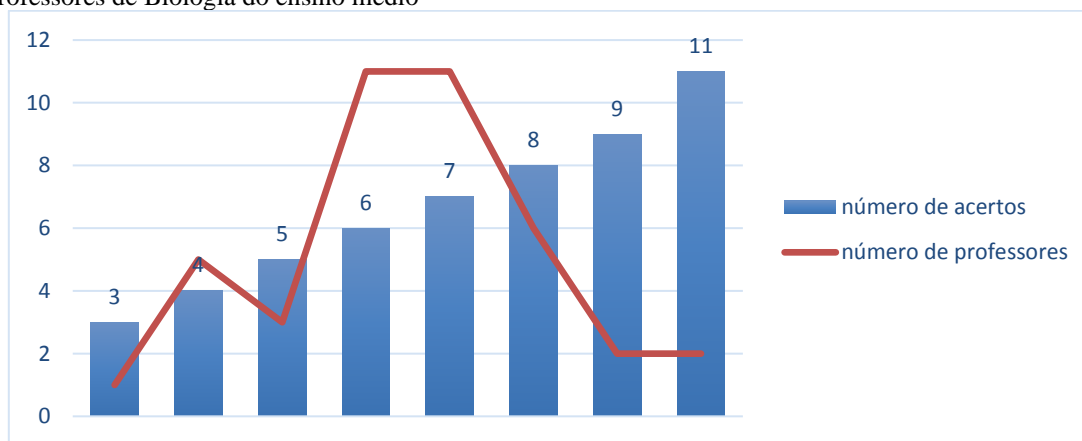


Gráfico 9 – Distribuição do número de participantes por número de acertos obtidos pelos professores de Biologia do ensino médio



4.6– Análise dos dados obtidos na aplicação do questionário para os estudantes da graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais.

Assim como foi feito para os professores de Biologia, o questionário aplicado para os estudantes de Ciências Biológicas também continha duas partes. Na primeira parte do questionário, os estudantes da graduação responderam a questões relativas à sua etapa de formação no ensino médio, características do curso de graduação e utilização de Livros Didáticos do Ensino Médio. Na segunda parte do questionário, os estudantes da graduação responderam a questões com a finalidade de se avaliar a habilidade dos mesmos em detectar erros em trechos de livros didáticos.

4.6.1 – Perfil dos estudantes de graduação participantes da pesquisa

Para avaliar o perfil dos estudantes de graduação participantes desta pesquisa, foi aplicado o questionário (Anexo 1) para 40 alunos da graduação em Ciências Biológicas da UFMG, cursando a disciplina Biologia Molecular do terceiro período regular do Curso. Nesse questionário foi feito o levantamento de dados sobre o perfil destes estudantes: turno e modalidade do curso de graduação, rede de ensino na qual realizaram o ensino médio e nível de acesso e uso de livros didáticos de biologia destes estudantes.

Os dados obtidos no questionário foram analisados, tabulados e representados nos Gráficos 10-16

Como pode ser depreendido a partir dos resultados representados no Gráfico 10, a maioria dos estudantes participantes da pesquisa (72%) estuda no turno diurno, mas uma fração considerável (28%) está vinculada ao curso noturno. Isto é curioso, visto que o questionário foi aplicado em uma turma de disciplina de Biologia Molecular ofertada para curso diurno.

Quanto à modalidade do curso, os dados apresentados no Gráfico 11 mostram que a maior parte dos estudantes participantes da pesquisa (57%) cursa a modalidade de bacharelado do curso de graduação em ciências biológicas, mas que uma parte expressiva dos estudantes participantes cursam a modalidade licenciatura (40%). Somente uma pequena fração (3%) cursa as duas modalidades do curso.

Gráfico 10 – Turno de vinculação do Curso de Ciências Biológicas

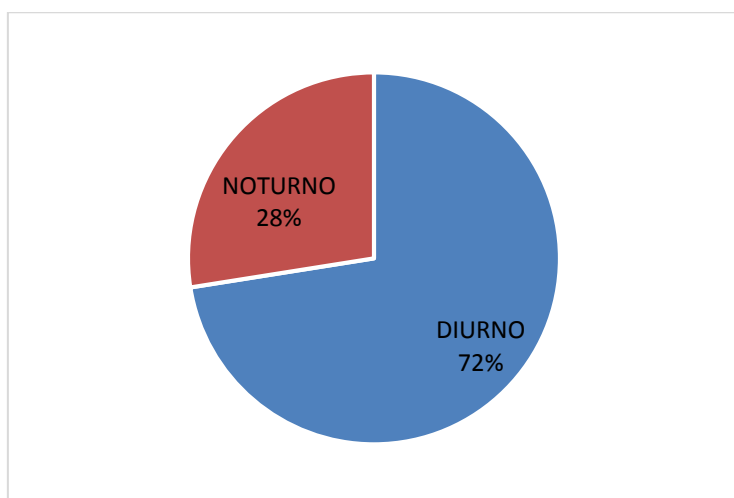
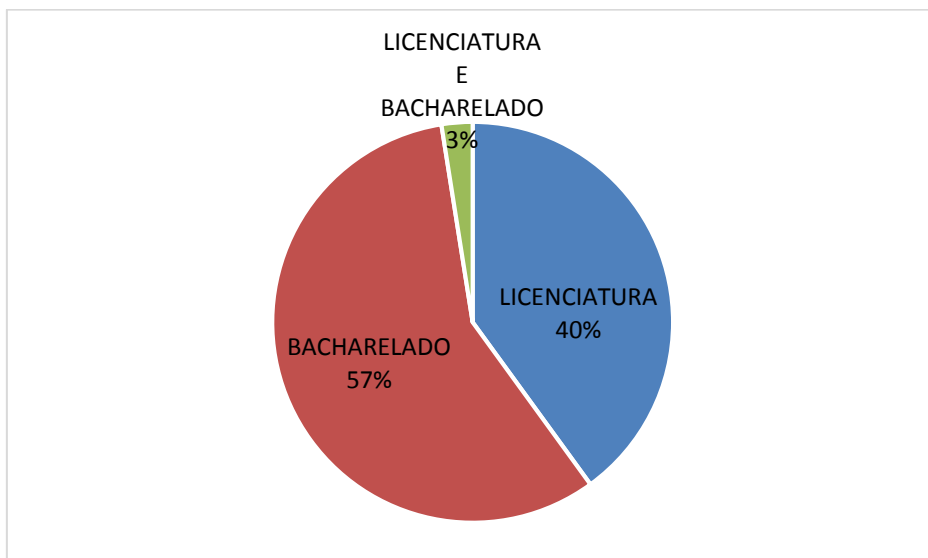
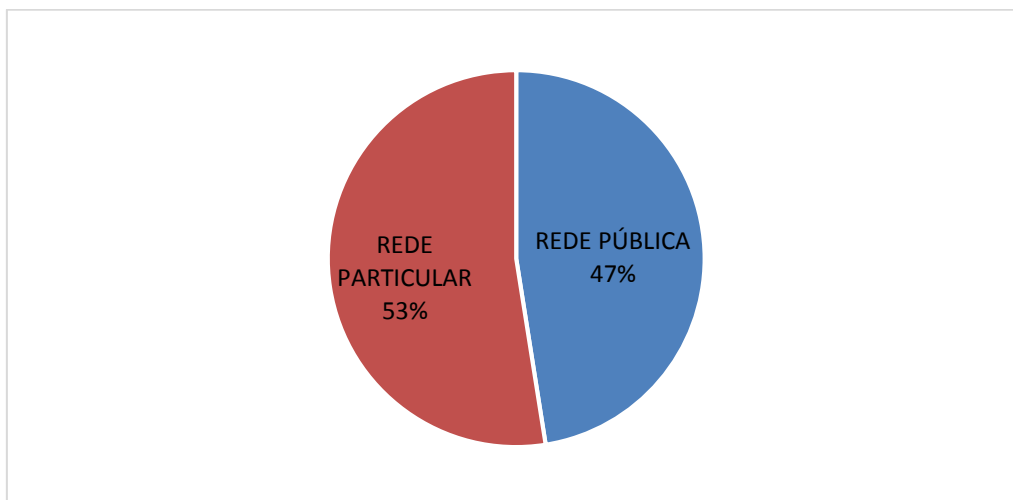


Gráfico 11– Modalidade do Curso em andamento

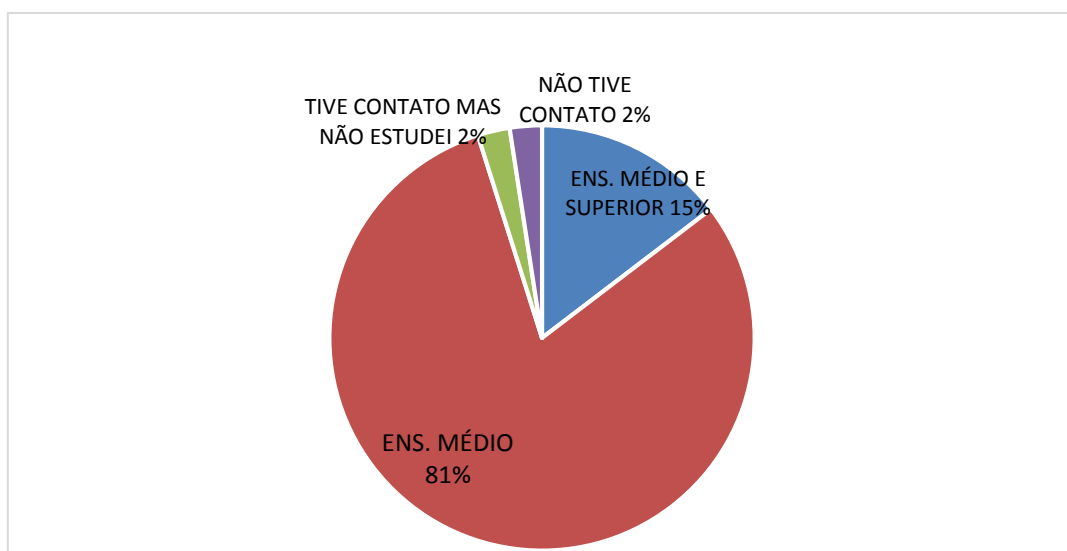
Quanto à rede de origem dos estudantes participantes da pesquisa, o Gráfico 12 revela que aproximadamente metade dos estudantes participantes realizaram o ensino médio na rede particular de ensino (53%) e a outra metade na a rede pública de ensino (47%).

Gráfico 12– Rede de ensino na qual os estudantes participantes realizaram o ensino médio.

Quando avaliada a utilização, pelos estudantes de graduação em Ciências Biológicas participantes da pesquisa, dos livros didáticos de Biologia voltados para o ensino médio como fonte de estudo, a maior parte dos estudantes declarou ter estudado naqueles livros didáticos apenas quando cursavam o ensino médio (81%). Todavia, enquanto cerca de 20% dos estudantes mencionaram que já utilizaram os livros

didáticos do ensino médio inclusive para estudos no ensino superior, cerca de 4% deles relataram que nunca teriam estudado em livros didáticos de Biologia para ensino médio (Gráfico 13).

Gráfico 13– Utilização dos livros didáticos de Biologia voltados para o ensino médio pelos estudantes da graduação em Ciências Biológicas da UFMG.



Neste trabalho, nós investigamos também a opinião dos estudantes de Ciências Biológicas sobre o conteúdo de biologia molecular encontrado nos livros didáticos voltados para o ensino médio de Biologia (Gráfico 14). Para isso, os estudantes foram estimulados a responder sobre o conteúdo, as atividades e as ilustrações encontradas nos livros didáticos dos quais os estudantes entrevistados tiveram contato. Para a maioria dos estudantes (54%), o conteúdo de Biologia Molecular era adequado aos objetivos do ensino médio. Todavia, vale ressaltar que cerca de 20% dos estudantes não foram capazes de avaliar a pertinência do conteúdo dos livros didáticos, assinalando o item “outros”, sendo que a maioria deles descreveu que não se lembrava de como era abordado o conteúdo de Biologia Molecular no livro didático de Biologia o ensino médio.

Quando investigada mais detalhadamente a opinião dos estudantes sobre a existência de erros no conteúdo de Biologia Molecular encontrado nos livros didáticos do ensino médio, a maioria dos estudantes participantes (70%) não soube responder (Gráfico 15). Pode-se relacionar esse resultado com o fato de que vários estudantes declararam, na questão anterior, que não se lembravam de como era o conteúdo de Biologia Molecular nos livros didáticos de Biologia utilizados no ensino médio.

Gráfico 14– Opinião dos estudantes entrevistados acerca da qualidade do livro didático de biologia do ensino médio

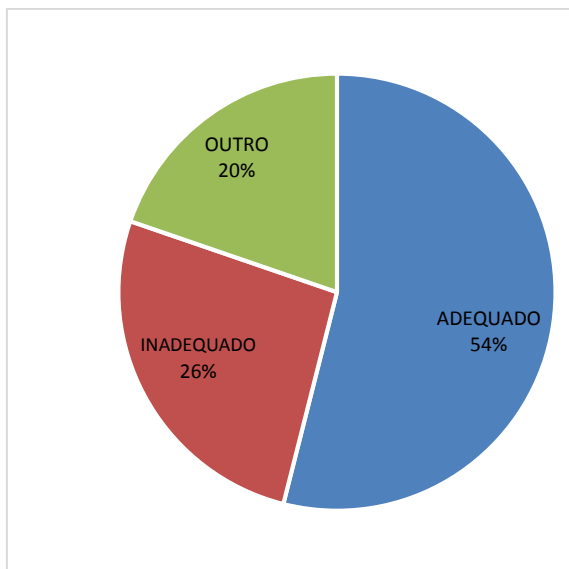
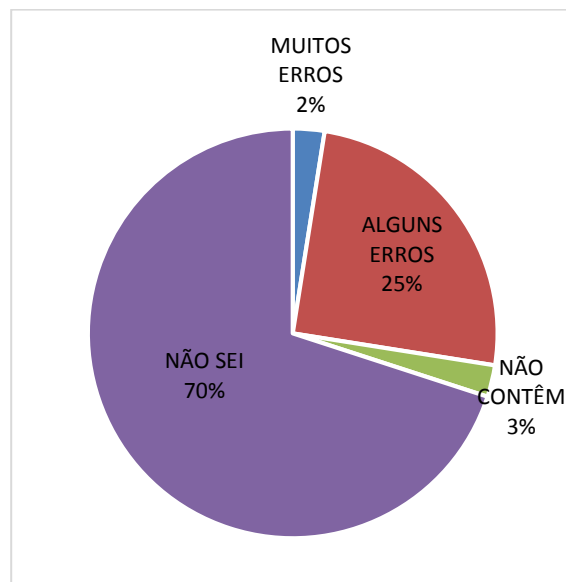
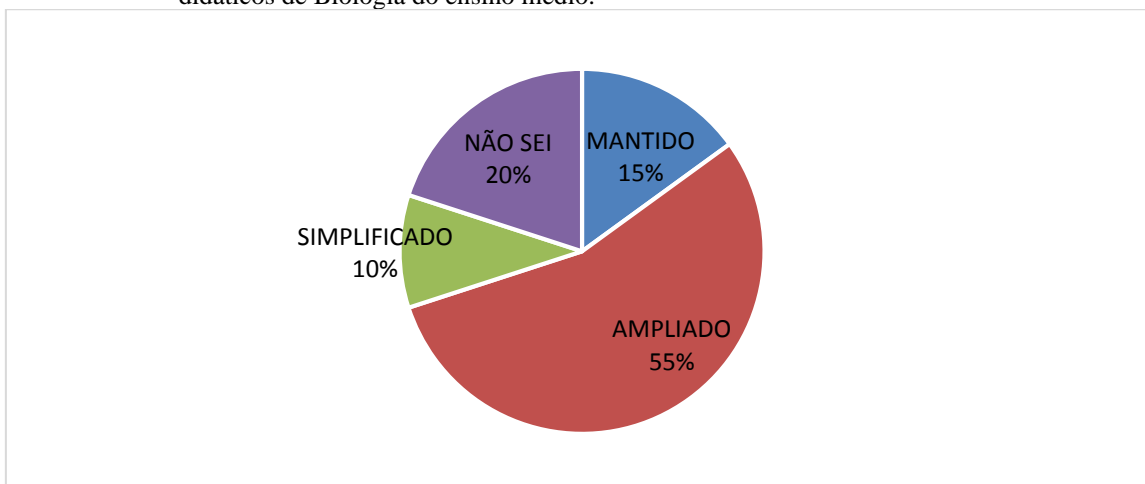


Gráfico 15– Opinião dos estudantes acerca do conteúdo de biologia molecular abordados nos livros didáticos de biologia do ensino médio.



Curiosamente, quando questionados se o conteúdo de Biologia Molecular contido nos livros do ensino médio deveria ser alterado, a maioria dos entrevistados (55%) selecionou a opção de que este conteúdo deveria ser ampliado no ensino médio frente a uma pequena parte (10%) que acreditava que o conteúdo de Biologia Molecular deveria ser simplificado no ensino médio (Gráfico 16).

Gráfico 16– Opinião dos estudantes acerca do conteúdo de Biologia Molecular abordado nos livros didáticos de Biologia do ensino médio.



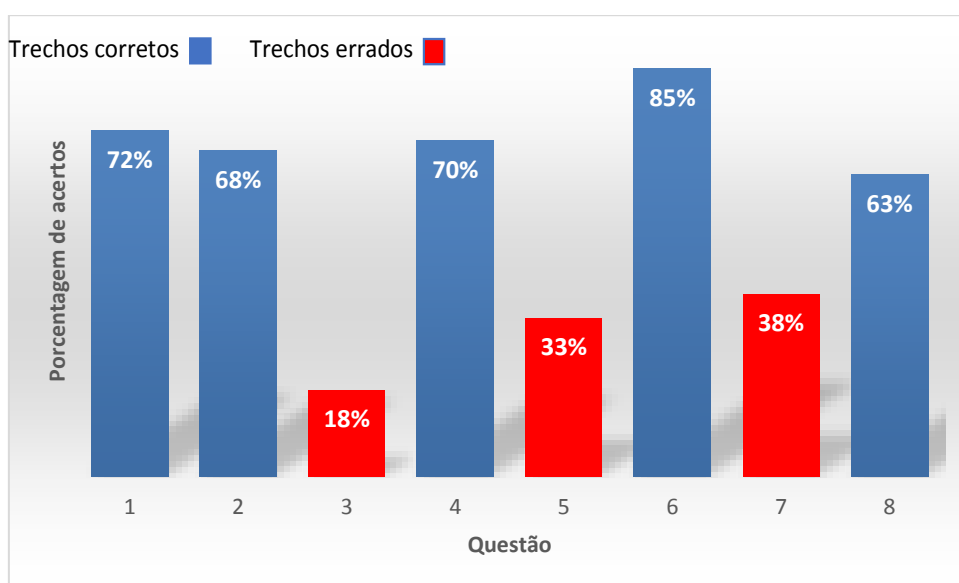
4.6.2 - Avaliação da performance dos estudantes de Ciências Biológicas.

Uma versão adaptada do questionário aplicada a professores de biologia do ensino médio foi aplicada para 40 estudantes de graduação em Ciências Biológicas da UFMG. Os resultados dessa análise estão apresentados nos Gráficos 17 e 18.

No caso dos estudantes de graduação, o questionário utilizado (Anexo 1) foi composto de oito dos 13 trechos, extraídos de livros analisados no presente trabalho, acerca do conteúdo do Biologia Molecular e utilizados nos questionários dos professores. Cinco desses trechos foram considerados corretos (questões 1, 2, 4, 6 e 8) e três considerados incorretos (questões 3, 5 e 7), quando da análise dos livros. Os estudantes assinalaram os trechos que consideravam que continham erros ou inadequações acerca do conteúdo de Biologia Molecular.

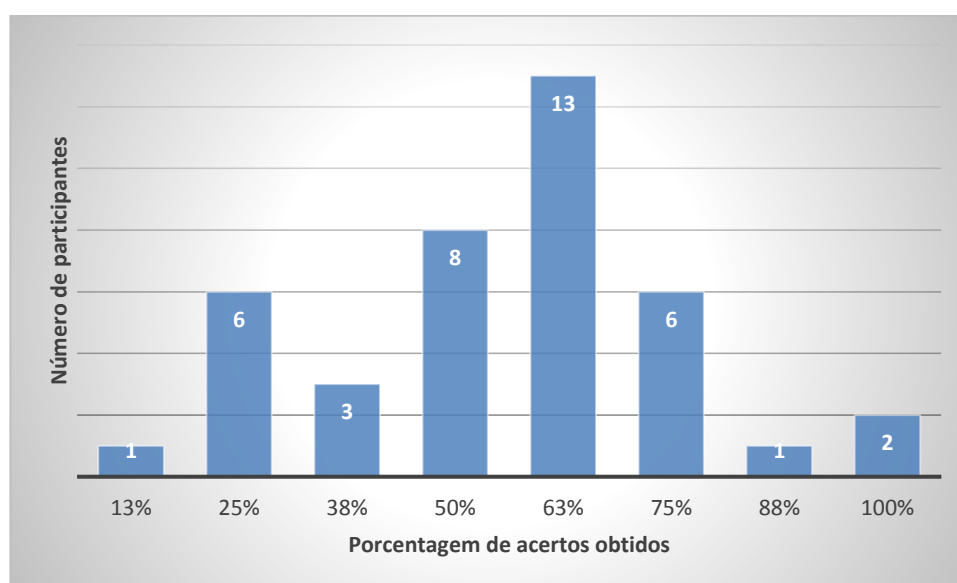
Como ocorreu com os professores de Biologia do ensino médio, os estudantes de Ciências Biológicas também tiveram um índice de acerto maior para as questões consideradas corretas (entre 63 e 85%) do que entre as questões consideradas erradas (entre 18 a 38%). E, novamente, dentre as questões contendo erros graves de conceito que deveriam ter sido assinaladas a questão 3, relativa à polaridade das fitas de DNA, foi a questão com menor índice de acerto

Gráfico 17 – Porcentagem de acertos dos estudantes de Ciências Biológicas por questão



Quando analisada a distribuição do número de participantes em função do número de acertos obtidos pelos estudantes da graduação em Ciências Biológicas, foi observado que, de uma maneira global os alunos da graduação apresentaram, pelo menos à primeira vista, menor grau de dificuldade do que os professores de biologia participantes para detectar a erros e acertos nos Livros Didáticos. Dentre os estudantes de Ciências Biológicas participantes, dois deles acertaram 100% das questões analisadas e 55% deles acertaram mais de 60% das questões analisadas.

Gráfico 18 – Número de acertos obtidos pelos estudantes da graduação em Ciências Biológicas.

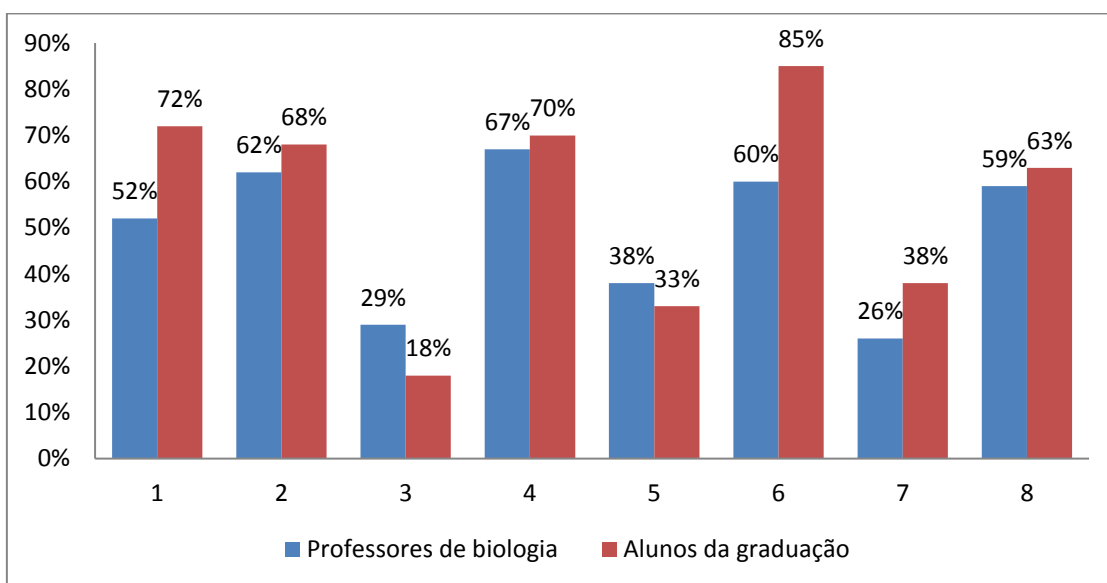


4.7. – Comparação entre o número de acertos obtidos por professores do ensino médio e estudantes da graduação em Ciências Biológicas

Como os números de questões contidas nos questionários aplicados aos professores e aos estudantes de graduação foram diferentes, para melhor comparar o

desempenho entre esses dois grupos de participantes, nós comparamos apenas os resultados obtidos para as oito primeiras questões (Gráfico 19). Podemos observar que o grupo de professores, em geral, apresentou uma menor habilidade em detectar os erros nos trechos de livros didáticos, quando comparado com os mesmos trechos analisados pelos estudantes da graduação em Ciências Biológicas. Com exceção dos trechos 3 e 5, os estudantes da graduação obtiveram um maior êxito na marcação, ou não, da maioria dos trechos analisados (1, 2, 4, 6, 7 e 8).

Gráfico 19 – Comparação entre o número de acerto dos professores de Biologia e os alunos da graduação em Ciências Biológicas.



4.8 – Análise dos dados resultantes da aplicação dos questionários aos estudantes do terceiro ano do Ensino Médio da rede pública de Minas Gerais.

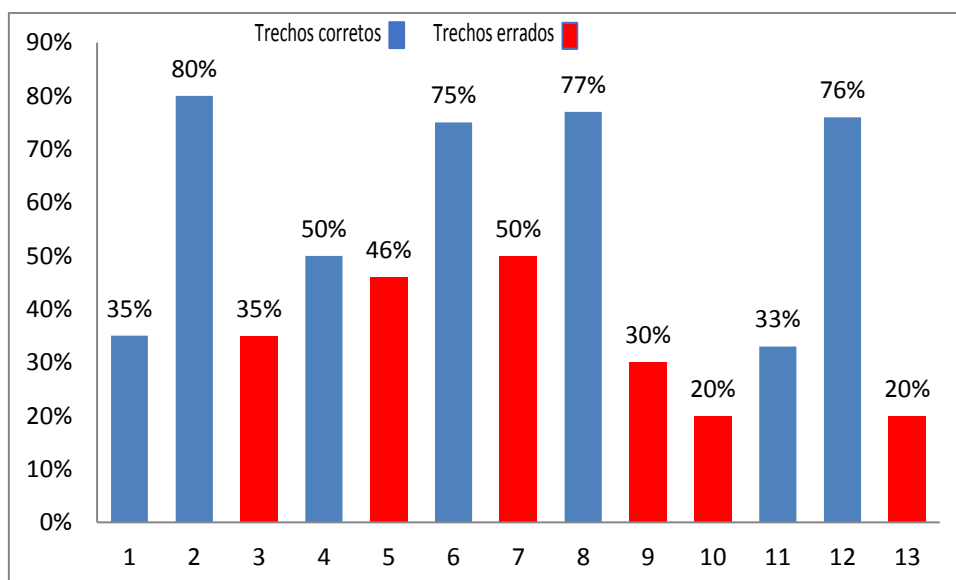
Tendo analisada a habilidade dos professores e dos estudantes de graduação em detectar erros nos livros texto utilizados no ensino médio, nós nos perguntamos como seria a habilidade dos estudantes do ensino médio em fazê-lo. Neste caso, o questionário foi aplicado em dois momentos, antes das aulas teóricas e lúdicas e após estas aulas. É importante ressaltar que os questionários foram aplicados para 65 estudantes do 3º ano do Ensino Médio de duas turmas distintas de uma mesma escola da Rede Estadual de Minas Gerais. Grande parte desses estudantes já haviam estudado o conteúdo e Biologia

Molecular em outra ocasião, com a mesma professora, durante o 1º ano do Ensino Médio, mas com a utilização de metodologias tradicionais, como aulas expositivas, atividades de fixação e leitura de textos dos livros didáticos.

4.8.1 – Desempenho dos alunos antes da realização das atividades complementares

De forma semelhante ao ocorrido com professores e estudantes da graduação, os estudantes do ensino médio também analisaram e assinalaram, ou não, como errados ou inadequados trechos extraídos de Livros Didáticos (Gráfico 20). O gráfico mostra a porcentagem de acertos por trecho analisado. Em azul, estão as questões contendo trechos considerados por nós como corretos e em vermelho aquelas questões contendo trechos considerados por nós como errados. O número de questões aplicadas para esses estudantes foi o mesmo aplicado para os professores do ensino médio.

Gráfico 20 – Porcentagem de acertos dos estudantes do ensino médio por questão, antes da realização das atividades lúdicas.



4.8.2 – Desempenho dos alunos após da realização das atividades

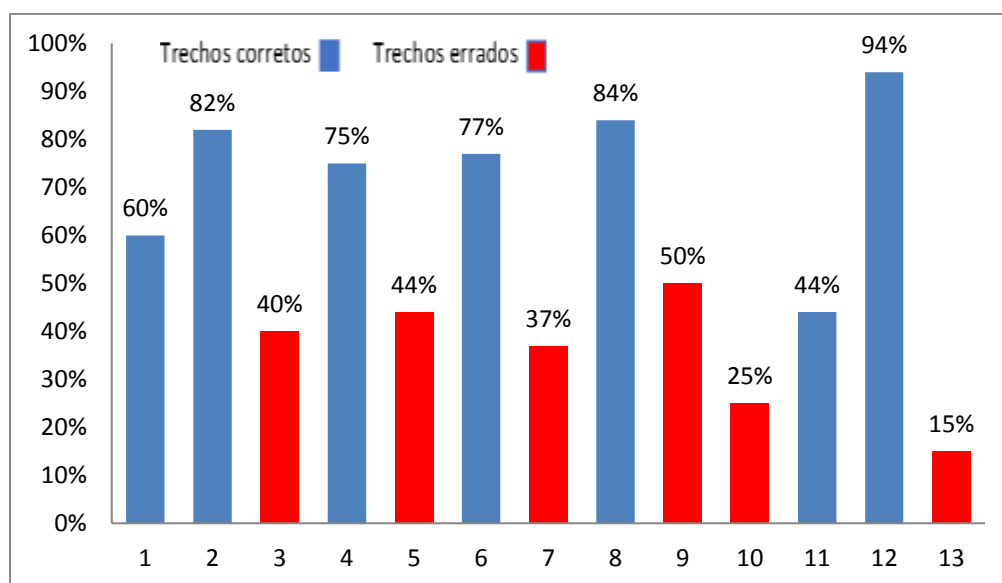
Após o preenchimento do questionário, os estudantes do ensino médio tiveram aulas sobre o conteúdo de Biologia Molecular. Foram ao todo oito aulas, ministradas

pela professora de biologia, onde foram utilizadas metodologias tradicionais, como aulas expositivas com utilização de slides no data show, interpretação de textos no livro didático e resolução de atividades de fixação.

Paralelamente, os estudantes também participaram de aulas com metodologias diversificadas. Foram utilizadas, por exemplo, pequenas animações obtidas do canal YouTube sobre os processos de duplicação, transcrição e tradução e atividades lúdicas e práticas (ANEXO3). Dentre essas atividades, foram realizadas uma prática de extração de DNA de vegetais, confecção da molécula de DNA utilizando materiais alternativos e também uma montagem de uma animação da tradução do RNAm (síntese proteica).

Depois da sequência didática sobre o tema, os estudantes responderam novamente ao questionário, com os mesmos trechos extraídos de Livros Didáticos que analisaram antes do início dessas aulas. Os resultados podem ser observados no gráfico 21.

Gráfico 21 – Porcentagem de acertos dos estudantes do ensino médio por questão, após a realização da sequência didática empregada.

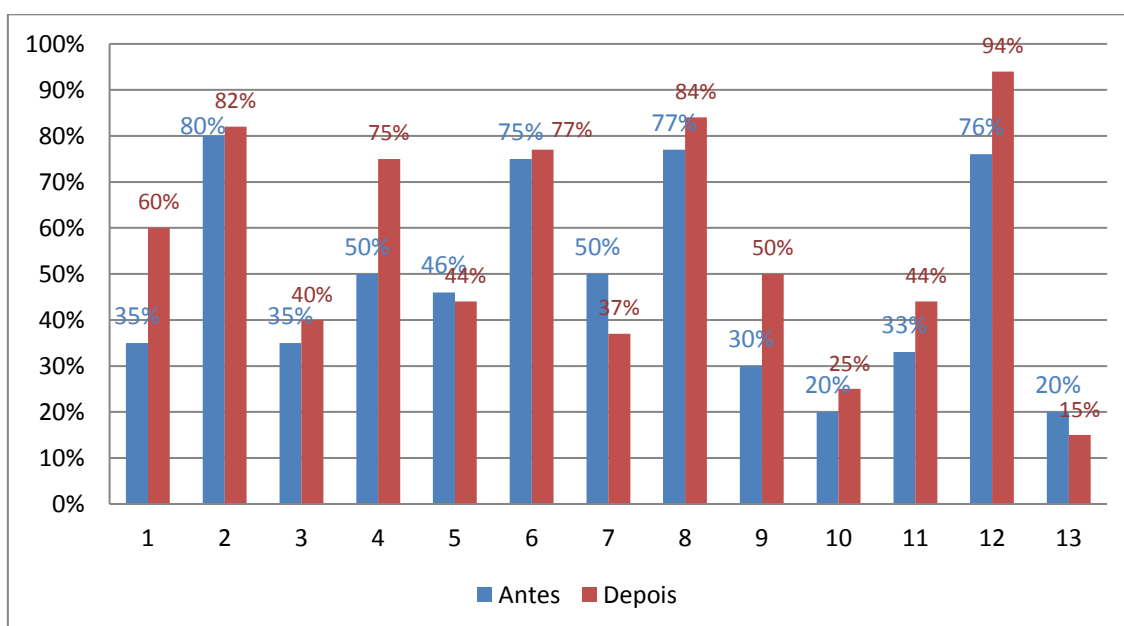


4.8.3– Comparação dos resultados obtidos pelos alunos do Ensino Médio.

O gráfico 22 compara os resultados obtidos pelos alunos do Ensino Médio participantes da pesquisa antes e depois da participação da sequência didática sobre o

conteúdo de Biologia Molecular. Pode-se observar, nesse Gráfico, que ocorreu uma melhora significativa na percepção de erros nos trechos selecionados por parte destes estudantes, com pequenas exceções (trechos 5, 7 e 13), após a realização das atividades lúdicas e aulas diferenciadas. Nesse Gráfico estão as porcentagens de acerto dos estudantes do ensino médio antes (azul) e depois (vermelho) da sequência didática utilizada.

Gráfico 22 – Comparação entre o número de acertos antes e depois da sequência didática contendo aulas diversificadas.



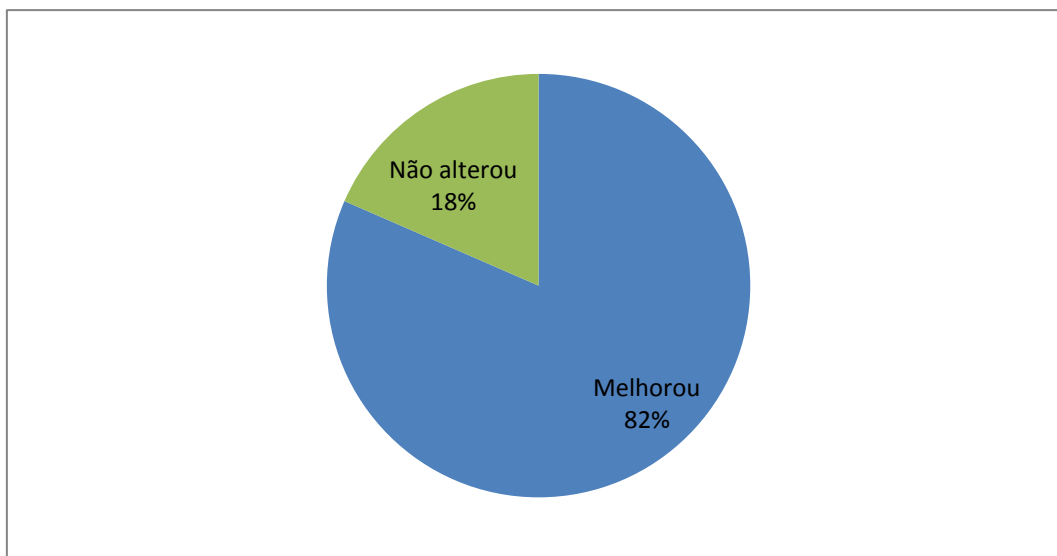
Quando comparados os resultados dos questionários aplicados antes e depois da realização das atividades interativas, foi observado, de maneira geral, uma melhora no desempenho dos estudantes, embora tenha sido detectado uma piora em duas das 13 questões que abordavam assuntos não explorados nas atividades realizadas. À primeira vista, foi observado uma melhora no desempenho de cerca de 10 a 70% em oito das 13 questões e uma piora no desempenho de cerca de 25% em duas questões. Para três questões não foram observadas diferenças significativas.

4.8.4– Percepção dos estudantes em relação ao seu aprendizado em relação às metodologias utilizadas

No mesmo questionário aplicado após as aulas sobre o conteúdo de Biologia Molecular, foram inseridas duas questões acerca da percepção dos alunos sobre o seu aprendizado com a utilização de metodologias diferenciadas.

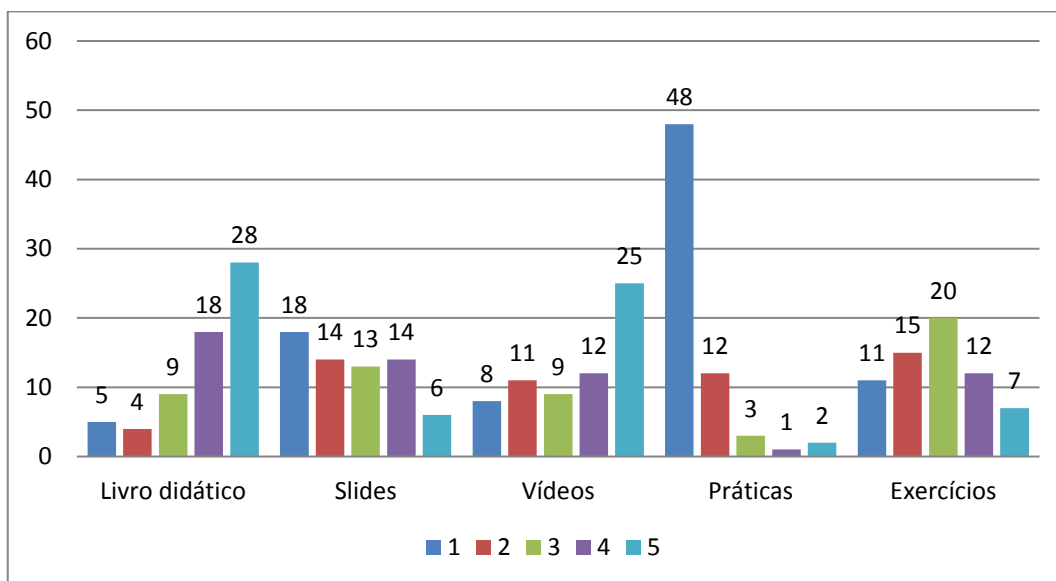
O gráfico 23 mostra que a maioria dos estudantes (82%) acredita que ocorreu uma melhora no seu conhecimento acerca do conteúdo de Biologia Molecular após as aulas com metodologias diferenciadas. Uma parcela dos estudantes (18%), todavia, opinou que seu conhecimento não sofreu alteração após essas aulas.

Gráfico 23 – Opinião dos estudantes acerca do seu conhecimento em relação ao conteúdo de Biologia Molecular após as aulas com metodologias diferenciadas.



No mesmo questionário foi solicitado aos estudantes que avaliassem os recursos utilizados nas aulas do conteúdo de Biologia Molecular, numerando de um a cinco, sendo um para o recurso que mais contribuiu para o aprendizado sobre o conteúdo e cinco o recurso que menos contribuiu. Analisando o Gráfico 24, pode se observar que para a maioria dos estudantes, as aulas práticas foram o recurso que mais contribuiu para este aprendizado e que o recurso que menos contribuiu foi o livro didático. Vale ressaltar que as atividades lúdicas estão incluídas no recurso “práticas”.

Gráfico 24 – Opinião dos estudantes em relação aos recursos utilizados nas aulas sobre o conteúdo de Biologia Molecular.



A percepção da receptividade dos estudantes pelo conteúdo de Biologia Molecular também pode ser confirmada por meio da leitura iconográfica das imagens registradas durante o desenvolvimento das atividades práticas, que revelam o interesse e o entusiasmo da maior parte dos estudantes durante a realização estas atividades (Figura 2).

Figura 2 – Exemplos típicos de imagens registradas durante as atividades práticas relativas ao conteúdo de Biologia Molecular realizadas com estudantes do 3º ano do ensino médio.



5 - Discussão

Um dos grandes desafios para professores de Biologia no século XXI tem sido a abordagem do conteúdo de Biologia Molecular no ensino médio. Esse é um conteúdo que tem evoluído bastante nas últimas décadas, em especial após o advento dos Projetos Oma – Genoma, Transcriptoma, Proteoma, Metaboloma, Interatoma –, dentre outros (GÓES & OLIVEIRA, 2014).

A necessária simplificação dos conceitos científicos para a abordagem em livros didáticos para o ensino médio tem, todavia, levado a equívocos grosseiros e inadequados, dificultando a compreensão e a aquisição dos conceitos corretos pelos estudantes.

Para sanar esse problema, nos propusemos, no presente projeto, realizar uma análise crítica do conteúdo sobre Biologia Molecular nos cinco livros didáticos mais adotados pelos professores de Biologia no ensino médio, na rede pública do Estado de Minas Gerais. Para alcançar o objetivo proposto, o conteúdo desses livros foi comparado com aqueles contidos em bibliografias adotadas em disciplinas de Bioquímica e Biologia Molecular para o curso de Ciências Biológicas, na Universidade Federal de Minas Gerais. A importância desse tipo de abordagem pode ser percebida nas palavras de GRAMOWSKI et al. (2017), que destacaram:

“Esse olhar crítico se faz necessário, pois a evolução histórica dos objetivos do ensino de Ciências se situa basicamente na preocupação constante com a atualização dos conteúdos em relação ao progresso da própria Ciência.”

Ao todo foram analisados cinco livros de Biologia adotados pelas escolas públicas mineiras no ano de 2018, totalizando sete capítulos, 96 páginas, 85 exercícios e 84 figuras. Um fato que chama a atenção é que esses livros didáticos ainda contêm muitos erros, apesar de passarem por análises bem detalhadas antes de serem aprovados pelo PNLD. Considerando apenas esses cinco livros, e apenas o conteúdo de Biologia Molecular, foram detectados ao todo 56 erros, sendo 15 deles da Categoria 1 (ou seja erros graves de conceito), 28 da Categoria 2 (imprecisões de conceito) cinco da Categoria 3 (erros de figuras) e oito da Categoria 4 (erros nos exercícios propostos no final do capítulo).

Quando comparados entre eles, o Livro 1, adotado por 24% das escolas básicas estaduais mineiras, foi o que apresentou maior quantidade de erros e erros mais graves em todas as categorias analisadas. Nesse livro, foram encontrados 19 erros ao todo, sendo cinco erros graves de conceitos, oito imprecisões de conceito, dois erros nas figuras e quatro erros nos exercícios.

O Livro 2, adotado por 20% das escolas básica estaduais mineiras, apresentou um total de 12 erros detectados, sendo quatro erros graves de conceitos, cinco de imprecisões de conceito, um erro nas figuras e dois erros nos exercícios.

O Livro 3, adotado por 14 % das escolas básicas estaduais mineiras, apresentou um total de 11 erros detectados, sendo um deles erro grave de conceito, sete imprecisões de conceito, um erro nas figuras e dois erros nos exercícios.

Já os Livros 4 e 5, adotados, respectivamente, por 13% e 12% das escolas básicas estaduais mineiras, foram os que apresentaram menor quantidades de erros. O Livro 4 apresentou cinco erros no total, sendo dois erros graves de conceito e três imprecisões de conceito. Não foram encontrados erros nas figuras e exercícios do livro 4. Já no livro 5 foram detectados ao todo nove erros, sendo um erro grave de conceito, cinco imprecisões de conceito e um erro nas figuras. Não foram encontrados erros nos exercícios deste livro.

A mudança da preferência em relação a alguns dos livros do ano de 2015 para 2018 provocou certo desconforto, visto que o livro 2 que foi o segundo mais adotado em 2018 (20%) estava entre os menos adotados (15%), entre os cinco analisados, no anos de 2015, e se trata de um livro com o conteúdo de biologia molecular extremamente simplificado e com uma linguagem muito infantil, para um livro utilizado no 3º ano do ensino médio, onde os estudantes tem entre 17 e 18 anos de idade. Em contrapartida o livro 5 que foi o menos adotado em 2018 (12%) era o segundo mais adotado (21%) em 2015, quase igualando com o primeiro (22,5%) neste ano, se trata do livro com o conteúdo mais completo e bem explicado, pelo menos no que tange o conteúdo de biologia molecular, com explicações claras sobre polaridade e composição dos ácidos nucléicos, assim como as etapas da síntese protéica. Este fato pode indicar uma tendência em tentar simplificar ainda mais o conteúdo de biologia molecular no ensino médio, o que pode ser acarretar grandes prejuízos na vida acadêmica dos estudantes.

Dentre os diferentes tipos de erros graves de conceito identificados, aqueles relativos à polaridade das fitas de RNA e DNA, cujas sequências deveriam ser escritas

sempre na direção 5' para 3', foram os mais recorrentes, sendo repetidos várias vezes ao longo de textos, figuras e exercícios em dois dos três livros analisados. Isso contribuiu para consolidar conceitos errôneos de polaridade de ácidos nucleicos, fitas moldes e codificadoras, códon e anticódon, dentre outros conceitos importantes da Biologia Molecular. Ademais, soma-se a percepção formada ao longo deste trabalho, que esse tipo de erro possa estar passando despercebido até mesmo dos professores que ensinam esse conteúdo ou até mesmo de parte daqueles que analisam os livros para o PNLD. O que corrobora com MELO E CARMO (2009) ao afirmarem em seu trabalho que apesar do livro didático ser analisado por especialistas e passar por revisões, estes ainda contêm erros importantes no conteúdo Biologia Molecular.

Nesse contexto, vale ressaltar que, a quantidade de erros não é proporcional ao volume de conteúdo de biologia molecular analisado. De fato, embora a quantidade de conteúdo analisado ter sido maior no Livro 4, este foi o livro que apresentou menor quantidade de erros em relação ao conteúdo de Biologia Molecular, seguido pelo livro 5, que foi o segundo com maior quantidade de, contudo analisado e com a segunda menor quantidade de erros. Estes dois livros são os únicos que citam e explicam a polaridade do DNA e RNA. Todavia nesses livros, infelizmente, a forma encontrada para diminuir parte dos erros, foi a exclusão dos exercícios de fixação de conhecimento sobre a polaridade e não a inclusão de exercícios com a correta interpretação, o que poderia auxiliar os professores e estudantes a compreenderem esta questão.

Uma boa notícia é que a comparação de edições anteriores do mesmo livro revelou que, pelo menos para o livro analisado (Livro 5), o conteúdo de Biologia Molecular está melhorando nas edições mais novas. Todavia, ainda são necessárias revisões adicionais e correções para que esse conteúdo seja abordado de forma correta na educação básica.

Trabalhos de análises de livros didáticos são muito comuns no meio acadêmico, como foi levantado na bibliografia, mas a efetiva utilização destes livros em sala de aula, principalmente no ensino médio, não é um fator comprovado. Em conversar informais muitos colegas de trabalho, de várias áreas, dizem que os “as atividades propostas nos livros são muito difíceis” ou que “os alunos não trazem os livros para a escola”. Este fato pode explicar a dificuldade dos professores e alunos em detectarem erros nos trechos selecionados.

A análise dos dados obtidos na aplicação dos questionários aos professores de Biologia revelou que, pelo menos no grupo professores participantes, eles possuem

dificuldades em detectar erros nos livros de Biologia no tocante ao conteúdo de Biologia Molecular, principalmente no que tange o conceito de polaridade das moléculas de DNA e RNA. Quando comparados com os alunos da graduação em Ciências Biológicas, onde parte é de estudantes de licenciatura, observa-se que ocorre esta mesma dificuldade no entendimento de Biologia Molecular, principalmente nos conceitos relacionados à polaridade dos ácidos nucleicos, apesar de menor que o observado entre os professores do ensino médio. Todavia, considerando-se que o tema das polaridades das fitas de ácidos nucleicos é bastante explorado nesta fase da formação dos estudantes, esses dados indicam que os o conteúdo errado aprendido pelos estudantes, durante sua educação básica, pode estar tão consolidado que os mesmos não conseguem superar esta informação equivocada durante a formação em nível superior.

Já na análise dos dados obtidos na aplicação dos questionários aos estudantes da escola básica, observou-se que estes também possuem dificuldade em detectar erros em Biologia Molecular. Em contrapartida, a utilização de atividades lúdicas e práticas, assim como a utilização de animações encontradas na internet, foram bastante eficientes na melhora desta percepção dos erros nos livros didáticos. O que indica que este tipo de atividade, como descrito por LEÃO (2018) e FIVORANTE & GUARNICA (2019), pode ser mais eficiente para o aprendizado do conteúdo de Biologia Molecular, por se tratar de um conteúdo muito abstrato e de difícil entendimento, (ARAÚJO & GUSMÃO 2017).

Ao menos no grupo de estudantes secundaristas onde as atividades lúdicas e práticas foram trabalhadas, observou-se um grande interesse e participação dos alunos, pois os mesmos não se ausentaram em nenhuma das aulas e se prontificaram em providenciar todo o material necessário, além de sempre salientarem, junto à professora, o quanto gostaram das aulas “diferentes” e que gostariam de ter mais aulas assim, o que mostra quanto é importante a utilização destes recursos, associado a um conteúdo teórico de qualidade, para o aprendizado adequado do conteúdo (BRASIL, 2018; SANTOS & GUIMARÃES).

Os dados obtidos nos gráficos dos estudantes de biologia foram preocupantes, visto que os mesmos haviam acabado de estudar sobre o conteúdo abordado no questionário. Ficou a dúvida se os mesmos foram negligentes em responder o questionário, deixando de marcar não por considerar incorreto, ou se os erros de polaridade ficaram tão enraizados no ensino médio, que os estudantes não conseguem superá-los no ensino superior.

A cartilha confeccionada a partir do presente trabalho, com intuito de auxiliar os professores em suas aulas sobre Biologia Molecular, levou em consideração estes aspectos levantados no presente trabalho, objetivando o acesso a um conteúdo de Biologia Molecular mais correto, claro e atrativo para os estudantes.

6 - Conclusões

- Ao analisar o conteúdo de Biologia Molecular contido nos livros analisados foram encontradas várias inadequações e incorreções, com erros graves de conceito, inclusive na lista de exercícios e em figuras presentes nos capítulos analisados.
- Ao se comparar quatro edições diferentes do Livro 5, foi possível perceber que está ocorrendo uma redução na quantidade de erros no conteúdo de Biologia Molecular, embora ainda reste muito a ser corrigido, para o conteúdo se tornar adequado para aprendizagem dos estudantes do ensino médio.
- Alguns dos erros contidos nos livros analisados já estão tão consolidados, que até mesmo professores da escola básica, com muitos anos de experiência docente, encontram dificuldades para detectá-los.
- A utilização de recursos diferenciados, nas aulas de biologia relacionadas ao conteúdo de biologia molecular, revelou-se eficiente para a aprendizagem dos estudantes.
- Trabalho como este será muito útil para os docentes e estudantes da escola básica, porquanto evitará o ensino e a divulgação de conceitos errados e informações erradas, bem como facilitará o processo de aprendizado do conteúdo de Biologia Molecular.

7- Referências Bibliográficas

ARAÚJO, A.B. & GUSMÃO, F.A.F. **As principais dificuldades encontradas no ensino de genética na educação básica brasileira.** Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional. Pernambuco, 2017

ARAÚJO, LIMA ADRIANA. **O uso do livro didático pelo professor de Ciências e Biologia da Rede Estadual de Ensino de Terenos, MS.** Revista Saberes Docentes, V.1, n.1 (2016). Instituto Superior de Educação do Vale do Juruena, campus de Juína/MT

BARREIRO, M.J. & ORTÊNCIO-FILHO, H. **Análise de livros didáticos sobre o tema "morcegos".** Ciência & Educação, vol.22 no. 3 Bauru July/Sept. 2016

BRASIL. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio (PCNEM).** Brasília: MEC/SEF. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/busca-geral/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>> Acesso em 04 dez. 2017.

BRASIL. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO FUNDAMENTAL. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais /** Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997. 126p.

BRASIL, Ministério da Educação. **Guia de Livros Didáticos –PNLD 2015 - Biologia.** Brasília: 2015. Disponível em: <<https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/guia-do-livro-didatico/item/5940-guia-pnld-2015>>. Acesso em 04 dez. 2017.

CAMARGO, S.S. *et al.* **O ensino de biologia molecular em faculdades e escolas médias de são Paulo.** Revista Brasileira de ensino de bioquímica e biologia molecular. No. 01/2007 Public. 05/05/2007 Artigo A. São Paulo, 2007

CARBONI, P.B., SOARES, M.A.M. **A genética molecular no ensino médio,** 2001.

- FERREIRA, A.M.; SOARES, C. A. A. A. **Aracnídeos peçonhentos: análise das informações nos livros didáticos de ciências.** Ciência & Educação, Bauru, v. 14, n. 2, p. 307-314, 2008.
- FIORAVANTE, V. C., GUARNICA, T. P. B. **O lúdico no ensino de biologia: o aluno como protagonista.** Revista Educere et Educare, Vol. 14 N. 31, jan./abr. 2019. Paraná, 2019.
- FNDE. **Programas do livro.** Histórico. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/historico>>>. Acesso em 10 ago. 2017.
- GÉRARD, F.-M, ROEGIERS, X. - **Concevoir et évaluer des manuels scolaires.** Bruxelas. De Boeck-Wesmail (tradução Portuguesa de Júlia Ferreira e de Helena Peralta, Porto: 1998).
- GÓES, A.C.S. & OLIVEIRA, B.V.X. **Projeto Genoma Humano: um retrato da construção do conhecimento científico sob a ótica da revista Ciência Hoje** Ciência & Educação, V. 20, n. 3, p. 561-577, 2014.
- GRAMOWSKI VILMARISE, BOBATO; DELIZOICOV, NADIR CASTILHO; MAESTRELL, SYLVIA REGINA PEDROSA. **O PNLD e os guias dos livros didáticos de ciências (199 – 2014): Uma análise possível.** Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte) vol.19 Belo Horizonte, 2017.
- KRASILCHIK, M. **Práticas de ensino de Biologia.** São Paulo: EDUSP, 2004.
- KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências.** São Paulo: EPU, 1987
- LEAO, G. M. C. **Diferentes estratégias metodológicas para o processo de ensino e aprendizagem da biologia celular.** Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018
- LIMA, A. D. A. & SANTANA, O. A. **Análise de erros conceituais: abordagem do conteúdo de zoologia em livros didáticos.** Universidade Federal de Pernambuco, 2018.
- MARCANTONIO, A. T.; SANTOS, M. M.; LEHFELD, N. A. S. **Elaboração e divulgação do trabalho científico.** 1. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

- MELO, J. R. & CARMO, E. M. **Investigações sobre o ensino de Genética e Biologia Molecular no Ensino Médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas.** Ciênc. Educ. (Bauru) vol.15 no. 3, Bauru 2009.
- MEGID-NETO, J; FRACALANZA, H. **O livro didático de ciências: problemas e soluções.** Ciência & Educação, Bauru, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.
- MOUL, R. A. T. M. & SILVA, F. C. L.. **A modelização em genética e biologia molecular: ensino de mitose com massa de modelar.** Experiências em Ensino de Ciências V.12, No. 2. Pernambuco, 2017.
- NOGUEIRA, JF; ALMEIDA, EM CUNHA, SMF; GOUVEIA, GV; GOUVEIA, JJS. **Eletroforese em jogo.** XX engene - encontro de genética do nordeste. Campina Grande, 2014.
- ORLANDI, E. P. A linguagem e seu funcionamento: **As formas do Discurso.** 4ed. Campinas, SP: Pontes, 2003.
- PEDREIRA, ANA JÚLIA; CARNEIRO, MARIA HELENA DA SILVA. **Livro didático de Biologia: um levantamento bibliográfico.** XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017
- ROMANATTO, M. C. **O livro didático: alcances e limites.** In: VII Encontro Paulista de Educação Matemática, São Paulo. Anais do XII EPEM. São Paulo, 2004.
- SANTOS, Aline B.; GUIMARÃES, Carmen Regina P. **A utilização de jogos como recurso didático no ensino de zoologia.** REIEC, Sergipe, v. 5, n. 2, p. 52-57, 2010.
- SILVA, C. B. C. & OLIVEIRA, A. C.. **Como os livros didáticos de biologia abordam as diferentes formas de estimar a biodiversidade?** Ciência & Educação, (Bauru) vol.19 no. 1 Bauru 2013
- SILVA, M.R.; PASSOS, M. M. & VILAS BOAS, A. A história da dupla hélice do DNA nos livros didáticos: suas potencialidades e uma proposta de diálogo. Ciência & Educação vol.19 no. 3 Bauru, 2013.
-

SUCCI, C.M.; WICKBOLD, D.; SUCCI, R.C.M. **A vacinação no conteúdo de livros escolares.** Revista da Associação Médica Brasileira, São Paulo, v. 52, n. 2, p. 75-79, 2005.

VENTER, C., ADAMS M.D., MYERS E.W. et al. **The sequence of the human genome.** Science. 16; 291(5507):1304-512001, 2001.

XAVIER, M.C.; FREIRE A. S.; MORAES, M.O. **A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio.** Ciência & Educação, v. 12, n. 3, p. 275-289, 2006.

8. Anexos

8.1. Anexo 1: Questionário para professores da disciplina Biologia, estudantes de licenciatura em Ciências Biológicas e estudantes do Ensino Médio

Levantamento de dados para dissertação de mestrado (modelo professor do ensino médio)

PARTE 1 - Escolha dos livros didáticos de biologia para o ano de 2018

*Obrigatório

1. O livro didático que foi adotado em 2018 foi a primeira opção escolhida *

- () Sim
- () Não
- () Não sei responder

2. Se a resposta anterior for não, responda qual foi a opção adotada

- () segunda opção
- () terceira opção
- () o livro adotado foi diferente das opções escolhidas
- () Não sei responder

3. Qual o principal critério você observou para a escolha do livro didático

- () Autor
- () Conteúdo
- () Atividades
- () Ilustrações
- () Editora
- () Outro: _____

4. O livro didático adotado é o mesmo do ano anterior *

- () Sim
- () Não
- () Não sei responder

5. Se a resposta anterior foi não, responda qual foi o principal motivo da troca de livro didático.

- () O conteúdo estava incompleto ou continha muitos erros.
- () Os exercícios eram inadequados para os alunos.
- () O livro tinha quantidade insuficiente de atividades.
- () As ilustrações eram insuficientes ou inadequadas para os alunos.
- () Outro: _____

6. O livro didático adotado em sua escola contém erros no conteúdo de biologia molecular *

- () Sim, muitos erros.
- () Sim, alguns erros.
- () Não contém erros.
- () Não sei responder.

PARTE 2 - Percepção dos erros dos livros

7. Os trechos abaixo foram extraídos de livros de biologia adotados na rede pública das Escolas de Minas Gerais. Assinale os trechos que você considera que contém erros ou imprecisões de conceito referentes ao conteúdo de biologia molecular. *

1. () "... o DNA é exposto a diversos fatores externos que podem danificar sua molécula e modificar a mensagem genética inicial."
2. () "... o constituinte fundamental do cromossomo é o ácido desoxirribonucleico,..."
3. () "... se em uma fita houver a sequência AATCCATGT, na outra a sequência será TTAGGTACA..."
4. () "... nas células eucarióticas, a maior parte do DNA permanece dentro do núcleo, onde faz parte dos cromossomos."
5. () "As características morfológicas e fisiológicas de um ser vivo dependem dos tipos de proteínas produzidos em seu organismo."
6. () "No processo denominado *splicing*, os íntrons são 'cortados' e retirados antes do RNA ir para o citoplasma."
7. () "moléculas de RNAt com anticódon AAA ou AAG ligam-se sempre ao aminoácido fenilalanina."
8. () "Na tradução, a informação contida na sequência de bases no RNA mensageiro passa para uma sequência de aminoácidos. "
9. () "... para a sequência TACGGACTA do DNA, constitui-se a sequência AUGCCUGAU no RNA."
10. () "Ao contrário da molécula do DNA, a do RNA é formada por um único filamento de polinucleotídeos."
11. () "O código genético é o mesmo para praticamente todos os seres vivos."
12. () "O processo de duplicação do DNA é catalisado por diversas enzimas. Entre elas, destacam-se as helicases, que catalisam a quebra das ligações de hidrogênio entre as duas cadeias,..."
13. () "O controle da síntese de proteínas é feito em duas etapas - a transcrição e a tradução."

Levantamento de dados para dissertação de mestrado (modelo estudantes de Ciências Biológicas)

PARTE 1 – Em relação ao curso de Ciências Biológicas

*Obrigatório

1. Em relação ao turno de seu curso *

- () Diurno
- () Noturno

2. Em relação ao percurso ou modalidade em andamento do curso

- () Licenciatura
- () Licenciatura e Bacharelado
- () Bacharelado

3. Você já teve contato com livros de biologia voltados para o ensino médio?

- () Sim, mesmo durante minha formação em nível superior.
- () Sim, apenas durante minha formação de segundo grau.
- () Sim, mas nunca estudei em nenhum.
- () Não.

4. Como você avalia a qualidade do conteúdo de Biologia Molecular dos livros voltados para o ensino médio?*

- () A abordagem do conteúdo, embora simplificada, é adequada para o nível médio.
- () O conteúdo é incompleto ou contém muitos erros.
- () Os exercícios em geral são adequados para os alunos do ensino médio.
- () Os exercícios em geral são inadequados para os alunos do ensino médio.
- () Os livros em geral contêm quantidade suficientes de atividades complementares que auxiliam a compreensão dos conteúdos.
- () Os livros em geral não contêm quantidade suficientes de atividades complementares que poderiam auxiliar na compreensão dos conteúdos.
- () As ilustrações em geral são claras e auxiliam a compreensão do conteúdo.
- () As ilustrações em geral são inadequadas para a compreensão do conteúdo.
- () Outro: _____

5. Qual a sua opinião sobre o conteúdo de biologia molecular contido no(s) livro(s) didático(s) do ensino médio.*

- () Contém muitos erros.

- () Contém alguns erros.
- () Não contém erros.
- () Não sei responder.

6. Em sua opinião o conteúdo de biologia molecular dos livros didáticos voltados para o ensino médio deveria *

- () Ser mantido, pois este conteúdo está adequado ao ensino médio.
- () Ser ampliado, pois o avanço do conhecimento na área não tem sido acompanhado nos livros didáticos.
- () Ser simplificado, pois os alunos no ensino médio não precisam conhecer o conteúdo dado atualmente de biologia molecular.
- () Não sei responder.

PARTE 2 - Percepção dos erros dos livros

7. Os trechos abaixo foram extraídos de livros de biologia adotados na rede pública das Escolas de Minas Gerais. Assinale os trechos que você considera que contêm erros ou imprecisões de conceito referentes ao conteúdo de biologia molecular. *

1. () "... o DNA é exposto a diversos fatores externos que podem danificar sua molécula e modificar a mensagem genética inicial."
2. () "... o constituinte fundamental do cromossomo é o ácido desoxirribonucleico,..."
3. () "... se em uma fita houver a sequência AATCCATGT, na outra a sequência será TTAGGTACA..."
4. () "... nas células eucarióticas, a maior parte do DNA permanece dentro do núcleo, onde faz parte dos cromossomos."
5. () "As características morfológicas e fisiológicas de um ser vivo dependem dos tipos de proteínas produzidos em seu organismo."
6. () "No processo denominado *splicing*, os íntrons são 'cortados' e retirados antes do RNA ir para o citoplasma."
7. () "moléculas de RNAt com anticódon AAA ou AAG ligam-se sempre ao aminoácido fenilalanina."
8. () "Na tradução, a informação contida na sequência de bases no RNA mensageiro passa para uma sequência de aminoácidos. "

Levantamento de dados para dissertação de mestrado (modelo estudantes do Ensino Médio)

PARTE 1 – Conhecimento acerca do conteúdo de Biologia Molecular

1. Após as aulas sobre biologia molecular neste bimestre você considera que seu conhecimento acerca do assunto*

- () Melhorou () Piorou () Não sofreu alteração

2. Numere de 1 a 5 os recursos utilizados nas aulas sobre o conteúdo de Biologia Molecular, sendo 1 para o recurso que mais contribuiu para seu aprendizado e 5 o que menos contribuiu para o seu aprendizado. *

- () Livro didático
- () Slides no data show
- () Vídeos do YouTube
- () Aulas práticas
- () Atividades de fixação

PARTE 2 - Percepção dos erros dos livros – Etapa 2

Os trechos abaixo foram extraídos de livros de biologia adotados na rede pública das Escolas de Minas Gerais. Assinale os trechos que você considera que contêm erros ou imprecisões de conceito referentes ao conteúdo de Biologia Molecular.

- () "... o DNA é exposto a diversos fatores externos que podem danificar sua molécula e modificar a mensagem genética inicial."
- () "... o constituinte fundamental do cromossomo é o ácido desoxirribonucleico,..."
- () "... se em uma fita houver a sequência AATCCATGT, na outra a sequência será TTAGGTACA..."
- () "... nas células eucarióticas, a maior parte do DNA permanece dentro do núcleo, onde faz parte dos cromossomos."
- () "As características morfológicas e fisiológicas de um ser vivo dependem dos tipos de proteínas produzidos em seu organismo."
- () "No processo denominado splicing, os íntrons são 'cortados' e retirados antes do RNA ir para o citoplasma."
- () "moléculas de RNAt com anticódon AAA ou AAG ligam-se sempre ao aminoácido fenilalanina."
- () "Na tradução, a informação contida na sequência de bases no RNA mensageiro passa para uma sequência de aminoácidos. "
- () "... para a sequência TACGGACTA do DNA, constitui-se a sequência AUGCCUGAU no RNA."
- () "Ao contrário da molécula do DNA, a do RNA é formada por um único filamento de polinucleotídeos."
- () "O código genético é o mesmo para praticamente todos os seres vivos."
- () "O processo de duplicação do DNA é catalisado por diversas enzimas. Entre elas, destacam-se as helicases, que catalisam a quebra das ligações de hidrogênio entre as duas cadeias,..."
- () "O controle da síntese de proteínas é feito em duas etapas - a transcrição e a tradução."

8.2. Anexo 2 – Tabela dos erros e inadequações relativos ao conteúdo de Biologia Molecular encontrados nos Livros Didáticos analisados.

Nº	LIVRO/ VOLUME	CAPÍTULO/ PÁGINA	CATE- GORIA	ERRO	JUSTIFICATIVA	SUGESTÃO DE CORREÇÃO
1	1/1	10/120	2	“O núcleo (...) em seu interior encontra-se o material genético é responsável pelo controle das atividades da célula”	Existem materiais genéticos fora do núcleo, nas mitocôndrias e cloroplastos.	O núcleo, as mitocôndrias e os cloroplastos (...) em seu interior encontra-se o material genético responsável pelo controle das atividades da célula”
2	1/1	10/121	2	“Existem cinco tipos de bases nitrogenadas (...). As duas primeiras possuem um duplo anel de átomos de carbono (...). As outras três (...) com apenas um anel de carbono”	A frase ficou confusa em relação a explicação dos anéis de carbono.	(...)um duplo anel de átomos de carbono (...) com um anel simples de carbono.
3	1/1	10/122	1	“se em uma fita houver a sequência AATCCATGT, na outra a sequência será TTAGGTACA. “	Erro de polaridade.	se em uma fita houver a sequência AATCCATGT, na outra a sequência será ACATGATT.
4	1/1	10/122	1	“O conjunto de genes de uma célula que influencia o desenvolvimento das características de um ser vivo é	O genoma é o conjunto do DNA codificante e não codificante.	O DNA de uma célula é chamado genoma.

				chamado genoma.”		
5	1/1	10/123	2	“Antes da duplicação, enzimas desenrolam as duas hélices.”	A frase dá a entender que a fita de DNA se desenrola completamente antes de iniciar a duplicação	As duas hélices se desenrolam gradualmente, ao longo do processo de duplicação.
6	1/1	10/123	2	“As características morfológicas e fisiológicas de um ser vivo dependem dos tipos de proteínas produzidos em seu organismo.”	Existem outros fatores que influenciam as características do ser vivo além das proteínas.	As características morfológicas e fisiológicas de um ser vivo dependem, em parte, dos tipos de proteínas produzidos em seu organismo.”
7	1/1	10/124	2	“Ao contrário da molécula de DNA, a do RNA é formada por um único filamento de polinucleotídeos.”	Nem sempre, existem vírus com RNA formado por dois filamentos.	Ao contrário da molécula de DNA, a do RNA, geralmente, é formada por um único filamento de polinucleotídeos.
8	1/1	10/124	1	“O controle da síntese de proteínas é feito em duas etapas: a transcrição e a tradução.”	Somente em procariotos, em eucariotos existem pelo menos 7 etapas no controle da síntese de proteínas.	O controle da síntese de proteínas é feito, em procariotes, em duas etapas: a transcrição e a tradução. Em eucariotes existem etapas adicionais que não serão abordadas neste capítulo.
9	1/1	10/124	2	“Na transcrição, apenas uma das fitas de determinado trecho do DNA é usada para síntese do RNAm”	Nem sempre, em alguns seres vivos ambas as fitas podem ser utilizadas na transcrição.	Quando o DNA se abre na transcrição, o RNA é produzido, quase sempre, a partir do filamento 3’→5’ do DNA
10	1/1	10/124	1	“para a sequência TACGGACTA do DNA, constitui-se a sequência	Erro de polaridade.	para a sequência TACGGACTA do DNA, constitui-se a sequência

				AUGCCUGAU do RNA.”		UAGUCCGUA do RNA
11	1/1	10/126	1	“Se o RNAt tem em anticódon CGA, ele vai se ligar exclusivamente ao aminoácido alanina.”	Erro de polaridade.	Se o RNAt tem em anticódon AGC, ele vai se ligar exclusivamente ao aminoácido alanina
12	1/1	10/126	3	Figura 1 – Anexo 3	Erro de polaridade	Alterar a figura.
13	1/1	10/128	2	“Uma mutação pode ser apenas adicionar ou retirar uma base da sequência.”	A mutação é provocada por este processo.	Uma mutação pode ser provocada apenas pela adição ou retirada de uma base da sequência.
14	1/1	10/129	2	“Na natureza há o cézio com massa atômica 133, com 78 nêutrons e 55 prótons em seu núcleo. Além deste, são conhecidos outros 34 isótopos, todos instáveis ou radioativos”	A frase ficou confusa na explicação sobre radioatividade.	Na natureza há o cézio não radioativo com massa atômica 133, com 78 nêutrons e 55 prótons em seu núcleo.
15	1/1	10/132	3	Figura 2 – Anexo 3	Exercício 2: figura com erro de polaridade	Figura B. 2 – AUC GAU
16	1/1	10/132	4	Exercício 6 “transcreva a mensagem TAGGTACCT do código de DNA para o código do RNA. Com o auxílio da tabela de códons, indique que aminoácidos serão encadeados por esse trecho de DNA”	A resposta do livro do professor ignora a polaridade: “AUCCAUGGA. Aminoácidos isoleucina, histidina, glicina.”	AGGUACCUA. Aminoácidos arginina, tirosina, leucina.

17	1/1	10/132	4	Exercício 7 “A ocitocina é um hormônio (...) cisteína – tirosina – isoleucina – glutamina – asparagina – cisteína – prolina – leucina – glicina. (...) monte uma sequência possível de bases da cadeia de DNA responsável pela síntese deste hormônio.”	Erro de polaridade na resposta do livro do professor: “ACA-ATA-TAA-GTT-TTA-ACA-GGT-AAT-CCA.”	ACC-TAA-TGG-ACA-ATT-TTG-AAT-ATA-ACA.
18	1/1	10/132	4	Exercício 10 “Considere uma molécula de DNA sem qualquer mutação e que apresente 16% das bases nitrogenadas de citosina. Determine os percentuais de guanina e de timina encontrados nessa molécula”	A atividade não levou em conta que existem seres vivos, como os vírus, que possuem uma fita única de DNA.	Considere uma molécula de fita dupla de DNA sem qualquer mutação (...).
19	1/1	10/133	4	Exercício 12 “A molécula de DNA armazena (...) entre os distintos indivíduos (...) há uma singularidade biológica que se repete, mas se diferencia pelo modo como está organizada. Esta descrição corresponde” c) bases nitrogenadas	O enunciado está muito confuso e a descrição encontrada se refere aos nucleotídeos, não às bases nitrogenadas (resposta do livro do professor).	Incluir nas respostas a alternativa: e) nucleotídeo.
20	2/1	6/119	1	“(...) se a sequência de bases em uma das cadeias do DNA for ATTGCATGCGCATTACG, a	Erro de polaridade.	(...) se a sequência de bases em uma das cadeias do DNA for ATTGCATGCGCATTACG, a

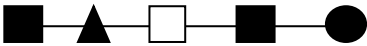
				região correspondente da outra cadeia (...)TAACGTACGCGTAATGC.”		região correspondente da outra cadeia (...) CGTAATGCGCATGCAAT.
21	2/1	6/120	2	“(…) DNA contém informações codificadas (...). Essas informações são rigorosamente duplicadas e transmitidas com precisão de geração para geração (...).”	Esta frase ignora a possibilidade de ocorrência de mutação	(…) DNA contém informações codificadas (...). Essas informações geralmente são rigorosamente duplicadas e transmitidas com precisão de geração para geração, mas podem ocorrer mutações alterando estas informações (...).
22	2/1	6/120	2	“(…) DNA (...) em uma das cadeias, que serve assim de molde para a síntese de RNA(…)”	Nem sempre, em alguns seres vivos ambas as fitas podem ser utilizadas na transcrição.	Quando o DNA se abre na transcrição, o RNA é produzido, quase sempre, a partir do filamento 3'→5' do DNA
23	2/1	6/121	1	“DNA formada pela sequência de bases TAGGGCTAATGCTCGTA produz um RNA com sequência de bases AUCCGAUUACGAGCAU.”	Erro de polaridade.	“DNA formada pela sequência de bases TAGGGCTAATGCTCGTA produz um RNA com sequência de bases UACGAGCAUUAGCCUA.”
24	2/1	6/122	2	“O código genético é universal”	Em alguns seres vivos ocorrem diferenças no código genético.	O código genético é quase universal.
25	2/1	6/123	1	“(…) RNAt com o anticódon AAA ou AAG ligam-se sempre ao	Erro de polaridade.	(...)RNAt com o anticódon AAA ou GAA ligam-se sempre ao


				aminoácido fenilalanina; RNAt com anticódons CCA, CCG, CCU ou CCC ligam-se à glicina(...)"		aminoácido fenilalanina; RNAt com anticódons ACC, GCC, UCC ou CCC ligam-se à glicina(...)
26	2/1	6/124	2	"A síntese da cadeia polipeptídica consiste na união de aminoácidos de acordo com a sequência dos códons do RNAm. Como essa sequência é determinada pela sequência de bases do DNA transcrita para o RNAm(...)"	A afirmação ignora a ocorrência de processamento do RNAm.	A síntese da cadeia polipeptídica consiste na união de aminoácidos de acordo com a sequência dos códons do RNAm. (...)
27	2/1	6/124	3	Figura 3 - Anexo 3	Erro de polaridade na figura	Alterar a figura.
28	2/1	6/125	2	"O ribossomo encaixa-se em uma das extremidades do RNAm (...)"	Não explicitou a extremidade.	O ribossomo encaixa-se na extremidade 5' do RNAm(...)
29	2/1	6/125	1	"O anticódon da metionina é UAC(...)"	Erro de polaridade	O anticódon da metionina é CAU(...)
30	2/1	6/128	4	"17. (...) trecho da molécula de DNA é ATTACGAGGTACATTCG. Qual será a sequência de bases na cadeia complementar no mesmo trecho? c) TAATGCTCCATGTAAGT"	Erro de polaridade na resposta indicada no livro do professor.	Incluir a alternativa com a resposta correta: e) TGAATGTACCTCGTAAT
31	2/1	6/129	4	" 23. A sequência ACUGACAUGUUACUCACUA	Erro de polaridade na resposta do	Modificar a resposta do livro do

				<p>UUUGACAGGUA A representa uma molécula de RNA mensageiro (...). 24. Escreva a sequência de bases das duas cadeias de DNA a partir do qual foi transcrito o RNA mencionado na questão anterior, indicando qual das cadeias foi transcrita pela polimerase do RNA.”</p> <p>Resposta do livro: “As duas cadeias de DNA são:</p> <p>TGACTGTACAATGAGTGAAT AAACTCGGTCCATT</p> <p>ACTGACATGTTACTCACTAT TGACAGGTAA</p> <p>A cadeia transcrita é a primeira.”</p>	<p>livro do professor,</p>	<p>professor:</p> <p>TTACCTGTCAAATAGTGAGT AACATGTTCAGT</p> <p>ACTACATGTTACTCACTATT TGACAGGTAA</p> <p>A cadeia transcrita é a primeira.</p>
32	3/3	10/201	2	<p>“A molécula de DNA é formada por uma sequência de nucleotídeos (...) essa sequência está emparelhada com a cadeia complementar formando a dupla-hélice.</p>	<p>Esta frase ignora a presença de DNA de fita simples, que ocorre em alguns vírus.</p>	<p>A molécula de DNA, geralmente, é formada por uma sequência de nucleotídeos (...) essa sequência está emparelhada com a cadeia complementar formando a dupla-hélice.</p>
33	3/3	10/201	2	<p>“Em uma célula eucariótica o</p>	<p>A afirmação não leva em</p>	<p>Em uma célula eucariótica o DNA</p>

				DNA localiza-se dentro do núcleo”	consideração a existência de DNA mitocondrial e nos cloroplastos.	localiza-se dentro do núcleo, nas mitocôndrias e cloroplastos, no caso de células vegetais.
34	3/3	10/201	2	“Essa molécula (o RNA) participa das duas etapas da síntese protéica: a transcrição e a tradução.”	A síntese protéica possui outras etapas adicionais além da transcrição e da tradução.	Essas moléculas participam das etapas da síntese protéica, dentre elas: a transcrição e a tradução.
35	3/3	10/202	2	“O RNA é produzido no núcleo a partir do DNA (...) e então chega ao citoplasma.”	A afirmação ignora a ocorrência do processamento do RNA após sua transcrição.	O RNA é produzido no núcleo a partir do DNA e, após ser processado, chega ao citoplasma.
36	3/3	10/202	2	“Uma das duas cadeias de DNA servirá de “molde” para a produção de um filamento de RNA.”	A frase não explica qual fita é utilizada e ignora que, em alguns casos, ambas as fias podem ser utilizadas na transcrição.	A fita complementar do gene servirá de “molde” para a produção de um filamento de RNA, em alguns casos, as duas fitas do DNA poderão ser utilizadas como molde.
37	3/3	10/203	2	“Após o término da transcrição (...). O RNAm, constituído de uma cadeia simples, é liberado e atravessa os poros da carioteca, chegando ao citoplasma.”	Em alguns vírus o RNA pode ser constituído por uma cadeia dupla.	(...) O RNA, geralmente constituído de uma cadeia simples (...).
38	3/3	10/206	2	“(…) AUG, que corresponde ao códon TAC no DNA.”	Erro na direção da escrita do código em relação ao códon (5’ para 3’)	(...) AUG, que corresponde ao códon CAT no DNA.

39	3/3	10/207	3	Figura 4 - Anexo 3	Erro de polaridade. A figura não leva em consideração que a tradução do RNAm ocorre no sentido 5' para 3'.	Refazer os aminoácidos formados, levado em consideração a polaridade da molécula de RNAm.
40	3/3	10/207	1	“(…) no RNAm, dos códons CAU ou CAC (...). No DNA esses códons correspondem às sequências GTA e GTG, respectivamente.	Erro na direção da escrita do código em relação ao códon (5' para 3')	“(…) RNAm, dos códons CAU ou CAC (...). No DNA esses códons correspondem às sequências ATG e GTG, respectivamente.
41	3/3	10/217	4	<p>“Considere a seguinte sequência de nucleotídeos de DNA: CTACGCTAGGCGATT?</p> <p>a) Qual é a cadeia complementar que forma a dupla-hélice do DNA? R: GATGCGATCCGCTAA</p> <p>b) Qual será a sequência de nucleotídeos de RNAm formado a partir dessa cadeia de DNA? R: GAUGCGAUCCGCUAA</p> <p>c) Observando se a tabela do código genético (...), Qual será a sequência de aminoácidos (...)? R: Aspartato – Alanina – Isoleucina – Arginina”</p>	Erro na resposta do livro do professor.	<p>Modificar as respostas.</p> <p>a) AATCGCCTAGCGTAG b) CUACGCUAGGCGAUU c) Valina – Arginina – fim – Alanina - Isoleucina</p>
42	3/3	10/217	4	“Represente as etapas de	A resposta do manual do	Gene 1

			<p>transcrição e tradução, anotando as seqüências de RNA, os anticódons de RNAt e a cadeia de aminoácidos formados pelas seqüências de nucleotídeos de DNA 1 e 2.</p> <p>a) Sequência 1: TACTCCCCCTACTTC</p> <p>b) Sequência 2: TACTCGCCCACTTC</p> <p>Para montar a seqüência de aminoácidos da proteína, utilize os símbolos da tabela (figura 5 – Anexo 3).”</p> <p>RESPOSTA DO MANUAL</p> <p>“Gene 1</p> <p>RNAm: AUG.AGG.GGG.AUG.AAG</p> <p>RNAt: UAC.UCC.CCC.UAC.UUC.</p> <p>Aminoácidos:</p> <p></p> <p>Gene 2</p>	<p>professor está errada, pois não leva em consideração a convenção de se escrever as fitas sempre no sentido 5’ para 3’ m</p>	<p>RNAm GAAGUAGGGGGAGUA</p> <p>RNAt UACUCCCCCUACUUA</p> <p>Aminoácidos:</p> <p>A tabela também deverá ser modificada, pois não contém todos os aminoácidos da resposta corrigida.</p> <p>Gene 2</p> <p>RNAm GAAGUGGGCGAGUA</p> <p>RNAt UACUCGCCCACUUC</p> <p>Aminoácidos:</p> <p>A tabela também deverá ser modificada, pois não contém todos os aminoácidos da resposta corrigida.</p>
--	--	--	--	--	---

				<p>RNAm: AUG.AGC.GGG.UGA.AG</p> <p>RNAt: UAC.UCG.CCC.ACU.UC</p> <p>Aminoácidos:</p> 		
43	4/1	8/188	2	<p>“A estrutura do DNA (...). Essa molécula tem o aspecto de uma dupla hélice. Já a molécula de RNA apresenta-se como um filamento simples.</p>	<p>Nem sempre o DNA tem dupla hélice e o RNA filamento simples. Alguns vírus são exceções.</p>	<p>A Estrutura do DNA (...). Essa molécula, geralmente, tem o aspecto de uma dupla hélice. Já a molécula de RNA apresenta-se como um filamento simples, na maioria das vezes.</p>
44	4/3	5/120	2	<p>“Na estrutura secundária (do DNA), forma-se a configuração tridimensional em dupla hélice”</p>	<p>Existem exceções, alguns vírus têm DNA com fita simples.</p>	<p>Na estrutura secundária, forma-se uma configuração tridimensional em dupla hélice, exceto em alguns vírus que possuem fita simples de DNA.</p>
45	4/3	5/122	1	<p>“(…) se um trecho do DNA tiver a sequência ATCG, o RNA que se formará terá a sequência UAGC.”</p>	<p>Erro na direção da escrita do código em relação ao códon (5’ para 3’)</p>	<p>(…)se um trecho do DNA tiver a sequência ATCG, o RNA que se formará terá a sequência CGAU.</p>
46	4/3	5/122	2	<p>“A contrário do DNA que é uma dupla hélice, as moléculas do RNA são formadas por apenas uma fita.”</p>	<p>Nem sempre, existem algumas exceções em vírus.</p>	<p>Geralmente o DNA é uma dupla hélice e as moléculas do RNA são formadas por apenas uma fita, com exceção de alguns vírus.</p>

47	4/3	5/127	2	“Para que ocorra a replicação semiconservativa do DNA, as cadeias se desenrolam e a dupla hélice se abre(…)”	A frase dá a entender que a fita de DNA se desenrola completamente antes da duplicação, o que está errado, já que o processo é gradativo.	Para que ocorra a replicação semiconservativa do DNA, as cadeias vão se desenrolando e a dupla hélice se abre gradativamente.
48	4/3	5/129	1	“(…) na trinca CTT para CAT. Com isso o códon do RNAm muda de GAA (...) para GUA(…)”	Erro na direção da escrita do código em relação ao códon (5’ para 3’)	(…) na trinca CTT para CAT. Com isso o códon do RNAm muda de AAG para AUG(…)
49	5/3	3/39	2	“Quando o DNA se abre na transcrição, o RNA é produzido, sempre, a partir do filamento 3’→5’ do DNA”	O RNA pode ser transcrito também a partir da fita complementar (5’→3’)	Quando o DNA se abre na transcrição, o RNA é produzido, quase sempre, a partir do filamento 3’→5’ do DNA
50	5/3	3/44	2	“(…) transcrição (...): as ligações de hidrogênio são rompidas por ação enzimática, e as duas fitas se afastam uma da outra.”	Esta frase dá a entender que a fita de DNA se abre totalmente antes da transcrição, o que é incorreta, já que esta abertura é gradativa, a medida que a transcrição vai ocorrendo.	(…) as ligações de hidrogênio são rompidas por ação enzimática, e as duas fitas vão se afastando gradativamente, a medida que o RNA vai sendo transcrito.
51	5/3	3/45	2	“O DNA presente no núcleo contém a informação para a síntese de proteínas da célula.”	A afirmação ignora a existência do DNA presente na mitocôndria e no cloroplasto.	O DNA presente no núcleo, na mitocôndria e no cloroplasto, contém a informação para a síntese de proteínas da célula.
52	5/3	3/45	3	Figura 5 – Anexo 3	Erro de polaridade	
53	5/3	3/46	2	“(…) o mesmo códon nunca	No ser humano sim, mas em	(…) o mesmo códon geralmente não codifica mais de um

				codifica mais de um aminoácido.”	outros seres vivos isto acontece.	aminoácido.
54	5/3	3/47	2	“RNAm (...) É a sequência de seus códons que determina a sequência dos aminoácidos.”	A frase ignora a processamento do RNA que ocorre antes da tradução.	Após o processamento do RNAm (texto de aprofundamento pág.54), a sequência de seus códons determina a sequência dos aminoácidos.
55	5/3	3/47	1	“(…) o RNAt com anticódon CAA transporta valina;”	Erro de polaridade	(...) o RNA t com o anticódon AACC transporta valina;
56	5/3	3/48	1	“O RNAt com o anticódon UGG está ligado à cadeia de aminoácidos”	Erro de polaridade	O RNAt com o anticódon GGU está ligado à cadeia de aminoácidos.
57	5/3	3/48	1	“O transportador com o anticódon CAU (...)”	Erro de polaridade	O transportador com o anticódon UAC(...)

8.3. Anexo 3: Figuras com erros encontradas nos livros didáticos analisados

Figura 1-

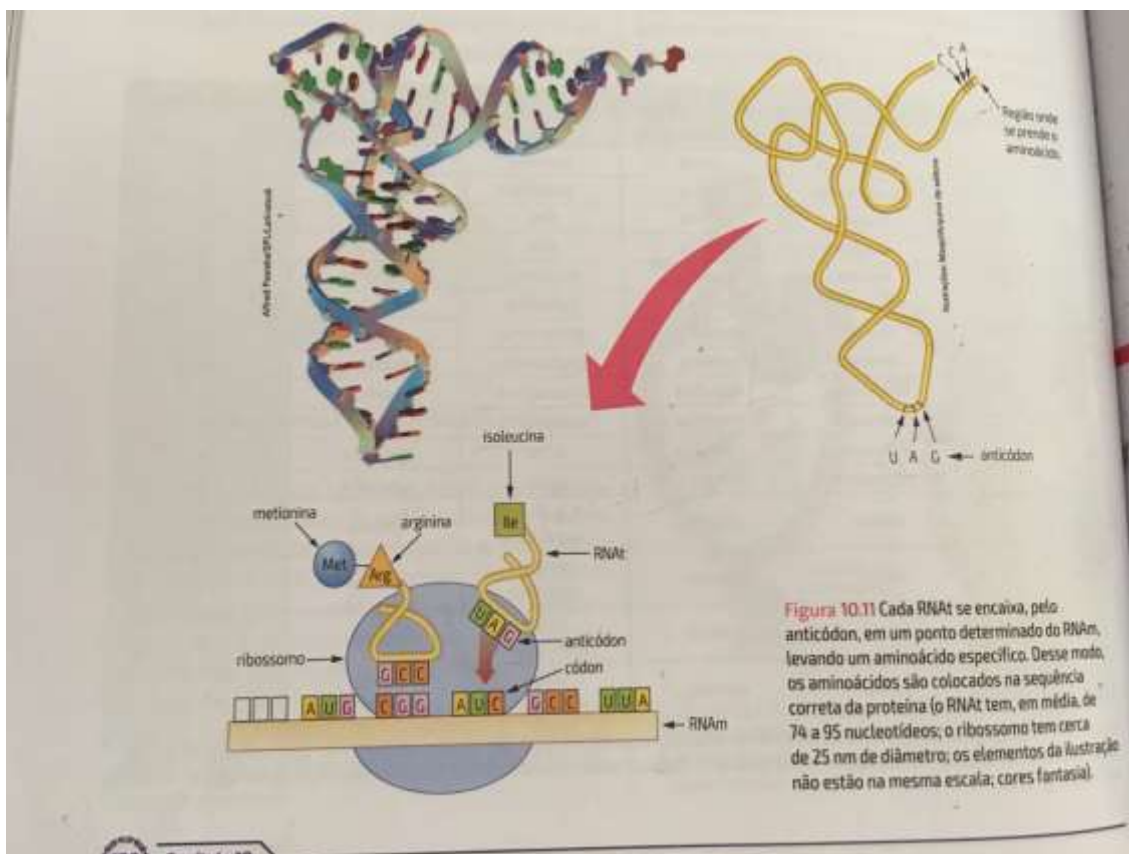


Figura 2

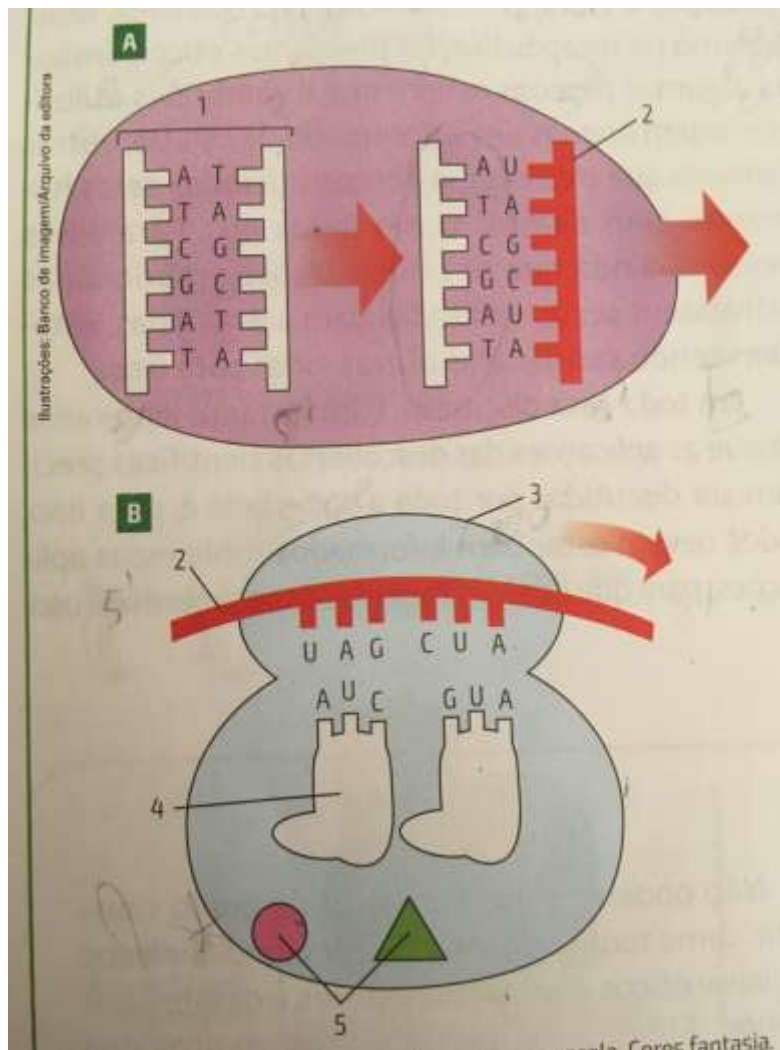


Figura 3

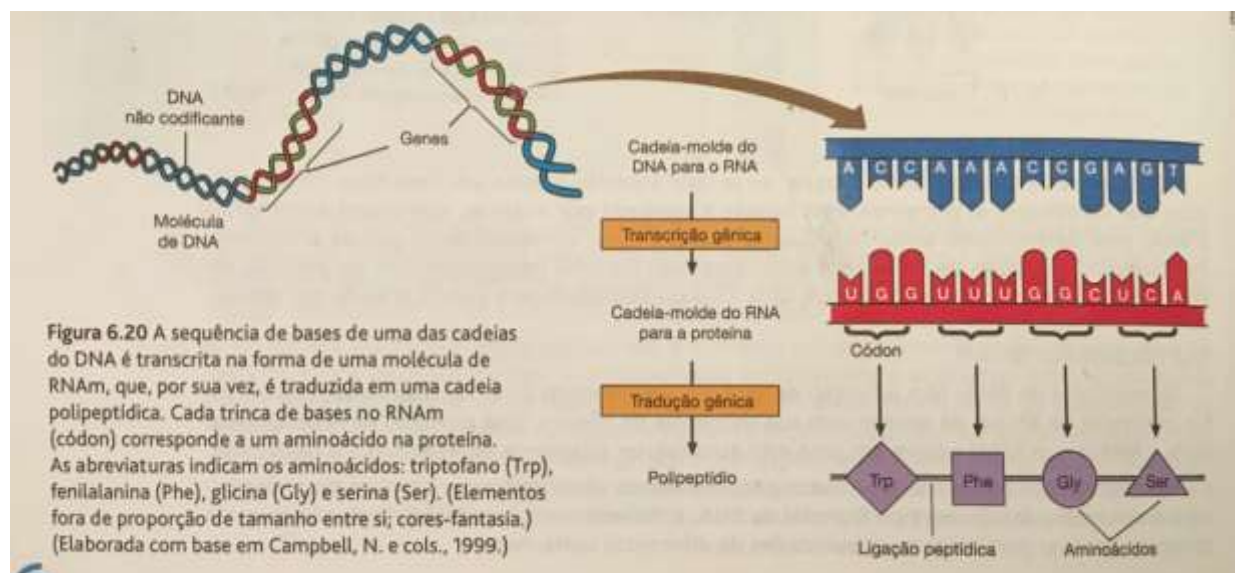


Figura 4

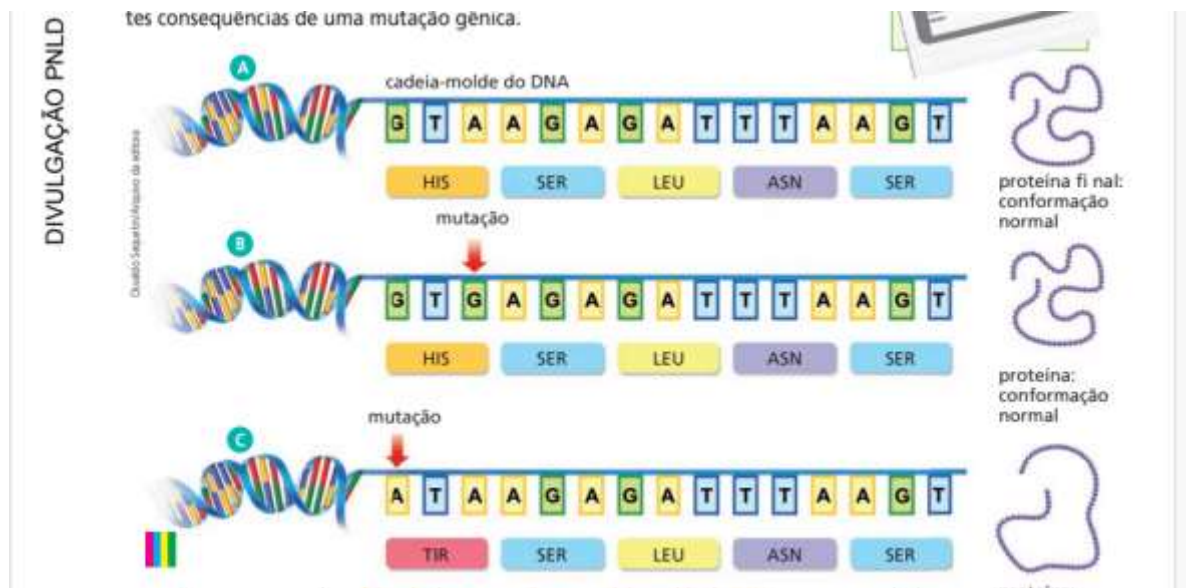
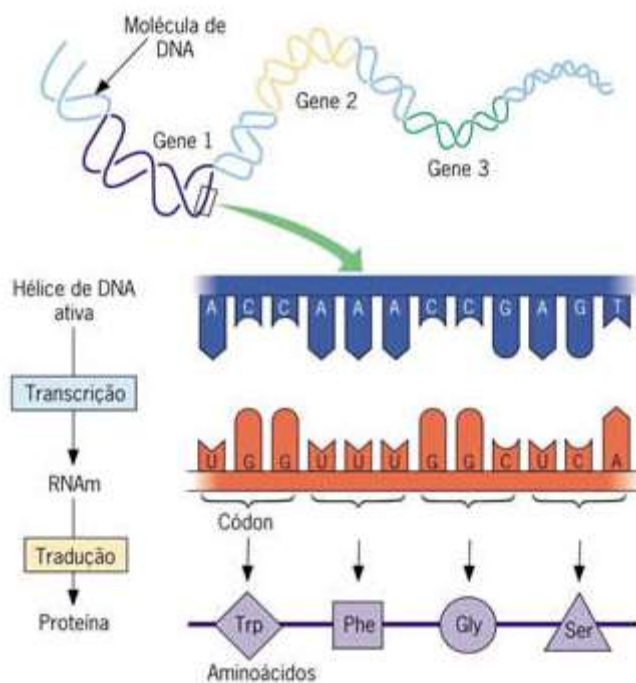


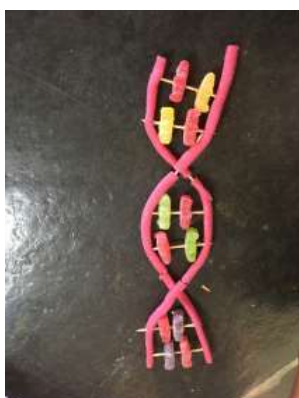
Figura 5



8.4. Anexo 4: Atividades trabalhadas com os alunos do Ensino Médio.

Atividade 1 - Confeção de modelos de DNA criativos.

Esta atividade pode ser aplicada após a aula introdutória sobre a estrutura da molécula de DNA, utilizando materiais diversos, tais como arame, canudinhos, bolinhas de isopor, limpador de cachimbo, mirtilo ou balas. Os alunos são organizados em grupos e, utilizando a criatividade, montam a molécula de DNA.



Atividade 2 - Extração de DNA

Trata-se de uma prática bem simples que pode ser realizada em qualquer espaço na escola.

Material:

Um vegetal de escolha dos alunos (pode ser morango, kiwi, banana, maçã ou cebola)

Álcool 70° ou absoluto gelado

Uma colher de sopa de detergente neutro

Uma colher de chá de sal

Meio copo de água

Um cadinho com pistilo ou sacola de plástico grosso

Dois recipientes (copos) transparentes

Uma garrafa PET cortada para servir como funil

Um filtro de coar café

Procedimento

Misture em um recipiente a água, o detergente e o sal até se dissolverem completamente.

Amasse um pedaço do vegetal escolhido no cadinho ou dentro do saco plástico.

Transfira o macerado para o recipiente contendo a mistura do detergente e o sal, misture gentilmente.

Transfira a mistura para outro recipiente transparente, usando um funil com o filtro de papel. À essa mistura, acrescente o álcool gelado vagarosamente, escorrendo-o pelas bordas do recipiente.

Agite devagar o recipiente, com movimentos circulares.

O DNA irá aparecer em aglomerados, na forma de filamentos brancos, similares a fios de algodão.



Atividade 3 - Animação da tradução do DNA

Esta atividade deverá ser realizada em grupos e os modelos em papel a serem utilizados podem ser obtidos no site (http://www.lec.ufpr.br/fdg/downloads/DAG_2017/Plano_02_Simulando_A_Sintese_Proteica.pdf).

O professor irá entregar os modelos reproduzidos em papel e os alunos irão colorir, recortá-los e utilizá-los para fazer uma “síntese de proteínas”, com o auxílio da tabela de códons. Para tornar o processo de tradução ainda mais dinâmico, os alunos poderão filmar o procedimento, usando câmaras de celulares, fazendo uma animação da síntese da proteína.



8.5. ANEXO 5 - TALE e TCLEs

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Prezado(a) estudante do ensino médio da rede pública de ensino do estado de Minas Gerais. Você está sendo convidado(a) a participar do estudo “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.” coordenada pela pesquisadora Cristiane Mendes Ribeiro Simões (e-mail: crismriby@gmail.com.br) e sua orientadora Dra. Andréa Mara Macedo (Telefone p/contato: (31) 3409-2641). Seus pais ou responsáveis permitiram que você participe.

Nesta pesquisa pretendemos verificar a capacidade dos alunos detectarem erros e imprecisões no conteúdo de biologia molecular contido nos livros didático de biologia adotados na rede pública de Minas Gerais

Você só precisa participar da pesquisa se quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir. Os adolescentes que irão participar desta pesquisa têm de 16 à 17 anos de idade.

A pesquisa será feita na sala de aula, da Escola Estadual Padre José Maria de Man, onde vocês irão responder questionários com trechos relacionados ao conteúdo de biologia molecular. Para isso, serão utilizados questionários on-line e/ou escritos, eles são considerados seguros, mas é possível ocorrer constrangimento por responder incorretamente, para que isto não aconteça, não será necessário eu você se identifique nos questionários. Caso aconteça algo errado, você pode nos procurar pelos telefones e

e-mails que tem no começo do texto. Mas há coisas boas que podem acontecer como planejar e confeccionar uma cartilha eletrônica, com o objetivo de alertar os docentes sobre estes erros e imprecisões de conceitos, bem como sugerir atividades investigativas para trabalhar o conteúdo de forma correta e atrativa com os alunos do ensino médio

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falaremos a outras pessoas, nem daremos a estranhos as informações que você nos der. Os resultados da pesquisa vão ser publicados em um artigo científico e na cartilha eletrônica, mas sem identificar os adolescentes que participaram. Os questionários utilizados na pesquisa serão armazenados e posteriormente destruídos.

=====

ASSENTIMENTO

Eu, _____
 declaro que fui informado dos objetivos e finalidades da pesquisa “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.” Li e entendi as informações. Tive oportunidade de fazer perguntas e tirar minhas dúvidas. Este formulário está sendo assinado voluntariamente por mim e concordo em participar do estudo até que eu decida o contrário, bem como autorizo a divulgação e publicação das informações que dei, exceto os meus dados pessoais, em eventos e publicações científicas. Sendo assim, assino este documento, juntamente com o pesquisador, em duas vias de igual teor, ficando uma via sob minha responsabilidade e a outra via com o pesquisador.

ATENÇÃO: em caso de dúvidas éticas e para informar ocorrências irregulares ou danosas durante sua participação neste estudo, dirija-se ao: Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais: Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha Belo Horizonte, MG - Brasil. Telefone: (31)3409-4592. E-mail: coep@prpq.ufmg.br

Local, ____ de _____ de 2019.

 Assinatura do menor

 Assinatura do pesquisador

TCLE – Responsável pelo estudante menor de idade

Prezado (a) responsável pelo (a) menor _____. O (a) estudante está sendo convidado (a) a participar do estudo “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.”. Esta etapa da pesquisa tem por objetivo verificar a capacidade dos alunos detectarem erros e imprecisões no conteúdo de biologia molecular contido nos livros didáticos de biologia adotados na rede pública de Minas Gerais e os principais critérios utilizados na escolha do livro didático pelos professores de biologia da rede pública de Minas Gerais. Para isso, serão utilizados questionários on-line e/ou escritos, eles são considerados seguros, mas é possível ocorrer constrangimento por responder incorretamente, para que isto não aconteça, não será necessário que você se identifique nos questionários.

Espera-se que os resultados do trabalho proporcionem dados para planejar e confeccionar uma cartilha eletrônica, com o objetivo de alertar os docentes sobre estes erros e imprecisões de conceitos, bem como sugerir atividades investigativas para trabalhar o conteúdo de forma correta e atrativa com os alunos do ensino médio. Vale informar que o projeto de pesquisa já foi submetido e aprovado pelo COEP (PARECER N°3.615.429). Agradecemos a sua atenção e a disponibilidade de contribuir com essa pesquisa.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, responsável pelo estudante do terceiro ano do ensino médio, da Escola Estadual Padre José Maria de Man declaro que fui informado dos objetivos e finalidades da pesquisa “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.” Li e entendi as informações. Tive oportunidade de fazer perguntas e tirar minhas dúvidas. Este formulário está sendo assinado voluntariamente por mim autorizando o adolescente pelo qual sou responsável, em participar do estudo até que eu decida o contrário, bem como autorizo a divulgação e publicação das informações que ele dará, exceto dos dados pessoais, em eventos e publicações científicas. Sendo assim, assino este documento, juntamente com o pesquisador, em duas vias de igual teor, ficando uma via sob minha responsabilidade e a outra via com o pesquisador.

Os questionários utilizados na pesquisa serão armazenados e posteriormente destruídos.

Para qualquer informação a respeito dessa pesquisa devo entrar em contato com a pesquisadora através do e-mail: crismriby@gmail.com.br ou telefone: (31) 98983-7712. Declaro estar ciente desse termo e concordo com o acima exposto.

Endereço do responsável pela pesquisa: Dra. Andrea Mara Macedo - Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Endereço: Av. Antônio Carlos, nº 6627 Bloco H4/SN. Bairro Pampulha, BH/MG CEP: 31270-901 Telefone p/contato: (31) 3409-2641

ATENÇÃO: em caso de dúvidas éticas e para informar ocorrências irregulares ou danosas durante sua participação neste estudo, dirija-se ao: Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais: Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha Belo Horizonte, MG - Brasil. Telefone: (31)3409-4592. E-mail: coep@prpq.ufmg.br

CRISTIANE MENDES RIBEIRO SIMÕES (pesquisadora) -

ANDREA MARA MACEDO (orientadora)

PARTICIPANTE-

RESPONSÁVEL -

(o documento segue em duas vias, poderá ser impresso e guardado pelo responsável)

TCLE – Estudante do Ensino Médio Maior de Idade

Prezado (a) estudante do ensino médio da rede pública de ensino do estado de Minas Gerais. Você está sendo convidado (a) a participar do estudo “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.”.

Esta etapa da pesquisa tem por objetivo verificar a capacidade dos alunos detectarem erros e imprecisões no conteúdo de biologia molecular contido nos livros didático de biologia adotados na rede pública de Minas Gerais. Para isso, serão utilizados questionários on-line e/ou escritos, eles são considerados seguro, mas é possível ocorrer constrangimento por responder incorretamente, para que isto não aconteça, não será necessário que você se identifique nos questionários. Espera-se que os resultados do trabalho proporcionem dados para planejar e confeccionar uma cartilha eletrônica, com o objetivo de alertar os docentes sobre estes erros e imprecisões de conceitos, bem como sugerir atividades investigativas para trabalhar o conteúdo de forma correta e atrativa com os alunos do ensino médio. Salientamos que sua identidade será resguardada com o intuito de minimizar qualquer possível constrangimento ao participar da pesquisa. Vale informar que o projeto de pesquisa já foi submetido e aprovado pelo COEP (PARECER N°3.615.429).

Agradecemos a sua atenção e a disponibilidade de contribuir com essa pesquisa.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____
declaro que fui informado dos objetivos e finalidades da pesquisa “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.” Li e entendi as informações. Tive oportunidade de fazer perguntas e tirar minhas dúvidas. Este formulário está sendo assinado voluntariamente por mim e concordo em participar do estudo até que eu decida o contrário, bem como autorizo a divulgação e publicação das informações que dei, exceto os meus dados pessoais, em eventos e publicações científicas. Sendo assim, assino este documento, juntamente com o pesquisador, em duas vias de igual teor, ficando uma via sob minha responsabilidade e a outra via com o pesquisador.

Os questionários serão armazenados e posteriormente destruídos.

Para qualquer informação a respeito dessa pesquisa devo entrar em contato com a pesquisadora através do e-mail: crismriby@gmail.com.br. Declaro estar ciente desse termo e concordo com o acima exposto.

Endereço do responsável pela pesquisa: Dra. Andréa Mara Macedo - Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Endereço: Av. Antônio Carlos, n°

6627 Bloco H4/SN. Bairro Pampulha, BH/MG CEP: 31270-901 Telefone p/contato: (31) 3409-2641

ATENÇÃO: em caso de dúvidas éticas e para informar ocorrências irregulares ou danosas durante sua participação neste estudo, dirija-se ao: Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais: Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha Belo Horizonte, MG - Brasil. Telefone: (31)3409-4592. E-mail: coep@prpq.ufmg.br

CRISTIANE MENDES RIBEIRO SIMÕES (pesquisadora) _____

ANDREA MARA MACEDO (orientadora) _____

PARTICIPANTE _____

(o documento segue em duas vias, poderá ser impresso e guardado pelo participante)

TCLE – Estudante da graduação em ciências biológicas

Prezado (a) estudante de graduação em ciências biológicas da Universidade Federal do estado de Minas Gerais. Você está sendo convidado (a) a participar do estudo “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais”.

Esta etapa da pesquisa tem por objetivo verificar a capacidade dos estudantes detectarem erros e imprecisões no conteúdo de biologia molecular contido nos livros didáticos de biologia adotados na rede pública de Minas Gerais. Para isso, serão utilizados questionários on-line e/ou escritos, eles são considerados seguro, mas é possível ocorrer constrangimento por responder incorretamente, para que isto não aconteça, não será necessário que você se identifique nos questionários. Espera-se que os resultados do trabalho proporcionem dados para planejar e confeccionar uma cartilha eletrônica, com o objetivo de alertar os docentes sobre estes erros e imprecisões de conceitos, bem como sugerir atividades investigativas para trabalhar o conteúdo de forma correta e atrativa com os alunos do ensino médio. Salientamos que sua identidade será resguardada com o intuito de minimizar qualquer possível constrangimento ao participar da pesquisa.

Vale informar que o projeto de pesquisa já foi submetido e aprovado pelo COEP (PARECER N°3.615.429).

Agradecemos a sua atenção e a disponibilidade de contribuir com essa pesquisa.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____
 declaro que fui informado dos objetivos e finalidades da pesquisa “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.” Li e entendi as informações. Tive oportunidade de fazer perguntas e tirar minhas dúvidas. Este

formulário está sendo assinado voluntariamente por mim e concordo em participar do estudo até que eu decida o contrário, bem como autorizo a divulgação e publicação das informações que dei, exceto os meus dados pessoais, em eventos e publicações científicas. Sendo assim, assino este documento, juntamente com o pesquisador, em duas vias de igual teor, ficando uma via sob minha responsabilidade e a outra via com o pesquisador.

Os questionários serão armazenados e posteriormente destruídos.

Para qualquer informação a respeito dessa pesquisa devo entrar em contato com a pesquisadora através do e-mail: crismriby@gmail.com.br. Declaro estar ciente desse termo e concordo com o acima exposto.

Endereço do responsável pela pesquisa: Dra. Andréa Mara Macedo - Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Endereço: Av. Antônio Carlos, nº 6627 Bloco H4/SN. Bairro Pampulha, BH/MG CEP: 31270-901 Telefone p/contato: (31) 3409-2641

ATENÇÃO: em caso de dúvidas éticas e para informar ocorrências irregulares ou danosas durante sua participação neste estudo, dirija-se ao: Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais: Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha Belo Horizonte, MG - Brasil. Telefone: (31)3409-4592. E-mail: coep@prpq.ufmg.br

CRISTIANE MENDES RIBEIRO SIMÕES (pesquisadora) _____

ANDREA MARA MACEDO (orientadora) _____

PARTICIPANTE _____

(o documento segue em duas vias, poderá ser impresso e guardado pelo participante)

TCLE – Professor de Biologia

Prezado (a) colega do Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO e demais professores de Biologia da rede pública do Estado de Minas Gerais. Você está sendo convidado(a) a participar do estudo “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.”.

Esta etapa da pesquisa tem por objetivo verificar a capacidade dos professores detectarem erros e imprecisões no conteúdo de biologia molecular contido nos livros didático de biologia adotados na rede pública de Minas Gerais e os principais critérios utilizados na escolha do livro didático pelos professores de biologia da rede pública de Minas Gerais. Para isso, serão utilizados questionários on-line e/ou escritos, eles são considerados seguro, mas é possível ocorrer constrangimento por responder incorretamente, para que isto não aconteça, não será necessário que você se identifique nos questionários. Espera-se que os resultados do trabalho proporcionem dados para planejar e confeccionar uma cartilha eletrônica, com o objetivo de alertar os docentes

sobre estes erros e imprecisões de conceitos, bem como sugerir atividades investigativas para trabalhar o conteúdo de forma correta e atrativa com os alunos do ensino médio. Salientamos que qualquer constrangimento que a participação poderá provocar será minimizado, pois sua identidade será resguardada.

Vale informar que o projeto de pesquisa já foi submetido e aprovado pelo COEP (PARECER N°3.615.429).

Agradecemos a sua atenção e a disponibilidade de contribuir com essa pesquisa.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____
 declaro que fui informado dos objetivos e finalidades da pesquisa “Livro didático: uma análise crítica no conteúdo de biologia molecular contido em livros de biologia utilizados no ensino médio da rede pública de Minas Gerais.” Li e entendi as informações. Tive oportunidade de fazer perguntas e tirar minhas dúvidas. Este formulário está sendo assinado voluntariamente por mim e concordo em participar do estudo até que eu decida o contrário, bem como autorizo a divulgação e publicação das informações que dei, exceto os meus dados pessoais, em eventos e publicações científicas. Sendo assim, assino este documento, juntamente com o pesquisador, em duas vias de igual teor, ficando uma via sob minha responsabilidade e a outra via com o pesquisador.

Os questionários utilizados na pesquisa serão armazenados e posteriormente destruídos.

Para qualquer informação a respeito dessa pesquisa devo entrar em contato com a pesquisadora através do e-mail: crismriby@gmail.com.br ou telefone: (31) 98983-7712. Declaro estar ciente desse termo e concordo com o acima exposto.

Endereço do responsável pela pesquisa: Dra. Andrea Mara Macedo - Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Endereço: Av. Antônio Carlos, nº 6627 Bloco H4/SN. Bairro Pampulha, BH/MG CEP: 31270-901 Telefone p/contato: (31) 3409-2641

ATENÇÃO: em caso de dúvidas éticas e para informar ocorrências irregulares ou danosas durante sua participação neste estudo, dirija-se ao: Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais: Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005. Campus Pampulha Belo Horizonte, MG - Brasil. Telefone: (31)3409-4592. E-mail: coep@prpq.ufmg.br

CRISTIANE MENDES RIBEIRO SIMÕES (pesquisadora) _____

ANDREA MARA MACEDO (orientadora) _____

PARTICIPANTE _____

(o documento segue em duas vias, poderá ser impresso e guardado pelo participante)

DESVENDANDO A BIOLOGIA MOLECULAR NO ENSINO MÉDIO



Cristiane M. R. Simões
Andréa M. Macedo

Desvendando a Biologia Molecular para o ensino médio

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

ICB – Instituto de Ciências Biológicas

PROFBIO – Mestrado Profissional em Ensino de Biologia

Coordenadora Geral – Cleida Aparecida de Oliveira

Coordenadora Local – Tânia Mara Segatteli

Autoras – Cristiane Mendes Ribeiro Simões (Mestranda) e Andréa Mara Macedo (Orientadora)

Ilustrações e diagramação – Bruno Macedo Pereira

Apoio financeiro - CAPES

1ª Edição 2019

1. A quem se destina esta cartilha?
2. O que a Biologia Molecular estuda?
3. Por que ensinar Biologia Molecular no ensino médio?
4. A polaridade das moléculas de DNA e RNA
5. Principais equívocos conceituais encontrados em livros didáticos do ensino médio
6. Replicando o DNA: os fragmentos de Okasaki
7. Transcrevendo o RNA a partir do DNA
8. O processamento do RNAm: removendo íntrons, Unindo éxons
9. Traduzindo a informação genética para proteínas
10. Sugestões de atividades complementares
11. Tabela do código genético
12. Referências bibliográficas

1. A quem se destina esta cartilha?

Esta cartilha foi elaborada para professores e estudantes do ensino médio das redes pública e privada do país. Ela não pretende fazer uma revisão ampla do conteúdo de Biologia Molecular para o ensino médio, mas tem como objetivo contribuir para a aquisição de conhecimentos nesse campo, alertando os leitores para os principais equívocos de conceitos encontrados nos livros didáticos destinados ao público-alvo.

Exercícios e atividades lúdicas e investigativas são ainda sugeridos ao final, buscando-se tornar o ensino-aprendizagem da Biologia Molecular mais assertivo, interativo e divertido.

Deleitem-se!

2. O que a Biologia Molecular estuda?

A Biologia Molecular é um campo de estudos especial derivado da Bioquímica e da Genética. Seu foco, é o estudo das bases moleculares da estrutura e função do DNA, RNA e das proteínas, bem como de suas interações, da regulação dessas interações e de suas manipulações biotecnológicas.

A Biologia Molecular surge formalmente em meados do século XX, com a revelação por James Watson e Francis Crick da estrutura de dupla hélice do DNA, mas suas bases nascem pelo menos 100 anos antes, com a descoberta de que o ácido nucleico era a verdadeira molécula da informação genética.

Um Dogma Central da Biologia Molecular, foi postulado F. Crick em 1958, estabelecendo a direção do fluxo da informação genética nas células. Segundo esse dogma, o fluxo seria sempre no sentido **DNA → RNA → PROTEÍNAS**, e nunca ao contrário. Esse modelo, todavia, foi sendo progressivamente complementado, com a descoberta de enzimas que permite a replicação do RNA e sua transcrição reversa para DNA.

Fluxo da informação genética

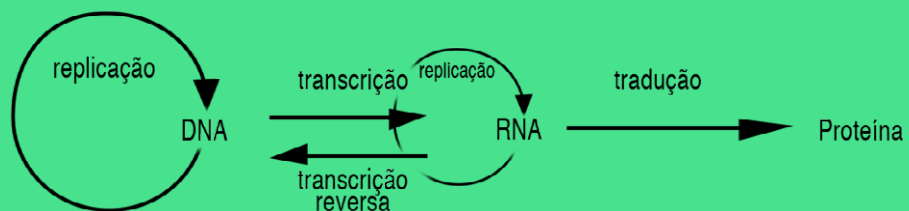


Ilustração Philip / via Wikimedia Commons [modificado]

3. Por que ensinar Biologia Molecular no ensino médio?

A Biologia Molecular constitui a base para a compreensão da Genética Moderna, que também é um conteúdo abordado no ensino médio. Ademais, com o acesso à informação cada vez maior, conteúdos de Biologia Molecular, como clonagens, alimentos transgênicos, vacinas recombinantes, testes de DNA, projeto genoma, dentre outros, passaram a fazer parte do cotidiano dos estudantes.

Todavia, os livros didáticos, comumente utilizados no ensino médio, apresentam equívocos im-

portantes no conteúdo de Biologia Molecular, que muitas vezes confundem os professores e dificultam o correto aprendizado pelos estudantes. Com a disponibilização de um material de consulta mais adequado, os estudantes terão a possibilidade de compreender melhor e analisar, de forma autônoma e crítica, as informações e notícias relacionadas à Biologia Molecular.

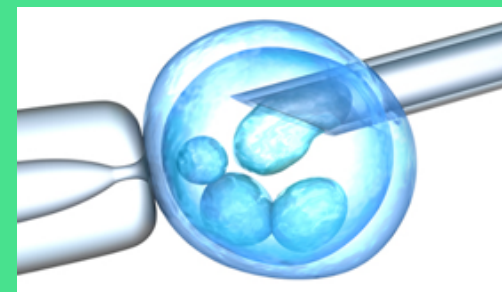


Ilustração <https://s1.static.brasescola.uol.com.br/be/conteudo/images/673336af250517a4ae5c58f8af6d970b8.jpg>

O ESTADO DE S. PAULO

QUINTA-FEIRA 6 DE SETEMBRO DE 2012 | Vida A19

Estudos revelam riqueza genética no 'DNA lixo'

Resultados de um megaprojeto sugerem que 80% do genoma humano têm função operacional – muito mais do que se pensava

Herton Eacobar

Onze anos atrás, quando o primeiro rascunho de sequenciamento do genoma humano foi publicado, uma das maiores surpresas foi constatar que apenas 2% das 3 bilhões de "letras" químicas que compõem correspondem a genes propriamente ditos – sequências chamadas "codificadoras", que carregam as instruções genéticas necessárias para a síntese de proteínas. Os outros 98% foram apelidados de "DNA lixo", por não ter função conhecida no organismo. Um apelido que sempre incomodou muita gente.

Agora, mais de uma década de ciência depois, chega a redefinição. Mais de 30 trabalhos publicados simultaneamente em quatro revistas científicas de peso, incluindo *Nature* e *Science*, descurtam em definitivo o apelido

evidências acumuladas ao longo dos anos de que o "DNA lixo", na verdade, não é lixo coisa nenhuma. Os resultados, oriundos do projeto Enciclopédia de Elementos de DNA (Encode, na abreviação em inglês, que significa "codificar"), indicam que mais de 80% do genoma humano têm algum tipo de função bioquímica operacional.

"Eu diria que o termo DNA lixo pode ser definitivamente jogado no lixo", diz a geneticista Mariana Zatz, coordenadora do Centro de Estudos do Genoma Humano da Universidade de São Paulo (USP).

Dentro do que se chama de lixo, os pesquisadores do Encode encontraram uma riqueza milionária de sequências chamadas reguladoras, que não codificam proteínas diretamente, mas integram de alguma forma o funcionamento dos genes. Al-

guns estudos sugerem que essas regiões reguladoras podem ser tão relevantes clinicamente quanto mutações nos genes.

Perspectivas. Os resultados acrescentam uma nova camada de complexidade ao estudo do genoma humano e mostram que é preciso bem mais do que uma sequência de letras para entender como ele funciona. E que os genes são apenas parte de uma história que pode ser contada de diversas maneiras, dependendo de como o genoma é lido. Mariana prevê que os dados abrirão muitas perspectivas de tratamento, apontando para novos alvos genéticos fora das regiões codificadoras e melhorando o entendimento de como o genoma funciona de uma forma geral.

Uma das áreas médicas que certamente tirará proveito dos dados é a oncologia, na qual a relação entre genética e fisiologia se dá de forma mais acentuada. Dica ressaltada, porém, que os dados não têm aplicação imediata na medicina. Assim como foi o caso com o sequenciamento do genoma humano, os resultados do Encode servem como uma plataforma de conhecimento básico, sobre a qual novas pesquisas poderão ser conduzidas com finalidades mais aplicadas. Algo que levará tempo.

"É uma quantidade imensa de informações. Vai demorar um pouco para darmos sentido prático a tudo isso", diz a pesquisadora "Tereza de Freitas" de seu trabalho em seu artigo. Segundo uma reportagem que acompanha o trabalho na revista *Nature*, se todas as sequências

COMPLEXIDADE BÁSICA

• O genoma pode ser escrito como uma sequência de 3 bilhões de letras A, T, C e G. Porém, isso é apenas uma parte da história, cuja leitura depende de uma série de fatores bioquímicos e até estruturais

- 1 Cromossomos**
É como um novelo de DNA em forma de bastão: cada célula humana tem 23 pares
- 2 Cromatina**
Uma "fibrilha" compacta de DNA e proteínas que se enrola para formar os cromossomos
- 3 Nucleossomos**
"Esferas" de proteínas, chamadas histonas, na qual o DNA se enrola para ser empacotado
- 4 Dupla hélice**
A estrutura elementar do DNA, formada por duas fitas complementares de bases nitrogenadas
- 5 Genes**
São as sequências de DNA que codificam proteínas (apenas 2% do genoma todo)
- 6 Regiões não gênicas**
Sequências que não codificam proteínas (98% do genoma)

4. A polaridade das moléculas de DNA e RNA

Uma das características importantes do DNA e RNA é que essas moléculas apresentam polaridade determinadas pela assimetria dos resíduos de açúcar desoxirribose ou ribose em suas estruturas.

Considerando-se ambas as extremidades de uma única fita de DNA ou RNA, o grupo fosfato ligado ao carbono 5 do primeiro resíduo de açúcar está livre, determinando-se, assim, a extremidade 5' da fita. Por outro lado, na extremidade oposta desta mesma fita, o grupo hidroxila ligado ao carbono 3 do último resíduo de açúcar é que apresenta-se livre, caracterizando-se assim a extremidade 3' da fita.

Assim, moléculas de ácidos nucleicos de fita simples, possuem uma única extremidade 5' e uma única extremidade 3'. Todavia, nas moléculas de fita dupla, cada uma das fitas se orienta de forma antiparalela em relação à outra. Dessa forma, o primeiro nucleotídeo da extremidade 5' de uma das fitas de DNA, por exemplo, pareia-se com o último nucleotídeo da extremidade 3' da fita complementar a ela, e vice-versa.

Vale a pena ressaltar que, embora na maior parte dos organismos, as moléculas de DNA são de fita dupla e as moléculas de RNA são de fita simples, existem alguns vírus que possuem DNA fita simples e outros que possuem RNA fita dupla.

Estrutura do RNA e DNA

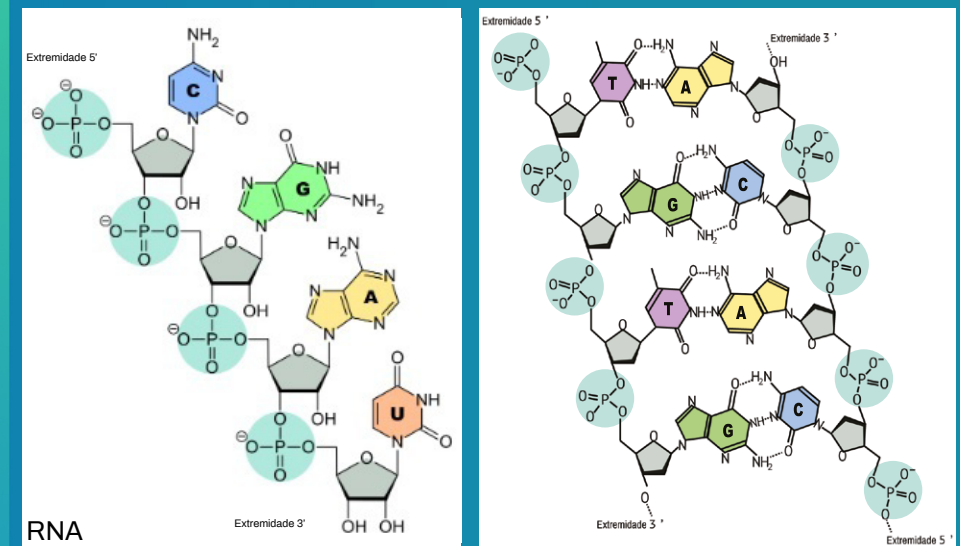


Ilustração de Bruno Macedo a partir do site <https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-ca54ba9296344bdc3a212525ba55129d.webp> (modificado)

5. Principais equívocos conceituais encontrados em livros didáticos do ensino médio

Dentre os equívocos detectados nos livros didáticos, os mais graves e recorrentes são exatamente aqueles relativos à polaridade das moléculas de DNA e RNA.

É importante ressaltar que, por convenção, deve-se sempre escrever as moléculas de DNA e RNA, na direção 5' → 3', visto que é neste sentido que ocorrem a replicação semiconservativa dos ácidos nucleicos, a transcrição do RNA a partir da fita molde do DNA, a transcrição reversa do DNA a partir da fita molde do RNA e a tradução do RNAm durante a síntese proteica.

Assim, por exemplo, se em uma fita de DNA a sequência de bases nitrogenadas é **TTACCTAATCCG**, a forma correta de se escrever a sequência de bases de sua fita complementar é **CGGATTAGGTAA** (ou seja 5' **CGGATTAGGTAA** 3') e não **AATGGATTAGGC** como frequentemente é encontrada nos livros didáticos. Lembre-se sempre que devemos escrever as sequências de ácidos nucleicos na direção de 5' → 3', a menos

que tenhamos as duas fitas pareadas.

DNA dupla fita

5'....TTACCTAATCCG....3'
3'....AATGGATTAGGC....5'

6. Replicando o DNA: os fragmentos de Okasaki

O processo de replicação do DNA é um processo complexo que depende de diferentes fatores para que possa ocorrer. Dentre esses fatores, a enzima helicase catalisa a quebra das ligações de hidrogênio entre os nucleotídeos pareados, provocando um processo gradativo de abertura das fitas de DNA. As proteínas ligadoras de fita simples, por sua vez, mantêm as duas fitas abertas durante a replicação. A enzima topoisomerase evita a formação de supertorções no DNA, catalisando o relaxamento da dupla hélice de DNA, à frente da forquilha de replicação. Para a síntese propriamente dita de DNA,

a DNA primase sintetiza os primers de RNA, a partir dos quais as DNA polimerases incorporam os novos nucleotídeos nas fitas nascentes do DNA, sempre no sentido 5'→3', e obedecendo o pareamento de timina com adenina e citosina com guanina, ou vice-versa. Ao final, as DNA polimerases removem os primers de RNA incorporados nas novas fitas de DNA e a DNA ligase une os fragmentos de Okasaki, pequenos fragmentos de DNA que são produzidos durante a replicação da fita descontínua de DNA.

Replicação de DNA

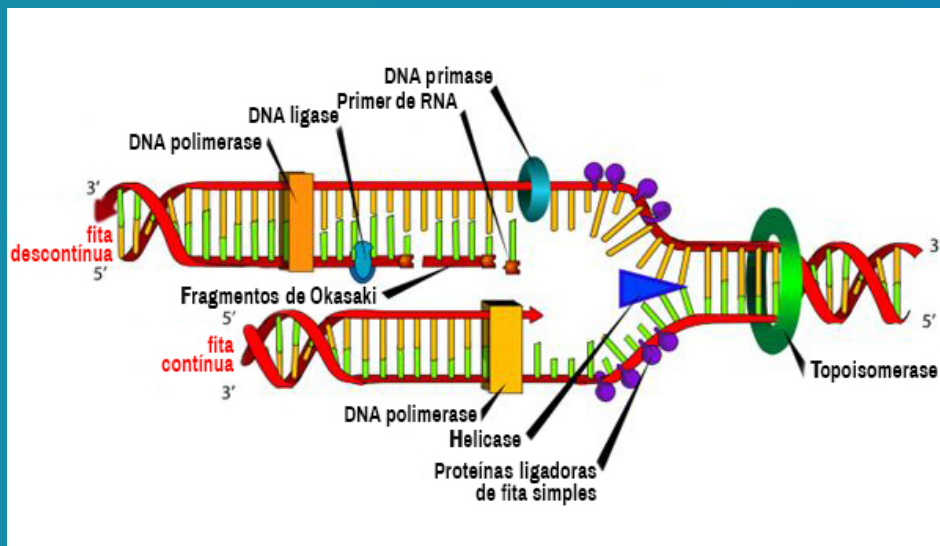


Ilustração modificada a partir do site https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/DNA_replication_en.svg/691px-DNA_replication_en.svg.png

7. Transcrevendo o RNA a partir do DNA

As regiões codificadoras do DNA (aquelas que contêm os genes) para se expressarem precisam ser transcritas em RNA. Esse processo, chamado de transcrição, assim como o da replicação do DNA, é um procedimento complexo, mediado por vários fatores e enzimas, sendo as RNA polimerases as mais importantes.

Para a transcrição, um trecho do DNA que contém o gene de interesse é selecionado por uma RNA polimerase, por meio de uma série de fatores de transcrição que reconhecem uma região chamada promotora, logo antes do gene que se quer transcrever. A RNA polimerase então catalisa a abertura da dupla fita de DNA no local, rompendo as ligações de hidrogênio que unem os nucleotídeos das duas fitas. No processo de transcrição, a fita que contém a sequência do gene que se quer transcrever é denominada de fita codificadora. Todavia, a fita complementar à fita codificadora, denominada de fita molde, é que será usada para sintetizar o RNA.

Portanto, se um fragmento da fita codificadora de um gene possuir a sequência **ATGCCGCAA**,

a fita molde terá a sequência **TTGCGGCAT** e o RNA transcrito a partir desta fita molde terá a sequência **AUGCCGCAA**, respeitando-se a convenção de se escrever as sequências de nucleotídeos sempre no sentido 5' → 3'. Observe que dessa forma, a **sequência do RNA transcrito é complementar à sequência da fita molde e igual à sequência da fita codificadora, com exceção de que, no lugar de timina na fita codificadora de DNA, tem-se uracila no RNA.**

Em tempo: vale ressaltar que, não existe uma fita que seja codificadora para todos os genes. Assim, uma mesma fita pode ser codificadora para um gene e fita molde para outro gene.

Transcrição do RNA

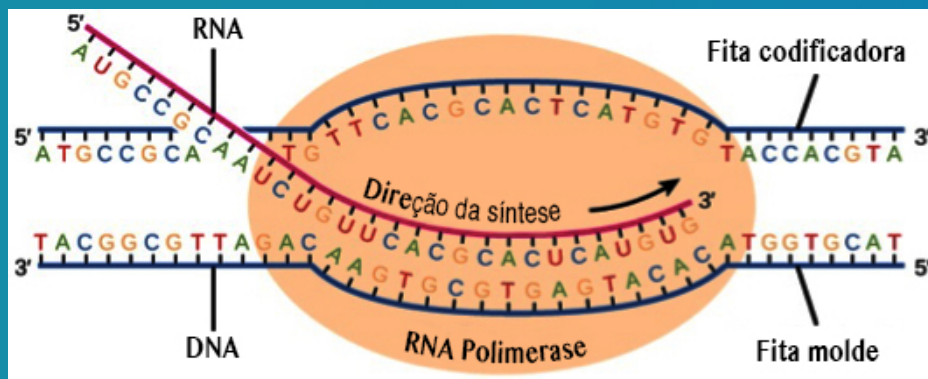


Ilustração modificada a partir do site https://s3-us-west-2.amazonaws.com/courses-images/wp-content/uploads/sites/1094/2016/11/03164619/OSC_Microbio_11_03_TxnElong.jpg

8. O processamento do RNAm: removendo íntrons, unindo éxons

Nas células eucariotas, os RNAs são transcritos no núcleo e precisam ser translocados para o citosol, onde são majoritariamente utilizados. Todavia, os RNAs não “nascem” na forma pronta para o seu uso. Ao contrário, eles são transcritos em moléculas bem maiores, denominadas de transcritos primários, que precisam ser processadas antes de deixarem o núcleo.

O processamento do RNAm, por exemplo, cliva e retira algumas partes da sequência do transcrito primário, denominadas de íntrons, que não codificam proteínas, e une as partes codificadoras, denominadas de éxons, que são ligadas umas as outras para produzir o RNAm maduro.

Curiosamente, este processo é catalisado por riboenzimas que são RNAs com função catalítica. Apenas RNAm maduros, ou seja processados corretamente, deixam o núcleo.

Processamento do RNA

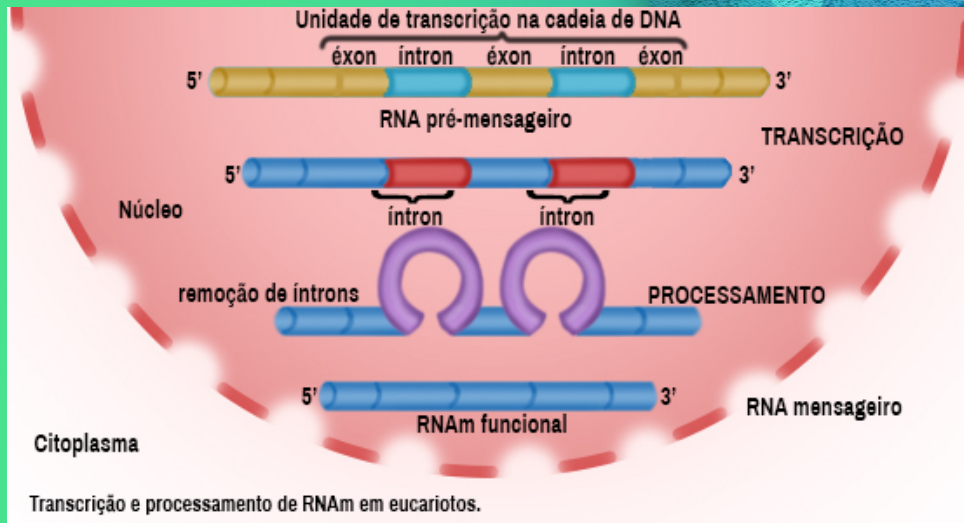


Ilustração modificada a partir do site <https://image3.slideserve.com/6147572/processamento-do-rna-eucariontes-l.jpg>

9. Traduzindo a informação genética para proteínas

Para uma parte dos genes, os produtos da expressão gênica são proteínas e não RNAs. Nesses casos, o RNAm maduro, resultante do processo de transcrição do gene, é utilizado como molde para a síntese da proteína correspondente. Esse processo é denominado de tradução, pois significa que a linguagem de nucleotídeos é traduzida para uma outra linguagem, a de aminoácidos.

Assim como nos processos de replicação do DNA e de transcrição do RNA, o processo de tradução também envolve um grande número de fatores e enzimas específicas que não serão abordados nesta cartilha.

O RNAm maduro é traduzido nos ribossomos, na direção $5' \rightarrow 3'$, a partir do códon de iniciação AUG. Cada códon (sequência de três 3 nucleotídeos) será lido sequencialmente por um anticódon presente em um RNAt específico, que carrega o aminoácido equivalente ao códon do RNAm. À medida que o RNAm vai sendo traduzido, os aminoácidos vão sendo ligados uns aos outros, até que se chegue a um códon de terminação da tradução

(UAA, UAG ou UGA), quando então a proteína sintetizada é liberada.

É importante ressaltar, que os códons do RNAm pareiam com os anticódons do RNAt da mesma forma que qualquer molécula dupla de ácido nucleico o faz, ou seja, o pareamento dos nucleotídeos nas duas moléculas é antiparalelo e estabilizado por ligações de hidrogênio. Ademais, **tanto os códons quanto os anticódons devem ser também escritos na direção 5' → 3'**. Assim, por exemplo, o códon UCA (ou seja 5' UCA 3') no RNAm será traduzido pelo anticódon UGA (ou seja 5' UGA 3') presente no RNAt, que carrega o aminoácido serina, e não pelo anticódon AGU (ou seja 5' AGU 3') que carrega o aminoácido treonina.

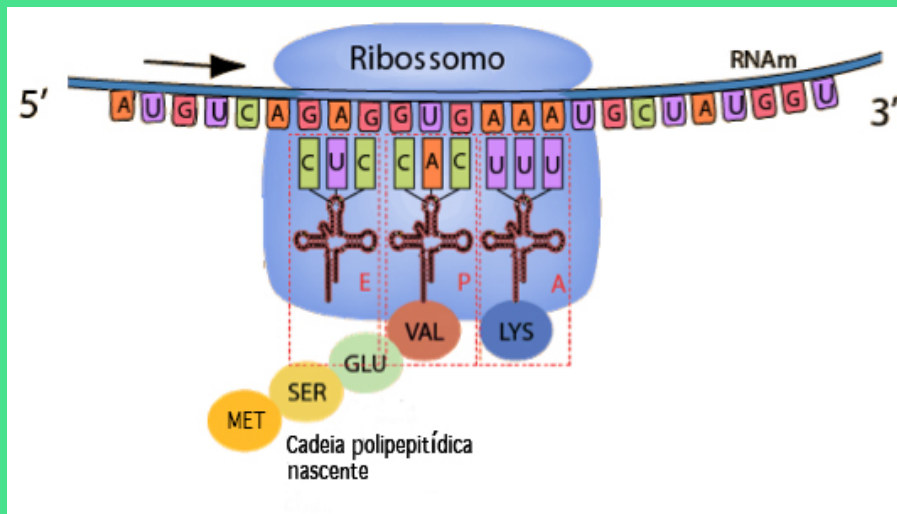


Ilustração: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/organic/imgorg/translation2.gif> (modificada)

10. Sugestões de atividades complementares

10.1 Exercício resolvido

Objetivo desta atividade é trabalhar o fluxo da informação, fixando a escrita correta da polaridade dos ácidos nucleicos.

Considere a sequência de bases nitrogenadas abaixo de uma fita codificadora em um gene hipotético:

ATGGCTGAAATTCTGTTTTGA

Tendo por base o código genético, determine:

- a sequência da fita molde dessa molécula de DNA;
- a sequência do RNAm transcrito a partir dessa molécula de DNA.
- a sequência de aminoácidos do peptídeo codificado por esse gene.

RESOLUÇÃO

- Considerando que as sequências de ácidos nucleicos são escritas sempre no sentido 5' → 3', a sequência da fita molde será:

5' TCAAACAGAATTCAGCCAT 3'

- b) Considerando que as sequências de ácidos nucleicos são escritas sempre no sentido 5' → 3', a sequência do RNAm transcrito a partir da fita molde de DNA será:

5' AUGGCUGAAUUCUGUUUGA 3'

Observe que o RNAm será complementar à fita molde de DNA, mas igual à fita codificadora de DNA, trocando apenas os resíduos de timina por uracila.

- c) Considerando que as sequências de aminoácidos em uma proteína são escritas sempre no sentido aminoterminal para carboxiterminal, a sequência do RNAm transcrito, a partir dos códons presentes no RNAm, será:

Met – Ala – Glu – Ileu – Leu – Phe

10.2 Confeção de modelos de DNA criativos

Objetivo desta atividade é possibilitar, de forma lúdica, a reprodução da molécula de DNA, propiciando a observação dos elementos que definem a estrutura espacial do DNA dupla fita.

Esta atividade pode ser aplicada após a aula introdutória sobre a estrutura da molécula de DNA, utilizando materiais diversos, tais como arame, canudinhos, bolinhas de isopor, limpador de cachimbo, mirtilo ou balas. Os alunos são organizados em grupos e, utilizando a criatividade, montam a molécula de DNA.



10.3 Extração de DNA

Os objetivos desta atividade são demonstrar que os vegetais também possuem DNA e como se dá o procedimento de extração desta molécula, possibilitando a visualização de agregados de filamentos de DNA.

Trata-se de uma prática bem simples que pode ser realizada em qualquer espaço na escola.

Sugestão de site para consulta: <https://youtu.be/vO50-ZRQtuY>; <https://youtu.be/M1QO1igIT5o>

MATERIAL

Um vegetal de escolha dos alunos (ex.: morango, kiwi, banana, maçã, cebola)

Álcool 70° ou absoluto gelado

Uma colher de sopa de detergente neutro

Uma colher de chá de sal

Meio copo de água

Um cadinho com pistilo ou sacola de plástico grosso

Dois recipientes (copos) transparentes

Uma garrafa PET cortada para servir como funil

Um filtro de coar café

PROCEDIMENTO

1. Misture em um recipiente a água, o detergente e o sal até se dissolverem completamente.
2. Amasse um pedaço do vegetal escolhido no cadinho ou dentro do saco plástico.
3. Transfira o macerado para o recipiente contendo a mistura do detergente e o sal, misture gentilmente.
4. Transfira a mistura para outro recipiente transparente, usando um funil com o filtro de papel.
5. À essa mistura, acrescente o álcool gelado, vagarosamente, escorrendo-o pelas paredes do recipiente.
6. Agite devagar o recipiente, com movimentos circulares.

7. O DNA irá aparecer em aglomerados, na forma de filamentos brancos, similares a fios de algodão.



10.4 Animação da tradução do RNA

Objetivos desta atividade são conhecer o processo da síntese protéica; reconhecer os tipos e função dos RNAs.

Esta atividade deverá ser realizada em grupos e os modelos em papel a serem utilizados podem ser obtidos no site:

http://www.lec.ufpr.br/fdg/downloads/DAG_2017/Plano_02_Simulando_A_Sintese_Proteica.pdf.

O professor irá entregar os modelos reproduzidos em papel e os alunos irão colori-los, recortá-los e utilizá-los para fazer uma “síntese de proteínas”, com o auxílio da tabela de códons. Para tornar o processo de tradução ainda mais dinâmico, os alunos poderão filmar o procedimento, usando câmaras de celulares, fazendo uma animação da síntese da proteína.



10.5 Vídeos do YouTube

Algumas animações disponíveis no canal do YouTube relacionados à replicação do DNA, transcrição do RNA e tradução de proteínas, auxiliam no estudo do conteúdo de Biologia Molecular. Em geral, são animações curtas, mas suficientemente detalhadas, o que favorece o aprendizado e o interesse dos estudantes pelo assunto.

Seguem algumas sugestões de Links:

<https://www.youtube.com/watch?v=TNKWgcFPHqw>

<https://www.youtube.com/watch?v=2BwWavExcFI&t=78s>

11 Tabela do código genético.

<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/figuras/Citologia2/codons.JPG>

		Segunda Base				
		U	C	A	G	
Primeira Base 5'	U	UUU } Fenil-alanina UUC } UUA } Leucina UUG }	UCU } UCC } Serina UCA } UCG }	UAU } Tirosina UAC } UAA } Stop codon UAG } Stop codon	UGU } Cysteine UGC } UGA } Stop codon UGG } Tryptophan	Terceira Base 3' U C A G
	C	CUU } CUC } Leucina CUA } CUG }	CCU } CCC } Prolina CCA } CCG }	CAU } Histidina CAC } CAA } Glutamina CAG }	CGU } CGC } Arginina CGA } CGG }	
	A	AUU } AUC } Isoleucina AUA } AUG } Metionina start codon	ACU } ACC } Treonina ACA } ACG }	AAU } Asparagina AAC } AAA } Lisina AAG }	AGU } Serina AGC } AGA } Arginina AGG }	
	G	GUU } GUC } Valina GUA } GUG }	GCU } GCC } Alanina GCA } GCG }	GAU } Ácido Aspártico GAC } GAA } Ácido Glutâmico GAG }	GGU } GGC } Glicina GGA } GGG }	

12 Referências bibliográficas

Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Morgan, D.; Raff, M.; Roberts, K., Walter, P.. Molecular Biology of the Cell. Sixth Edition. Garland Science, 2017.

Watson, J; Baker, T; Bell, S.; Gann, A.; Levine, M; Losick, R.. Biologia Molecular do Gene. Sétima edição. Artmed, 2015.

