

UNIVERSIDADE SANTO AMARO

Ciências Biológicas

Paulo Roberto Monteiro de Brito

**Biologia Molecular – Uma revisão básica com enfoque em genética
para o Ensino Médio brasileiro.**

São Paulo

2021

Paulo Roberto Monteiro de Brito

**Biologia Molecular – Uma revisão básica com enfoque em genética
para o Ensino Médio brasileiro.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme José da Costa Silva

São Paulo

2021

Paulo Roberto Monteiro de Brito

**Biologia Molecular – Uma revisão básica com enfoque em genética
para o Ensino Médio brasileiro.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da
Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título
Licenciatura em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme José da Costa Silva

Banca Examinadora

Prof. Dr. Guilherme Jose da Costa Silva

Orientador

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Conceito Final:

Dedico esse trabalho às mulheres da minha vida: Mãe, Irmã, Sobrinha, Madrinha e Noiva por terem me educado, me amado e por terem acreditado em mim.

Dedico esse trabalho também ao meu grande amigo, Jorge Luís G. Freires que sempre estará presente nas minhas memórias e no meu coração.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, que me deram muito apoio durante esta trajetória, além de acreditarem que tudo tem um tempo certo para acontecer. À minha noiva, Mayara Galdino Freitas, que sempre acreditou no meu potencial e que esteve ao meu lado nos momentos mais importantes. Ao meu orientador, Prof. Dr. Guilherme Jose da Costa Silva, que de forma excelente, me deu todo o suporte necessário durante os trabalhos realizados em equipe, e que sempre acreditou que as coisas iriam dar certo. Aos meus amigos, Jonatas Lima, Bruna Mika e demais que sempre se manteve por perto. À Universidade Santo Amaro (UNISA), pela estrutura oferecida durante o período da graduação. Aos colegas que participaram, de alguma forma, na realização deste trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

A curiosidade sempre levou a espécie humana a buscar as respostas que precisavam diante dos mistérios da vida. E com a genética não é diferente. Há muitos anos, diversos estudiosos buscaram desvendar as lacunas a respeito do material genético e no século XXI, finalmente aprendemos a manipular os genes de acordo com os nossos interesses. As instituições de ensino passaram a atualizar seus livros para que os alunos pudessem acompanhar o desenvolvimento científico que avança de forma bastante acelerada. Mas, diante desse cenário de grandes descobertas, os conceitos de gene vêm sofrendo alterações desde o período de Mendel. Pensando nisso, esse trabalho tem como objetivo revisar os conteúdos de biologia molecular, focando na área da genética, discutidos em três livros didáticos do Ensino Médio brasileiro. Para isso, apoiamos nos conteúdos de artigos científicos, livros e plataformas virtuais como Scielo, Google Scholar e Biblioteca virtual de outras universidades brasileiras para realizar a avaliação com maior acurácia, destacando os principais pontos positivos e negativos sobre os temas. O resultado demonstrou que os três livros apresentaram características que variam entre bom e excelente, uma vez que o tema escolhido é abordado de forma semelhante, diferenciando-se na abordagem mais aprofundada em um ou outro tema, figuras ou exercícios, mas que não deixam de contribuir para o desenvolvimento dos alunos. Demonstrando uma excelente ferramenta de estudo para os alunos do Ensino Médio brasileiro.

Palavras-chave: Biologia Molecular. Genética. DNA. Genoma Humano. Cromossomos.

ABSTRACT

Curiosity has always led the human species to seek the answers they needed to face the mysteries of life. And genetics it's not different. For many years, several scholars have sought to unravel the gaps regarding genetic material and in the 21st century, we have finally learned to manipulate genes according to our interests. Educational institutions started to update their books so that students could follow the scientific development that is advancing at a very fast pace. But, against this backdrop of great discoveries, gene concepts have been undergoing changes since the Mendel period. With this in mind, this work aims to review the contents of molecular biology, focusing on the area of genetics, discussed in three Brazilian high school textbooks. For this, we support the content of scientific articles, books and virtual platforms such as Scielo, Google Scholar and Virtual Library from other Brazilian universities to carry out the assessment with greater accuracy, highlighting the main positive and negative points about the themes. The result showed that the three books had characteristics ranging from good to excellent, since the chosen topic is approached in a similar way, differing in a more in-depth approach to one or another topic, figures or exercises, but which do not fail to contribute to the development of students. Demonstrating an excellent study tool for Brazilian high school students.

Keywords: Molecular Biology. Genetics. DNA. Human Genome. Chromosomes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO : GENE - CONCEITO E SUAS CONTROVERSAS	1
1.1 <i>Splincing</i> alternativo	2
2 A DESCOBERTA DO GENE: A EVOLUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E REAÇÕES QUÍMICAS QUE PERMITIRAM A OBSERVAÇÃO DAS SUAS ESTRUTURAS.	2
2.1 A descoberta do DNA.....	3
2.2 A importância do DNA nas análises genéticas	3
3 ANÁLISE GENÉTICA – METODOLOGIA	4
3.1 Extração do DNA	4
3.2 Análise genômica	5
4 DIFERENÇAS ENTRE DNA'S DE CÉLULAS EUKARIÓTIAS E PROCARIÓTIAS.	5
5 A FUNÇÃO DO GENE E O QUE SE SABE SOBRE OS GENES NÃO CODIFICANTES.	6
6 MANIPULAÇÃO DO GENE E SEUS DIVERSOS FINS.	8
7 OBJETIVO	9
8 METODOLOGIA	10
8.1 Materiais e Métodos	10
8.2 Módulos, Unidades, Capítulos e Páginas analisados em cada livro didático.....	12
9 - RESULTADOS	13
9.1 – Livro 1	13
9.2 – Livro 2.....	17
9.3 Livro 3.....	20
10 ANÁLISE DOS LIVROS	21
10.1 Conteúdos abordados.....	21
10.2 Figuras, tabelas e gráficos.	22
10.3 Abordagem do tema: Biologia Molecular.	22
11 PLANO DE AULA	23
11.1 Dados de identificação	23
11.2 Duração.....	23
11.3 Ementa	23
11.4 Objetivo geral	24
11.5 Objetivos Específicos	24
11.6 Conteúdo	24
11.7 Metodologia	24

11.8 Avaliação	24
11.9 Referências	24
12 – CONCLUSÃO	29
Referencias	30

1 INTRODUÇÃO: GENE - CONCEITO E SUAS CONTROVERSAS

De tempos em tempos o conceito de gene vem sendo questionado por vários pesquisadores conforme ocorre o avanço dos estudos em genética, biologia molecular, genômica e proteômica ¹. Ao passo que os estudos sobre o tema se aprofundam e que a cada nova informação descoberta e relevante dessa macromolécula, surge a necessidade de reavaliar o seu conceito. Segundo Leyla Mariane Joaquim e Charbel Niño El-Hani ², a atualização do conceito de gene (do ponto de vista mendeliana) foi um dos fatores que contribuíram para o início dessa crise. Para Mendel, os fatores (atualmente chamados de genes) eram tratados como uma unidade de transmissão, função, mutação e recombinação ¹. Porém, em 1961, Jacob e Monod trouxeram uma nova compreensão da função e regulação genicas com o modelo do operon *Lac*. *Operon lac* é uma estrutura que contém três genes: *lacZ*, *lacY* e *lacA* e são transcritos em um único RNAm, sendo controlado por um único promotor e que atua como operador de transcrição requerido para o transporte e metabolismo da lactose em *Escherichia coli*, e algumas outras bactérias presentes nos intestinos dos animais ². Podendo ser regulado por diversos fatores, principalmente, a disponibilidade de lactose e glicose ². Estas informações mostraram que determinados genes poderiam ser encontrados de forma inativa na célula, podendo ser, de algum modo, ativado ^{2,3}. Outra informação fundamental obtida posteriormente foi a distinção dos genes estruturais e os genes regulatórios que não são transcritos, porém, estão envolvidos na regulação da transcrição ^{2, 4, 5}.

A definição de gene molecular clássico, diz que o gene é uma sequência de DNA específica, que codifica uma proteína específica. Mesmo sendo oriunda de pesquisas realizadas no ano de 1960, essa definição até hoje pode ser encontrada em livros atuais de biologia celular e molecular ⁶. Pesquisas realizadas no ano de 1977 demonstraram que a estrutura dos genes em organismos eucariotos não eram contínuas ^{6, 7}, apresentando interrupções que aparentemente não tem função. Essas pesquisas demonstraram que os genes de organismos eucariotos se comportavam como uma espécie de mosaico, onde possuíam porções não codificantes (íntrons) e regiões codificantes responsáveis pela especificação dos produtos gênicos (éxons) ⁶. Essa descoberta indica que há mecanismos genéticos que tornam as células ainda mais dinâmica e complexas ⁶. Sabe-se que todos os organismos eucariontes possuem

íntrons em alguns genes. A quantidade de íntros, certamente, varia de organismo para organismo. A exemplo disso são nós, seres humanos, onde a maioria dos 35.000 genes do genoma humano é composta por genes interrompidos ⁶. A descoberta dos genes interrompidos, sem dúvida alguma, é um marco na história da biologia molecular moderna. Mesmo que ainda não seja o suficiente para acarretar numa mudança no conceito de gene, ainda assim, é um elemento muito importante sobre o funcionamento do DNA e a interação do material genético em diferentes níveis celulares, o que mostra uma maior complexidade entre o material genético das células eucarióticas comparado com os materiais genéticos das células procarióticas.

1.1 *Splicing* alternativo

A ideia proposta por Walter Gilbert, em 1978, mudou a forma como pensávamos sobre os genes e sobre a própria estrutura do DNA, no qual dizia que os pré-mRNAs (transcritos primários), apresentam regiões internas que são interrompidas durante o processo de maturação do RNA mensageiro, restando apenas as regiões que serão traduzidas em proteínas, conhecidas como éxons ^{8, 9}. Esse comportamento (*Splicing* do pré-mRNA) ocorre através de um complexo de proteínas e RNAs não codificadores (ncRNAs), chamados de spliceossomos ⁹. E atua junto com outras atividades que ocorrem dentro da célula.

A primeira descrição do *Splicing* alternativo, em 1980, apresentou para o mundo, que existe genes capazes de traduzir dois mRNAs diferentes através da inclusão ou exclusão de éxons durante a produção do pré-RNA, e que estes mRNAs, são capazes de produzir proteínas distintas chamadas de proteoformas ^{9, 10, 11, 12}. Este é um dos principais mecanismos responsáveis por originar ou deletar os éxons em células eucariontes, e é de vital importância para a diferenciação e complexidade de vida na terra ^{9, 13, 14}.

2 A DESCOBERTA DO GENE: A EVOLUÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E REAÇÕES QUÍMICAS QUE PERMITIRAM A OBSERVAÇÃO DAS SUAS ESTRUTURAS.

As descobertas das pesquisas genéticas trouxeram uma revolução para o nosso entendimento sobre o mundo vivo. Grande parte das principais perguntas voltadas à biologia são respondidas através da genética, bem como pelo entendimento dos mecanismos moleculares e celulares que rodeiam o DNA ¹⁵. A

adoção do conceito de gene na literatura científica foi realizada pelo geneticista dinamarquês Wilhelm L. Johannsen, em 1909, e teve como objetivo determinar uma maneira de distinguir as ideias envolvidas no termo “caráter unitário” de uso comum pelos geneticistas do seu tempo ¹⁶. Friedrich Miescher (1844-1895), enquanto trabalhava com células purulentas (1969), extraiu uma substância que foi denominado, por ele mesmo, de nucleína, sendo atualmente conhecida como DNA (Ácido desoxirribonucleico). Miescher nunca imaginou que essa substância teria em sua composição, o próprio material genético, pois considerava que a proteína possuía a complexidade estrutural adequada ao material genético. Este trabalho só foi publicado no ano de 1871, onde demonstrou a síntese de seu trabalho com o DNA ^{17, 18, 19, 20}. Scheid (2005)¹⁷ destaca o pensamento de Fleck (1986) ²¹, que diz que quando a teoria dominante está instaurada, passa por um período que denominam como a “harmonia das ilusões”, onde o foco das pesquisas busca evidências que tenham relações com a teoria dominante ¹⁷. Para Hausmann (2002) ²⁰ e Mayr (1998) ¹⁹, provavelmente, o raciocínio aplicado aos estudos de Miescher estaria relacionado com a sua formação, voltada para questões fisiológicas e químicas, e não genéticas ¹⁷.

2.1 A descoberta do DNA.

A estrutura da molécula de DNA foi descoberta em 1953 pelos pesquisadores James Watson e Francis Crick através da técnica de difração de raios X em amostras de DNA, onde deduziram que o DNA possuía o formato de dupla hélice. Essa descoberta rendeu um prêmio Nobel de Medicina para Watson, Crick e Wilkins, no ano de 1962. Rosalind Frankling não pôde receber o prêmio devido a sua morte que ocorreu antes do ano de 1962, fator que contraria as normas para a obtenção do prêmio na época ^{22, 23}.

2.2 A importância do DNA nas análises genéticas

O DNA está presente em todos os organismos e contém informações genéticas que são fundamentais para o seu funcionamento, regulação e interação. Por isso, ao longo dos anos, foram desenvolvidas diversas técnicas de análises de DNA. Essas técnicas permitem desde o isolamento do DNA dos demais componentes celulares, bem como separar determinada parte da molécula para fins de estudos, multiplicar as quantidades de cópias, separar as moléculas e definir as sequências de nucleotídeos de cada DNA ²².

3 ANÁLISE GENÉTICA – METODOLOGIA

3.1 Extração do DNA

Para essa descrição, irei utilizar o artigo publicado em 2015, pelos pesquisadores Dr. Fábio Roxo, Dr. Guilherme J. C. Silva, Dra. Luz Uchoa e Dr. Cláudio Oliveira, intitulado: “Delimitação de espécies em *Neoplecostomus* (Siluriformes: Loricariidae) usando métodos morfológicos e abordagens genéticas” (Species delimitation in *Neoplecostomus* (Siluriformes: Loricariidae) using morphologic and genetic approach), para entendermos melhor como é feito a extração e a análise do material genético. Neste caso, os DNA's foram extraídos dos músculos dos animais que estavam conservados em Etanol e, depois da extração, foi realizado a amplificação do material genético através da técnica Reação em Cadeia da Polimerase (PCR). Especificamente, o gene Citocromo Oxidase Subunidade I. Vale ressaltar que o material genético pode ser obtido através de diferentes tipos de materiais, como: saliva, sangue, ossos, cabelos, tecidos musculares, impressões digitais e até mesmo da urina ²⁴. Os primers utilizados foram os FishF1 (5'-TCA ACC AAC CAC AAA GAC ATT GGC AC-3') e FishR1 (5'-TAG ACT TCT GGG TGG CCA AAG AAT CA-3'). Os primers são pequenos pedaços de DNA de fita simples e são utilizados na técnica de PCR. Esses primers contém algumas quantidades de nucleotídeos (moléculas presentes no DNA que, entre outras funções, são responsáveis por armazenar e transmitir a informação genética) que se ligam nos pedaços pela qual os primers possuem afinidade. Ao todo, são utilizados dois primers para cada reação de PCR. Posteriormente, é necessário aplicar a técnica de eletroforese que purifica e separa as macromoléculas, como por exemplo, os ácidos nucleicos das proteínas. Neste método, é utilizado um gel de agarose associado a um campo elétrico que permite a movimentação das macromoléculas para os polos positivo ou negativo. Essas moléculas atravessam os poros de acordo com a sua carga elétrica. As moléculas menores e mais leves conseguem se movimentar com mais facilidade do que as moléculas maiores. A utilização de um corante (que está composto no gel) que se liga no material genético, permite a visualização dos fragmentos de DNA's em formas de bandas. Para que seja obtida uma melhor definição de fragmentos do DNA, é necessário utilizar uma solução (Tampão) TBE ou TAE. Esses tampões costumam ser utilizados em processos de separação de ácidos

nucleicos dos demais componentes da célula. A utilização do kit de reação BigDye™ Terminator v 3.1 visa otimizar os resultados dos sequenciamentos através das análises obtidas por diversos programas de análises genômicas e ajuda na redução de custos das pesquisas.

3.2 Análise genômica

As sequências obtidas foram analisadas através do programa Geneious Pro 5.4.2, um programa que permite diversas ações de análises de dados genéticos, como clonagem molecular, Análise de NGS (Sequenciamento de Nova Geração), organização e armazenamento de dados. Para o alinhamento das sequências primárias de DNA, foi utilizado o MUSCLE, um programa que permite que haja a identificação das regiões similares que possam ter relações funcionais, estruturais e evolutivas entre elas, além de permitir que possa ser identificado regiões desalinhadas e possíveis erros de alinhamentos ²⁵. Outros programas de alinhamento e filogenia foram utilizados para analisar as sequências de DNA's de cada um dos peixes visando obter o melhor resultado possível.

O resultado deste trabalho demonstrou o tempo de divergência entre as linhagens, das quais estão representadas por imagens do próprio artigo assim como as possíveis hipóteses pelas quais permitiram essas divergências ao longo de milhares de anos, uma vez que todas as espécies coletadas para esse trabalho pertenciam ao mesmo ancestral comum.

4 DIFERENÇAS ENTRE DNA'S DE CÉLULAS EUKARIOTES E PROCARIOTES.

Para compreendermos melhor as diferenças entre o material genético das células procariontes e células eucariontes, é importante destacarmos algumas diferenças entre esses dois tipos de formação celular. No livro *Bases da Biologia Celular e Molecular* de Robertis e Hib (4^o ed, 2006), a principal diferença entre ambos os tipos celulares é que as células procariontes não possuem envoltório nuclear. Os cromossomos das células procariontes ocupam um espaço chamado nucleóide e estão em contato direto com o citoplasma que, basicamente, não possui estruturas membranosas, juntamente com os ribossomos e outras estruturas ^{26, 27, 28}. Enquanto nas células eucariontes, há um núcleo verdadeiro, no qual os cromossomos se encontram dispostos linearmente, possuindo DNA de dupla fita em forma de hélice dentro de um envoltório nuclear complexo (carioteca), local por onde acontece o

intercâmbio com o citoplasma ^{29, 27}. Dentro da célula eucariótica, existem diversas organelas membranosas, a qual podemos citar alguns exemplos, como o retículo endoplasmático, o complexo golgiense, as mitocôndrias e os ribossomos. O núcleo apresenta a capacidade de replicar o DNA, que é responsável pela síntese de todos os tipos de ácidos ribonucleicos (RNAs: mRNAs, rRNAs e tRNAs) ²⁷.

Em organismos procariontes, como as bactérias existe um DNA pequeno e circular, fechado por uma ligação covalente, além dos cromossomos, chamados de plasmídeos. Os plasmídeos podem conferir resistências a um ou mais antibióticos. Esse pedaço de DNA acaba sendo utilizado em técnicas de engenharia genética, onde é possível isolá-lo, inserir-lhes um gene específico e, posteriormente, transplantá-lo em outras bactérias a fim de serem utilizados como vetores de clonagens ²⁶.

5 A FUNÇÃO DO GENE E O QUE SE SABE SOBRE OS GENES NÃO CODIFICANTES.

Tratar sobre todas as funções de cada gene certamente demandará bastante tempo de estudos, e ainda assim, chegaremos a mais pontos de interrogações. Porém, o momento atual nos permite destacar alguns aspectos que giram entorno desse tema tão amplo. De acordo com o ponto de vista molecular o gene é definido como “a sequência de DNA que contém as informações necessárias para produzir uma molécula de RNA e, se esta corresponder a um RNA mensageiro, a partir dele elaborar uma proteína”, muito embora existam genes que são capazes de produzir diversas proteínas, cada uma com traços singulares ²⁶. Entretanto, os genes não são limitados a produção de um RNA, antes mesmos das células somáticas se dividirem, os genes sintetizam moléculas de DNA que se repartem entre as células – filhas com a finalidade de se autoperpetuar ²⁶. Ao serem transmitidas para os seus progenitores, as características físicas dos pais são passadas para os filhos através das informações contidas nos próprios genes, através da herança genética. Até mesmo as mutações que os genes acumulam durante a vida podem ser vantajosos para a evolução da espécie ²⁶, assim como também podem causar malefícios para as próximas gerações. A informação para a síntese de proteína está localizada dentro do núcleo, enquanto a proteína é sintetizada no citosol. Para que isso ocorra, é

necessário a participação de uma molécula fundamental, o RNAm. O RNAm é a molécula responsável por copiar as informações contidas no DNA e direcioná-las para dentro do citosol, permitindo a síntese de proteína ²⁶. Dentro do núcleo, o DNA se separa para que uma das partes sirva como molde para a formação do RNA enquanto a outra fita de DNA permanece inativa. Enquanto no citosol, o RNAm fica encarregado de organizar a ordem dos aminoácidos das proteínas. A produção do RNA através da fita de DNA é chamada de transcrição, enquanto a síntese de proteína por parte do RNAm é chamada de tradução. Esse fluxo de informação molecular é chamado, por sua vez, de “Dogma central” da Biologia Molecular ²⁶. Até o momento citamos função do gene apenas como componente codificador do DNA. Todavia, o gene possui outros componentes que fazem parte do segmento, que são:

- Promotor: São sequências de DNA específicas fundamentais para o início da transcrição. Essas sequências são reconhecidas por algumas proteínas (conhecidas como fatores de transcrição) que são responsáveis por trazerem o RNA polimerase a fim de iniciar a síntese de RNAs. Esses promotores costumam ser encontrados próximos das extremidades 5' da maioria dos DNAs. O TATA box é um dos mais famosos promotores encontrados nesse *locus* da maioria dos DNAs de células eucarióticas, entretanto, existem outros tipos, como: CAAT box e GC box ^{30,31, 32}.
- Sequências reguladoras: São sequências responsáveis por determinar o momento em que um gene deverá ser transcrito e o número de frequência dessa transcrição. Há dois tipos de reguladores: os amplificadores e os inibidores ^{30,31, 32}.
- Sequência de terminação: Encontrado na extremidade 3', a sequência de terminação é responsável por sinalizar o término da região primária e o começo da síntese de RNA's ^{30,31, 32}.

Estima-se que cerca de 10% do nosso DNA seja funcional, enquanto 90% correspondem a sequências não codificantes, sendo este, historicamente conhecido através do controverso termo: “DNA lixo” ^{30,31, 32}.

O “DNA lixo” pode ser compreendido como regiões genômicas que não possuem funcionalidades adaptativas para um organismo. Entretanto, alguns pesquisadores acreditam que essas regiões foram importantes em algum momento

da história evolutiva e/ou assumirão papéis importantes em algum momento do futuro^{32,33}.

Hoje sabemos que essas regiões estão ligadas com algumas atividades genômicas, como os genes de *ncRNA*. Esses RNAs não codificantes não possuem ORFs (Open Reading Frames - módulos abertos de leitura), que são sequências de bases potencialmente codificadoras de proteínas e são difíceis de serem previstos em sequências genômicas^{34, 35}. Os ncRNAs, no geral, estão envolvidos na tradução do mRNA, splicing e na modificação de rRNAs. Além disso, muitas dessas sequências são transcritas e, como já foi observado em estudos anteriores (Jacob e Monod), são amplamente utilizadas na regulação gênica em cis³². Estudos anteriores revelam que alguns ncRNAs estão envolvidos na arquitetura da estrutura da cromatina, na memória epigenética, nos fatores de transcrição, imprinting genômico e diversas outras ações^{32, 36, 37}.

6 MANIPULAÇÃO DO GENE E SEUS DIVERSOS FINS.

As técnicas de manipulação dos genes, originalmente, tiveram como principal objetivo, curar doenças genéticas e/ ou hereditárias. Ao longo dos anos, através da obtenção de novos conhecimentos e aperfeiçoamento das técnicas de manipulação cada vez mais avançadas, o ser humano descobriu que essa metodologia poderia ser aplicada para outros fins e não somente para curar/ tratar doenças. Para exemplificar melhor a definição do termo “manipulação do gene”, irei utilizar a definição de Saldanha (2011, p. 46), que define a manipulação genética como:

Uma técnica de engenharia genética que desenvolve experiências no patrimônio genético. Entre suas atividades operam-se novas combinações de genes para superar algumas enfermidades congênitas. Tal técnica também possibilita a mutação de genes que podem formar aberrações genéticas, seleção de caracteres, como a cor dos olhos, cabelos, cor da pele, características físicas ou até mesmo escolha de valores morais, escolha do sexo, dentre outras opções.

Com base nesta definição, fica claro que o ser humano adquiriu uma incrível capacidade de dominar seus conhecimentos e usá-los para alterar a composição genética de determinado organismo de acordo com o seu interesse. Alterar o fenótipo de um indivíduo como, por exemplo, a cor da pele, sexo, cor dos olhos e do cabelo de

recém-nascidos. Alterar o comportamento de plantas que possuem interesse econômico e/ ou científico, a fim de torná-la mais resistentes contra pragas ou produzir ainda mais uma substância específica. Modificar o porte de bovinos para produzirem mais carne ou produzirem mais leite ou até mesmo criar uma população hegemônica. Enfim, existe uma imensa aplicabilidade de técnicas de manipulação genéticas que podem contribuir positivamente para o progresso de uma nação e do mundo. Por outro lado, conforme o ser humano passou a dominar essas técnicas e alimentar a sua enorme biblioteca de conhecimento, tornou-se necessário que outras áreas fossem criadas para controlar e fiscalizar a aplicação dessas técnicas. Os avanços da Biotecnologia estão provocando uma certa perplexidade no sistema jurídico. Áreas como a Biossegurança e Bioética estão se debruçando sobre esses avanços para estipular limites nas utilizações das técnicas de engenharia genética. Da mesma forma, é estabelecido a importância do papel do Direito para responsabilizar aqueles que agem de forma inadequada, contrariando as questões éticas em prol do lucro ³⁸ e/ ou para fins políticos e ideológicos.

No livro *Sapiens Uma Breve História da Humanidade*, de Yuval Noah Harari (44ª edição, pg. 412), o autor destaca a preocupação desses avanços na seguinte frase: “A sensação predominante é a de que oportunidades demais estão surgindo depressa demais e de que a nossa capacidade de modificar genes está superando nossa capacidade de fazer uso inteligente e sagaz desse conhecimento”. Todos esses avanços não só permitem alterar as capacidades individuais dos organismos ou as leis da seleção natural, mas também há uma chance de alterar as estruturas sociais de uma sociedade.

7 OBJETIVO

Considerando a complexidade dos assuntos voltados à Biologia Molecular, esse trabalho tem como principal objetivo realizar uma revisão bibliográfica do conteúdo em livros didáticos direcionados para o Ensino Médio, destacando os principais assuntos norteadores e fundamentais para o aprendizado e desenvolvimento dos alunos. Uma vez que se entende que o campo da Biologia Molecular, especialmente a área da Genética, é um conhecimento capaz de formar jovens conscientes e capazes de tomar decisões sobre a sua própria vida, contribuindo para a compreensão individual de cada organismo e para ampliar os conhecimentos interdisciplinares.

8 METODOLOGIA

8.1 Materiais e Métodos

Esta revisão foi realizada por meio de artigos científicos, monografias, trabalhos publicados em plataforma virtual, como: Google Scholar, Scielo, Biblioteca Virtual de Teses da USP e livros de Biologia. As palavras-chave utilizadas, foram: Composição do Gene, Biologia Molecular, DNA, Sequência não codificante, Síntese Proteica, Sequenciamento de nova geração, Sequenciamento de última geração e engenharia genética.

Os critérios utilizados para a análise comparativa dos livros didáticos de Biologia voltadas para o Ensino Médio, foram: Ilustração da capa, ano de publicação, formação dos autores, estrutura dos livros didáticos, qualidade das ilustrações, modo como os conteúdos são apresentados, presença dos conteúdos conceituais, atitudinais e procedimentais, atividades práticas, exercícios e presença de interdisciplinaridade. O formato de avaliação dos livros didáticos se dará através das seguintes classificações: Excelente, bom e ruim.

Os livros escolhidos para essa revisão, foram:

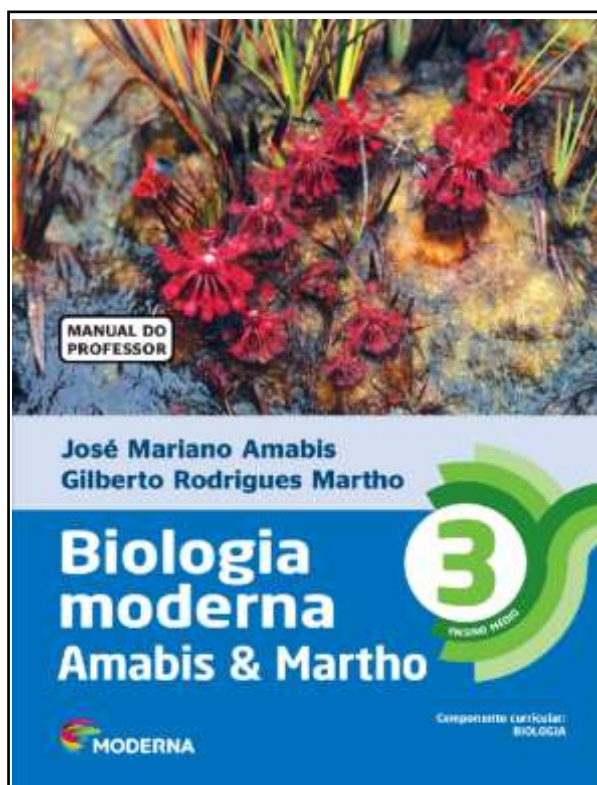


Figura 1: Biologia Moderna. Amabis e Martho, 2016 – Fonte *Wikipedia*.

Livro 1: AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia moderna: Ensino Médio.** v. 3. 1 Ed, **São Paulo:** Editora Moderna, 2016.

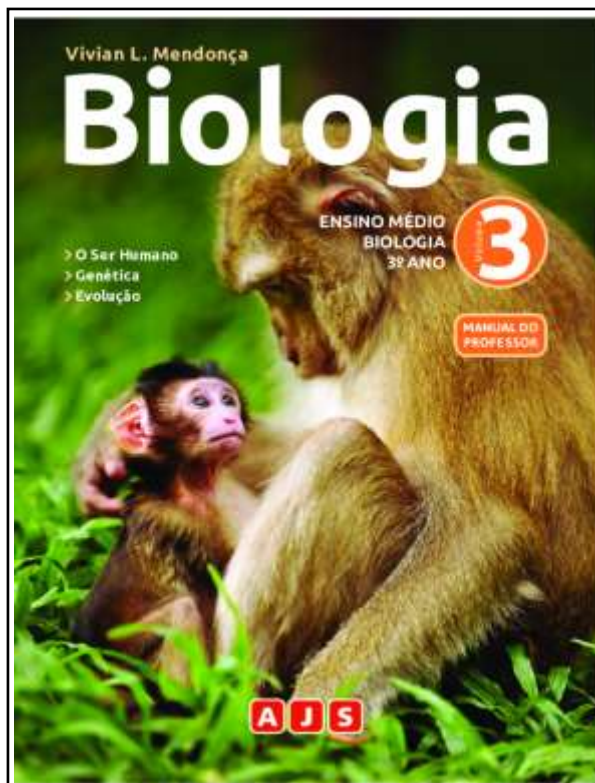


Figura 2: Biologia. Vivian L. Mendonça, 2016 – Fonte *Wikipedia*.

Livro 2: MENDONÇA, Vivian L. **Biologia:** Ensino Médio. v.3 3. Ed, **São Paulo:** Editora AJS, 2016.



Figura 1: Biologia Hoje. Sérgio Linhares *et al.*, 2016 – Fonte *Wikipedia*.

Livro 3: LINHARES, S.; GEWANDTSZNAJER, F.; PACCA, H. **Biologia Hoje:** Ensino Médio. v. 3, 3. Ed, **São Paulo:** Editora Ática, 2016.

8.2 Módulos, Unidades, Capítulos e Páginas analisados em cada livro didático.

Livro 1: Neste momento, foram analisados 4 capítulos do Modulo 1 – FUNDAMENTOS DA GENÉTICA, iniciando-se na página 12 a 95, sendo identificados como: 1 - Lei da herança genética; 2 – As bases cromossômicas da herança; 3 – Herança e sexo; 4 – Genética e Biotecnologia na atualidade.

Livro 2: Foram analisados os conteúdos dos 5 capítulos presentes na Unidade 2 – GENÉTICA. Iniciando - se pelo capítulo 6, página 131 a 212 – Primeira Lei de Mendel; 7 – Polialelia, 8 – Segunda Lei de Mendel; 9 – Genética Pós Mendel e 10 – Biologia molecular do gene: síntese proteica e engenharia genética.

Livro 3: Neste livro foram analisados as Unidade I e II, sendo a I – GENÉTICA: O TRABALHO DE MENDEL, contendo os capítulos 1 – Primeira Lei de Mendel e 2 –

Segunda Lei de Mendel. Enquanto na Unidade II – A GENÉTICA DEPOIS DE MENDEL, foram analisados os seguintes capítulos: 3 - Grupos sanguíneos e polialelia; 4 – Interação gênica e pleiotropia; 5 – Ligação gênica; 6 – Sexo e herança genética; 7 – As aplicações da genética molecular, iniciando-se na página 11 a 109.

9 - RESULTADOS

9.1 – Livro 1

Os autores do livro *Biologia Moderna*, José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho são formados em Ciências Biológicas. Amabis é Prof. Dr. em Biologia Genética enquanto Gilberto Rodrigues Martho é Prof. em Ciências Biológicas de Ensino Médio e cursos pré-vestibulares. Este livro apresenta uma palheta de cores da capa bem interessante, mesclando cores quentes com cores frias, com o nome do livro e dos autores bem destacados. Por outro lado, a escolha da figura que representa o termo biologia poderia ser mais intuitiva, visando abranger melhor a biodiversidade e, no ponto de vista da biologia molecular, poderia reforçar com figuras específicas dessa área. Um pequeno detalhe que, para alguns alunos, poderá ser importante para a escolha do livro. O sumário possui excelente organização, com os capítulos e seus assuntos bem-organizados com cores frias e bastante harmônicas, trazendo bastante conforto na hora de procurar o assunto desejado.

Partindo para o Módulo I – “Fundamentos da Genética”, a abertura representa perfeitamente o assunto, com a ilustração de ervilhas amarelas e verdes (lisas e rugosas) que faz alusão as Leis do pai da Genética: Gregor Mendel. Para enriquecer a abertura do Módulo I sem poluir as imagens, os autores destacaram (em pequenas caixas de textos) uma breve descrição dos capítulos 1, 2, 3 e 4, destacando os eventos ocorridos nos períodos conforme a ordem cronológica.

Na página 12, capítulo 1 – Lei da Herança Genética, antes de iniciar a introdução aos assuntos pertinentes aos estudos de Mendel, os autores trouxeram a genética para a sociedade contemporânea, dando credibilidade para o geneticista Sérgio Danilo Pena (1944 -) por ser um dos desenvolvedores dos exames de DNA no Brasil, na Universidade Federal de Minas Gerais. Abordado as suas aplicações em diversas áreas importantes para a sociedade. Acompanhado por duas figuras, uma de Gregor Mendel e a outra, uma foto recente do mosteiro em que Mendel realizou os seus estudos.

Após essa contextualização, os assuntos relacionados ao pensamento mendeliano foram descritos de uma forma direta, clara, com figuras bem didáticas, tabelas intuitivas e análises numéricas de descendência. Para ampliar os conhecimentos dos alunos, os autores reservaram as páginas 18 e 19 para levantar reflexões sobre a Teoria das Probabilidades aplicada à Genética. Com boas explicações, ilustrações e equações. Na página 24 é aplicado exercícios de Heredograma e Probabilidade, visando colocar em prática os conteúdos vistos anteriormente, apresentando um nível de dificuldade dentro do esperado, estando de acordo com o nível do conteúdo apresentado.

Na página 25 os autores trazem variações dos modelos de herança mendeliana, com boas explicações sobre os temas: Alelos letais e múltiplos, dominância incompleta, codominância, penetrância, expressividade gênica e herança de grupos sanguíneos na espécie humana. Entretanto, foi notado a falta de alguns exemplos relacionado aos cuidados na hora de realizar uma transfusão sanguínea, focando as explicações na herança do tipo sanguíneo, compatibilidade dos tipos sanguíneos e fatores RH. As imagens foram bem escolhidas, explicando perfeitamente os assuntos abordados no livro. Nas páginas 33 e 34, há um excelente exemplo de como é identificado os tipos sanguíneos com informações mais específicas, possuindo imagens ilustrando os materiais utilizados em laboratório e observações a serem vistas com mais atenção. Proporcionando maior imersão dos alunos ao tema, encerrando o capítulo nas próximas páginas: 35 a 38 com 41 questões, sendo 24 questões de “revisão de conteúdo”, 06 questões para “exercitar o pensamento”, 01 questão “faça você mesmo” e 10 questões voltadas para vestibulares e ENEM.

O capítulo 2 – “As bases cromossômicas da herança”, apresenta em cada tópico, muitas imagens que transmitem de forma clara, as informações que estão sendo passadas para os alunos. A utilização de gráficos (página 52) para representar a população hipotética no tópico: Herança quantitativa ou poligênica, indica o aprofundamento dos temas, enriquecendo o conteúdo que está sendo aplicado, incentivando o aluno a treinar o olhar diagnóstico e crítico, tendo que demonstrar a sua capacidade de pensar sobre a informação que está sendo apresentada. As questões que são abordadas nas páginas 59 a 62 são separadas pelos seguintes eixos: “resolvendo problemas de genética – Ligação gênica e mapeamento

cromossômico” (p. 59) abordando uma problemática bem elaborada com textos e 03 perguntas. A problemática espera que o aluno seja capaz de descrever, na tabela, as orientações: “Fenótipo da descendência, Genótipo dos óvulos e Porcentagem”, com base nas questões que foram levantadas. Na página 60, o livro disponibiliza doze questões, sendo 08 de “revisão de conteúdo”, 03 questões para “exercitar o pensamento” e uma atividade prática (p. 61): “faça você mesmo (simulando a segregação independente dos genes)”. Na página 62, o capítulo disponibiliza 09 questões objetivas com foco nos vestibulares e ENEM. A variedade de questões demonstra diferentes graus de dificuldade, exigindo aprofundamento nos estudos através de outros tipos de materiais.

Com a escrita fluída e didática, os autores iniciaram o capítulo 3 (página: 63) – “Herança e sexo”, com uma boa descrição sobre o sexo, não o relacionamento humano, e sim a própria origem e evolução da reprodução sexuada nos seres vivos. Explicando brevemente as possíveis vantagens incluindo, principalmente, “o aumento da diversidade genética, proporcionado pela união e mistura de genótipos de diferentes organismos”. O início do capítulo é representado por uma figura de uma abelha realizando a polinização de uma flor e junto consigo, há uma breve descrição sobre essa interação ecológica. Destacando a interdisciplinaridade do assunto. A página 64 inicia o assunto discutindo, de forma resumida, a distinção do sexo em determinados organismos, como os dioicos e enfatiza a ação dos genes específicos nessa distinção. Mas ressalta que em outros grupos de animais, o fator ambiental também determina o sexo, como nas tartarugas, jacarés, crocodilos e entre outras espécies. Essas contextualizações são importantes para que o leitor se sinta acolhido pelo conteúdo que virá posteriormente. Ainda na página 64 o capítulo discute sobre a importância do assunto e inicia o primeiro tópico do capítulo: principais sistemas cromossômicos de determinação do sexo, destacando os sistemas XY, XO e ZW, utilizando esquemas e figuras representando o sexo entre espécies de abelhas, incluindo o cariótipo de cada um dos sexos. A utilização do cariótipo é importante para que o aluno se sinta familiarizado com esses esquemas, uma vez que existe grandes chances desse tema ser discutido no ENEM e em outros vestibulares. Além dos tópicos citados acima, esse capítulo trata também dos temas: Cromossomos sexuais e determinação do sexo, Herança de genes localizados em cromossomos sexuais, Hemofilia, Hipótese da compensação de dose e Herança ligada ao cromossomo

sexual em aves, nas páginas 64 a 72. A página 69 e 70 como de costume, é dedicada a resolução de uma problemática cujo tema é: Herança autossômica e herança ligada ao X, no qual é apresentada a solução logo em seguida. As páginas 73 a 75 são propostas as questões pertinentes a esse capítulo, contendo 23 questões seguindo a mesma segmentação das questões dos capítulos anteriores.

Por fim, o capítulo 4 – “Genética e Biotecnologia na atualidade”, inicia com mais uma excelente imagem com uma flor representando a ativação do gene responsável pelo pigmento vermelho em suas pétalas e a seguir, a contextualização do assunto através do título: A manipulação dos genes, destacando algumas informações resumidas de diferentes formas de manipulação genética, como: clonagem, identificação de pessoas e entre outros exemplos. Após discutir sobre a importância do assunto, os títulos previstos no sumário começam a ser discutidos a partir da página 77, com o tópico - o controverso conceito de gene – bem como os limites de um gene até a página 91, cujo os temas discutidos foram: Diferenças entre genes Eucariotos e genes bacterianos, Splicing gênico: corte e emenda do DNA, Melhoramento genético, Heterose ou vigor híbrido, Problemas decorrentes do melhoramento genético, Engenharia genética, “Tesouras” genéticas: endonucleases de restrição, Separação eletroforética de fragmentos de DNA, Clonagem do DNA – plasmídeos como vetores de clonagem do DNA, Bacteriófagos como vetores de clonagem do DNA, Bactérias como “fábricas” de proteínas humanas, como são produzidos animais transgênicos e finaliza os assuntos com o estudo do genoma humano, incluindo o enorme Projeto Genoma Humano, um conglomerado de pesquisas que foram responsáveis por diversas descobertas sobre o genoma humano e que possibilitou os avanços das principais técnicas moleculares que conhecemos hoje. A qualidade das imagens bem como a clareza do assunto abordado transmite, ao aluno, as principais informações que ele precisa aprender sobre determinados temas. Algumas delas exigem do aluno o comprometimento com os estudos anteriores para entender sobre o que está sendo dito, uma vez que, neste caso, a temática abordada já está em um nível maior de dificuldade. A página 93 e 94 aborda algumas polêmicas que norteiam a manipulação gênica, como a seleção de característica do embrião, a possibilidade de uma hegemonia, o acesso limitado para as pessoas mais pobres e que precisam de diagnósticos e aborda, também, alguns dos grandes avanços na medicina, como a reprogramação celular. As páginas 95 a 99 são

reservadas para as questões discutidas nesse capítulo, ao todo, são 22 questões elaboradas de acordo com a formatação padrão adotada neste livro.

9.2 – Livro 2

O segundo livro foi escrito pela autora Prof. Msta. Vivian L. Mendonça, formada em Biologia sendo a única autora responsável pela produção dessa obra. A capa do livro possui uma enorme figura que toma toda a frente do livro, demonstrando uma interação ecológica parental em uma espécie de primatas, remetendo aos cuidados de mãe e filho, pensando de forma antropogênica. A imagem de capa impressiona pela beleza e pela qualidade da imagem. A capa possui, em destaque, o nome “biologia” e no lado esquerda está destacado em forma de tópico, três grandes áreas que serão abordadas nesse livro: O ser humano, genética e evolução. Após a contracapa, há uma ficha catalográfica com as informações dos editores e uma linda imagem de um trabalho de parto, colocando o recém-nascido como figura principal e em uma caixa de texto, no canto superior direito, há uma informação dizendo: “Em respeito ao meio ambiente, as folhas deste livro foram produzidas com fibras obtidas de árvores de florestas plantadas, com origem certificada”. Esse destaque fez com que a experiência de leitura fosse mais agradável e única, com detalhes “sutis” e agradáveis. Como de praxe, este livro também apresenta a estrutura do livro antes do sumário, destacando algumas imagens e temas que serão discutidos ao longo da obra. O sumário é bastante colorido, combinando cores quentes e frias de bom gosto, com os temas e tópicos bem descritos e direcionados.

Os assuntos direcionados à genética inicia-se na Unidade 2, página 131, com uma figura enorme tomando quase todo o espaço da abertura da unidade, representando diversos tipos de pelagens em coelhos, característica pelo qual é bastante discutida nas aulas de genética tanto no ensino médio como no ensino superior. Além disso, a abertura possui uma caixa de texto destacando algumas das principais perguntas intrigantes relacionados aos mecanismos da hereditariedade que são abordados nesta Unidade. Essa unidade é composta por 04 capítulos, que se inicia na página 132 com o capítulo 06 – Primeira Lei de Mendel, 07 – Polialelia, 08 – Segunda Lei de Mendel, 09 – Genética pós Mendel e 10 – Biologia molecular do gene: síntese proteica e engenharia genética.

Na página 132, o primeiro capítulo, intitulado capítulo 06 – Primeira Lei de Mendel, é abordado os assuntos voltados ao início da genética e o resumo da história de Gregor Mendel, o pai da genética. Apresentando, em seguida, diversas figuras autoexplicativa para reforçar a explicação dos conteúdos abordados. Em seguida, são abordados os temas: O trabalho de Mendel e a Primeira Lei, heredograma, cruzamento teste, exemplos de monoidrismo, monoidrismo e modificações nas proporções fenotípicas. Cada tópico é muito bem descrito e bem representado por suas figuras, as Leis de Mendel são abordadas de forma mais aprofundada, começando pela página 132 até 140. O layout agrada bastante, uma vez que os textos, figuras e tabelas estão bem-dispostas no espaço reservado para elas ao ponto de se incorporar ao texto.

A autora teve a preocupação de trazer diversas atividades em formato diferentes para agregar no aprendizado dos alunos, começando pela atividade prática (página 145) que levanta a seguinte questão: “Como se verifica a frequência de um fenótipo na população?” Explicando como deve ser feito a organização junto com os colegas de classe, os materiais necessários, procedimentos, forma de interpretar os resultados e um adendo “indo além”. Na página 146, há uma página própria para críticas o que foi estudado, com o tema “Alelos” e uma reflexão “Os fenótipos dominantes são mais frequentes do que os recessivos?”.

Na página 147, há um espaço para a leitura com a expressão “Tal pai, tal filho”, no qual foi visto pela primeira vez na obra *Os Lusíadas* de Luis Vaz de Camões. Após a leitura há uma questão qual é a relação dessa expressão com o que foi aprendido ao estudar sobre a hereditariedade. Essa interdisciplinaridade é muito importante para que o aluno possa aumentar a sua bagagem de conhecimento e incentivar o pensamento sobre os mais diversos temas. Ainda nessa página, há um texto sobre genes, meio ambiente e evolução e no final, há uma questão que incentiva o aluno à reflexão sobre o como ele faria para saber se o caráter largura da folha é determinado geneticamente? Na página 148 há mais textos falando sobre outros estudos de Gregor Mendel. Nas páginas 149 a 151 são apresentadas 19 questões incluindo gráficos seguindo os padrões de revisão, questões relacionadas aos assuntos tratados e questões voltadas para o vestibular e ENEM.

No segundo capítulo, capítulo 07 – Polialelia, são abordados conceitos básicos sobre herança de características de progenitores, herança do grupo sanguíneo ABO, determinação do grupo sanguíneo e transfusão de sangue. Mais uma vez, é notório o alto grau de qualidade das imagens para representar os assuntos neste livro, um destaque para a imagem sobre tipagem sanguíneo presente na página 158, com imagens reais dos reagentes e do material em lâmina. Da mesma forma que o capítulo anterior, este capítulo apresenta diversas questões focadas nos assuntos abordados ao longo desse capítulo utilizando gráficos, textos e tabelas, e questões voltados para os vestibulares, além dos textos e questões que incentivam o aluno a criticar aquilo que está sendo estudado.

No capítulo 03, intitulado capítulo 08 – Segunda Lei de Mendel, a preocupação em combinar imagens com aquilo que está sendo escrito se mantém, além de utilizar fatos históricos registrados ao longo da vida em diferentes lugares, como a escultura representando a deusa do milho, da cultura asteca (página 172), reforça mais uma vez, a interdisciplinaridade do assunto. Trazendo curiosidades das quais muitos alunos, provavelmente jamais ouviram falar. No final do capítulo, os exercícios e reflexões são seguem o mesmo padrão dos capítulos anteriores.

No capítulo 04, intitulado capítulo 09 – Genética pós-Mendel, Vivian L. Mendonça aprofunda os assuntos ao decorrer das páginas 178 a 192 com uma breve introdução sobre toda a história que podemos acompanhar até o momento, depois, a autora aborda os assuntos: Pleiotropia e interação gênica (aprofundando um pouco mais nos tipos de interação gênica), herança quantitativa, ligação gênica, permutação, herança do sexo na espécie humana, herança ligada ao sexo e herança holândrica, herança influenciada pelo sexo e herança limitada ao sexo. Todos esses assuntos foram apresentados de uma forma um pouco mais aprofundada e objetiva, mantendo o padrão de qualidade na seleção de figuras, gráficos e tabelas e posteriormente, inicia-se as questões e reflexões a partir da página 193 a 199.

No último capítulo (05) – intitulado capítulo 10 – Biologia molecular do gene: síntese proteica e engenharia genética, página 200, a autora utiliza imagens de diferentes proteínas para iniciar a sua introdução. Esquematizando o assunto desde o núcleo da célula até o gene, como mostra a figura destacada na página 201. A partir daí, os assuntos que são abordados até a página 2013, além da síntese de proteínas,

são: Dogma central da biologia, mutação no material genético, biotecnologia e engenharia genética, projeto genoma humano, terapia gênica e clonagem. As imagens, tabelas, gráficos são repletos de caixas de textos que destacam alguma observação com o tema. Nas páginas 214 a 220 são dedicadas as questões e reflexões como já foi detalhado anteriormente.

9.3 Livro 3

Os autores do livro “Biologia Hoje”, Sergio Linhares, Fernando Gewandsztnadger e Helena Pacca são formados em Ciências Biológicas e juntos, trouxeram essa obra para o Ensino Médio no ano de 2016. A capa do livro possui uma imagem que toma conta da página inteira, com cores vivas e sobre a imagem há desenhos que remetem a Biologia Molecular, destacando o nome do livro e dos autores, bem como as três grandes áreas que serão abordadas ao longo do livro, que são: Genética, evolução e ecologia. Nas páginas 03 ao 05 há uma breve apresentação dos autores e da forma como o livro foi estruturado, com palhetas de cores roxeadas e com formato geométrico atrás dos textos. O sumário está bem-organizado, com palavras chaves que destacam os capítulos, tópicos e demais assuntos pertinentes a sessão, sem muito textos, de forma objetiva. Atrás dos textos há um preenchimento da cor da página num tom esverdeado com as mesmas figuras geométricas contidas nas páginas 03 a 05. Também possui imagens no rodapé representando algumas formas de vida e interação ecológica.

Os assuntos voltados para a genética são separados em duas Unidades, sendo a primeira – Genética: o trabalho de Mendel, seguido pelos capítulos 01 e 02, que tratam sobre a Primeira Lei de Mendel e Segunda Lei de Mendel (página 11 a 43), consecutivamente e a Unidade 2 – A genética depois de Mendel (página 45 a 109), composta por 05 capítulos: 3 – Grupos sanguíneos e Polialelia, 4 – Interação gênica e pleiotropia, 5 – Ligação gênica, 6 – Sexo e herança genética, 7 – As aplicações da genética molecular.

A abertura de cada capítulo apresenta belas figuras que traduzem os assuntos que virão a seguir. Os autores se preocuparam em escolher imagens que, além de serem muito bonitas, chamam muito a atenção. O layout de cada página ao longo do livro é limpo e bem estruturado, possuindo cores claras, figuras, tabelas e gráficos que

leva o aluno para um estudo mais direcionado. Destacando algumas dicas em pequenas caixas de textos ao lado de figuras, gráficos ou conteúdos escritos.

Os dois primeiros capítulos (página 11 a 43) da Unidade 1, abordam os estudos de Mendel e a interpretação atual do pensamento mendeliano com simplicidade e objetividade, com menos figuras e esquemas, mas que são suficientes para enfatizar aquilo que é proposto. Destaque para o conteúdo da página 19 que trata sobre a história da ciência, cujo tema é: A sala das moscas, onde fala um pouco sobre as pesquisas realizadas pelos estudiosos Walter Sutton (1877 – 1916), Theodor Boveri (1862 – 1915), Thomas Hunt Morgan (1891 – 1970), Calvin Bridges (1889 – 1938) e Hermann Müller (1890 – 1967) que identificaram os fatores de herdabilidade de Mendel em seus materiais de estudos.

Na página 26 é destacada o papel do Aconselhamento genético como um adendo, a fim de demonstrar as avaliações de riscos em determinados casos, como por exemplo, o risco de um casal dar origem a um filho com problemas genéticos. Ambos os capítulos apresentam questões bastante variadas e com grau de dificuldade moderado e difícil. Com perguntas relativas ao conteúdo explicado, aos vestibulares e atividades práticas. Após os exercícios há sugestões de livros no rodapé para que o aluno possa realizar estudos dirigidos.

Na unidade 2 – A genética depois de Mendel, os assuntos de cada capítulo são abordados de forma fluida, com excelentes figuras, tabelas, heredogramas e esquemas que refletem o capricho dos autores bem como a preocupação com o aprendizado do aluno. Sem deixar a leitura desgastante, com conteúdos suficientes para auxiliar os alunos a terem uma experiência de estudo agradável e objetiva.

As questões de cada capítulo seguem o mesmo padrão descritos na Unidade 1, com bastante questões que tratam dos assuntos discutidos ao longo das duas Unidades, exercícios focados nos vestibulares, atividades práticas e estudos dirigidos.

10 ANÁLISE DOS LIVROS

10.1 Conteúdos abordados

Em relação aos assuntos discutidos, o livro 2 é o que mais se destaca com o aprofundamento dos temas que são compartilhados com o livro 1 e 3, e com os adendos adicionados em cada tópico visando ampliar os conhecimentos dos estudantes. Além disso, o livro 2 propõe mais atividades para que o aluno possa

ocupar o seu tempo aprofundando os estudos através de leituras, atividades em grupos e exercícios. Porém, há um excesso de textos em algumas páginas, como por exemplo, na página 156, o que faz com que, em determinados casos, a leitura fique um pouco cansativa.

Os livros 1 e 3 apresentam os conteúdos de forma fluida assim como no livro 2, porém, possui menos informações textuais, como caixas de textos com informações adicionais ou observações. As questões que são propostas são bem construídas e colaboram positivamente para o desempenho do aluno, mas existem algumas atividades a menos comparado com o livro 2. O campo de leitura mais limpo ao longo das páginas proporciona um conforto maior para o aluno na hora de dedicar a sua atenção, devido a menor quantidade de conteúdos textuais, como é demonstrado na página 57 do livro 1 e na página 16 do livro 3. Isso pode fazer com que o aluno consiga focar mais nos assuntos principais.

10.2 Figuras, tabelas e gráficos.

Os livros 1 e 2 trabalham com bastante imagem, comparado com o livro 3, entretanto, a utilização de tabelas e gráficos é igualmente aproveitado em ambos os livros. As escolhas das imagens, tabelas e gráficos são excelentes em cada livro e prendem a atenção do aluno na hora da leitura.

10.3 Abordagem do tema: Biologia Molecular.

Os três livros apresentam informações extremamente relevantes de acordo com as competências e habilidades exigidas na grade curricular do Ensino Médio do Estado de São Paulo, de acordo com o site: efape.educacao.sp.gov.br. Destacando-se, apenas, pelas informações adicionais que são propostas em forma curiosidade, sugestão de leitura e exercícios.

Com base nas informações obtidas, os livros obtiveram as seguintes avaliações:

Tabela 1: Critérios avaliados nos três livros avaliados neste trabalho.

	Livro 1	Livro 2	Livro 3
Conteúdo	Bom	Excelente	Bom
Relevância	Excelente	Excelente	Excelente
Disposição textual	Excelente	Excelente	Excelente
Qualidade das Ilustrações	Bom	Excelente	Excelente
Ilustrações	Bom	Bom	Excelente
Variedade dos conteúdos	Excelente	Excelente	Excelente
Exercícios	Bom	Excelente	Bom
Assunto do trabalho abordado	Excelente	Excelente	Excelente
Referências	Excelente	Excelente	Excelente

11 PLANO DE AULA

11.1 Dados de identificação

Professor: Paulo Roberto Monteiro de Brito

Disciplina: Biologia

Tema: Genética

Turma: 1º ano do Ensino Médio

11.2 Duração

6 aulas (3 horas e 20 minutos) para o conteúdo teórico, 50 minutos para aula prática e 50 minutos para avaliação.

11.3 Ementa

Estudo da composição e das propriedades do material genético de organismos eucarióticos e procarióticos, envolvendo os princípios da biologia molecular, de herança mendeliana e dos diferentes tipos de herança genética e suas diversas aplicações.

11.4 Objetivo geral

Compreender, através de fundamentação teórico-prática, a estrutura molecular, as funções básicas do material genético e os mecanismos gerais envolvidos na transmissão dos caracteres hereditários que atuam na reprodução dos seres vivos, enfatizando os diversos tipos de herança gênica e suas mais diversas aplicações, bem como os conhecimentos relacionados à biotecnologia básica, tornando o aluno apto a compreender as bases genéticas do melhoramento genético.

11.5 Objetivos Específicos

Reconhecer a importância e histórico da genética. Conhecer e aplicar conceitos genéticos básicos. Compreender as Leis de Mendel e suas implicações. Conhecer as variações na herança monofatorial: polialelia e ausência de dominância e genes letais. Inferir sobre como atua a múltipla interação entre os genes. Despertar o interesse dos alunos pelos estudos em Ciências Biológicas.

11.6 Conteúdo

Discutir sobre as concepções pré-mendelianas, Leis de Mendel e seus experimentos. Conceituar gene, DNA, cromossomos, alelo, dominante, recessivo, heterozigoto, homozigoto e demais conceitos básicos exigidas de acordo com a grade curricular do aluno. Elaborar e testar hipóteses utilizando cruzamento teste e teoria cromossômica da herança.

11.7 Metodologia

Utilização de projetores para dinamizar as aulas com ilustrações, esquemas e vídeos. Utilização de lousa para descrever os temas que serão abordados durante as aulas. Aplicação de aula prática com atividade em grupo antes da avaliação.

11.8 Avaliação

A avaliação será aplicada na sexta aula e será realizada de forma individual. Ao todo serão 05 perguntas testes valendo 1 ponto para cada pergunta e 1 redação valendo 05 pontos. Também serão avaliados o comportamento e o interesse do aluno.

11.9 Referências

MENDONÇA, Vivian L. **Biologia: Ensino Médio**. v.3 3. Ed, **São Paulo**: Editora AJS, 2016.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJER, F.; PACCA, H. **Biologia Hoje**: Ensino Médio. v. 3, 3. Ed, **São Paulo**: Editora Ática, 2016

Nome:

RE:

Ano/ turma:

Data: / /

Professor: Paulo Roberto Monteiro de Brito

Matéria: Ciências Biológicas

Tema: Genética

Avaliação

I - Com base nos experimentos de plantas de Mendel, foram estabelecidos três princípios básicos, que são conhecidos como leis da uniformidade, segregação e distribuição independente. A lei da distribuição independente refere-se ao fato de que os membros de pares diferentes de genes segregam-se independentemente, uns dos outros, para a prole.

TURNPENNY, P. D. **Genética médica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009 (adaptado).

Hoje, sabe-se que isso nem sempre é verdade. Por quê?

- 1) A distribuição depende do caráter de dominância ou recessividade do gene.
- 2) Os organismos nem sempre herdam cada um dos genes de cada um dos genitores.
- 3) As alterações cromossômicas podem levar a falhas na segregação durante a meiose.
- 4) Os genes localizados fisicamente próximos no mesmo cromossomo tendem a ser herdados juntos.
- 5) E O cromossomo que contém dois determinados genes pode não sofrer a disjunção na primeira fase da meiose.

II - Gregor Mendel, no século XIX, investigou os mecanismos da herança genética observando algumas características de plantas de ervilha, como a produção de sementes lisas (dominante) ou rugosas (recessiva), característica determinada por um par de alelos com dominância completa. Ele acreditava que a herança era transmitida por fatores que, mesmo não percebidos nas características visíveis (fenótipo) de plantas híbridas (resultantes de cruzamentos de linhagens puras), estariam presentes e se manifestariam em gerações futuras.

A autofecundação que fornece dados para corroborar a ideia da transmissão dos fatores idealizada por Mendel ocorre entre plantas

- 1) híbridas, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.
- 2) híbridas, de fenótipo dominante, que produzem sementes lisas e rugosas.
- 3) de linhagem pura, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.
- 4) de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem sementes lisas e rugosas.
- 5) de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem apenas sementes rugosas.

III - Sobre o vocabulário genético, associe corretamente:

I. genótipo;

II. fenótipo;

III. gene;

IV. heredograma.

A. É a montagem de um grupo familiar com o uso de símbolos, também conhecido como genealogia mapa familiar.

B. Cada segmento de DNA capaz de transcrever sua mensagem em uma molécula de RNA.

C. É a constituição genética de um organismo, ou seja, o conjunto de alelos que ele herdou dos genitores.

D. São as características internas ou externas de um ser vivo, geneticamente determinadas.

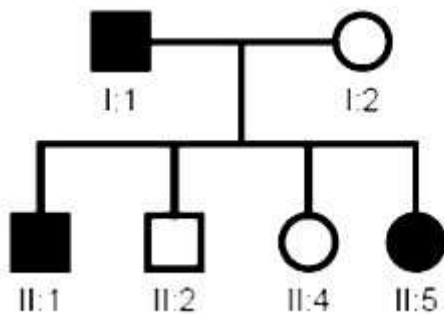
Assinale a alternativa correta:

- 1) I-A ; II-B ; III-D ; IV-C
- 2) I-C ; II-D ; III-B ; IV-A
- 3) I-B ; II-A ; III-D ; IV-C
- 4) I-A ; II-C ; III-B ; IV-D
- 5) I-D ; II-B ; III-A ; IV-C

IV - Os grupos sanguíneos ABO são determinados por três alelos diferentes de um único gene: I^A , I^B e i . A pessoa com tipo sanguíneo AB apresenta genótipo $I^A I^B$, representando um caso típico de:

- 1) Dominância incompleta
- 2) Codominância
- 3) Recessividade
- 4) Epistasia
- 5) Euploidia

V - (UFPR) Na genealogia abaixo, os indivíduos assinalados com preto apresentam uma anomalia determinada por um gene dominante.



Analisando essa genealogia, é correto afirmar:

- 1) Apenas os indivíduos I:1; II:1 e II:5 são heterozigotos.
- 2) Todos os indivíduos afetados são homozigotos.
- 3) Todos os indivíduos não afetados são heterozigotos.
- 4) Apenas o indivíduo I:1 é heterozigoto.
- 5) Apenas os indivíduos I:1 e I:2 são homozigotos.

<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

12 – CONCLUSÃO

Os assuntos relacionados a genética são bastante amplos e cada um dos livros analisados nesta revisão consegue abordar de forma inteligente e intuitiva os principais temas exigidos nas grades curriculares do Ensino Médio do Brasil. Cada livro analisado possui características próprias que auxiliam o professor a montar o seu plano de aula da forma mais completa e dinâmica possível utilizando os recursos disponíveis em cada um deles para complementar as suas aulas de acordo com as habilidades e competência de cada turma. Os três livros, no geral, são excelentes para tratar desse assunto complexo e ao mesmo tempo incrível que é o campo da Biologia Molecular, especialmente da genética. Trazendo assuntos da atualidade, registros históricos e culturais, críticas sobre o que foi estudado e curiosidades que proporcionam ao aluno, ferramentas necessárias para o seu aprimoramento.

Referencias

- 1 Nascimento, L. M. M. Como ensinar a estudantes universitários de ciências biológicas e ciências da saúde sobre a crise do conceito de gene? 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.
- 2 Joaquim, L. M. ; El-Hani, C. N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. *Scientiae Studia*, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010.
- 3 Keller, E. F. O século do gene. Belo Horizonte: Crisálida, 2002
- 4 Falk, R. What is a gene? *Studies in the History and Philosophy of Science*, 17, p. 133-73, 1986.
- 5 Fogle, T. Are genes units of inheritance? *Biology and Philosophy*, 5, p. 349-71, 1990.
- 6 Waizbort, R. & Solha, G. C. F. Os genes interrompidos: o impacto da descoberta dos íntrons sobre a definição de gene molecular clássico. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 5, p. 63-82, 2007.
- 7 Glover, David M.; Hogness, David S. A novel arrangement of the 18s and 28s sequences in a repeating unit of *Drosophila melanogaster* rDNA. *Cell*, vol. 10, p. 167-176, 1977.
- 8 Gilbert W. Why genes in pieces? *Nature*. 9 de fevereiro de 1978;271(5645):501–501.
- 9 Silva, Esdras M. G. da et al. Análise Comparativa da Diversidade de Splicing Alternativo no Proteoma do Cérebro Humano e Murino. 2018. Tese de Doutorado.
- 10 Early P, Rogers J, Davis M, Calame K, Bond M, Wall R, et al. Two mRNAs can be produced from a single immunoglobulin mu gene by alternative RNA processing pathways. *Cell*. junho de 1980;20(2):313–9.
- 11 Smith LM, Kelleher NL. Proteoform: a single term describing protein complexity. *Nat Methods*. março de 2013;10(3):186–7.
- 12 Schlüter H, Apweiler R, Holzhütter H-G, Jungblut PR. Finding one's way in proteomics: a protein species nomenclature. *Chem Cent J*. 9 de setembro de 2009; 3:11.
- 13 Modrek B, Lee CJ. Alternative splicing in the human, mouse and rat genomes is associated with an increased frequency of exon creation and/or loss. *Nat Genet*. junho de 2003;34(2):177–80.
- 14 Barbosa-Morais NL, Irimia M, Pan Q, Xiong HY, Gueroussov S, Lee LJ, et al. The evolutionary landscape of alternative splicing in vertebrate species. *Science*. 21 de dezembro de 2012;338(6114):1587–93.

- 15 Griffilths, A.J.F.; Miller, J.H.; Suzuki, D.T.; Lewontin, R.C.; Gelbart, W.M. Introdução à genética. Rio de Janeiro: Guanabara, 1998. 856p.
- 16 Patiño, L. C. Visões sobre gene de pesquisadores em Genética, Biologia Molecular e Genômica em diferentes níveis de formação. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal da Bahia – UFBA, 96 p., 2017.
- 17 Scheid, N. M. J. ; Ferrari, N. ; Delizoicov, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 11, p. 223-233, 2005.
- 18 Olby, R. The path to the Double Helix: the discovery of DNA. New York: Dover Publications, 1994.
- 19 Mayr, E. O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança. Tradução de Ivo Martinazzo. Brasília: UnB, 1998.
- 20 Hausmann, R. História da biologia molecular. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.
- 21 Fleck, L. La génesis y el desarrollo de un hecho científico. Tradução de Luis Meana. Madrid: Alianza Editorial, 1986.
- 22 Hepp, D. ; De Nonohay, J. S. A importância das técnicas e análises de DNA. *ScientiaTec*, v. 3, n. 2, p. 114-124, 2016.
- 23 Watson, J.D. ; Myers, RM; Caudy, A. A.; Witkowski, J. A. DNA Recombinante – Genes e Genomas, 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- 24 Hebert P.D.N., Stoeckle M.Y., Zemplak T.S., Francis C.M., Identification of birds through DNA barcodes, *PLoS Biol.*, 2004, 2, 1657-1663.
- 25 Edgar R.C., Muscle: a multiple sequence alignment method with reduced time and space complexity, *BMC Bioinform.*, 2004, 5, 1-19.
- 26 De Robertis, E. M. F.; HIB, J. Bases da biologia celular e molecular. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- 27 Ganeó, A. L. et al. Células: uma breve revisão sobre a diversidade, características, organização, estruturas e funções celulares. *Unisantia BioScience*, v. 8, n. 4, p. 458-463, 2019.
- 28 Zaha, A. (Org.) Biologia molecular básica. 3.ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 2003.
- 29 Junqueira, L. C. U., Carneiro, J. Histologia Básica: Texto & Atlas. 12.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

- 30 Rands, C.M. et al. (2014). 8.2% of the human genome is constrained: variation in rates of turnover across functional element classes in the human lineage. *PLoS Genetics*, 10(7). doi: 10.1371/journal.pgen.1004525.
- 31 Sridhar, J. et al. (2011). Junker: An intergenic explorer for bacterial genomes. *Genomics, Proteomics and Bioinformatics*, 9(4–5), 179–182. doi: 10.1016/S1672-0229(11)60021-1.
- 32 Guerra-Almeida, Diego; Tschoeke, Diogo Antonio; Nunes, Rodrigo f. Do DNA lixo ao DNA luxo. *Acta Scientiae et Technicae*, v. 7, n. 2, p. 81-95, 2020.
- 33 Eddy, S.R. (2012). The C-value paradox, junk DNA and ENCODE. *Current Biology*, 22(21), R898–9. doi: 10.1016/j.cub.2012.10.002.
- 34 Silva, L. G. Os papéis dos RNAs não codificantes no desenvolvimento embrionário: um panorama geral. 2009.
- 35 Costa, F.F. Non-coding RNAs: New players in eukaryotic biology. *Gene*, Chicago, n. 357, p. 83 – 94, 2005.
- 36 Bernstein, E. and Allis, C.D. (2005) RNA meets chromatin. *Genes Dev.*, 19, 1635–1655.
- 37 Morison, I.M., Ramsay, J.P. and Spencer, H.G. (2005) A census of mammalian imprinting. *Trends Genet.*, 21, 457–465.
- 38 Espolador, R. de C. R. T. Manipulação genética humana o controle jurídico da utilização de embriões em pesquisas científicas. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (Doutorado) Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná.