



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE BIOLOGIA

VANESSA TOLEDO SETTE

ESTRATÉGIAS PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DE  
BIOLOGIA:  
Os desafios do ensino da genética mendeliana no ensino  
médio.

STRATEGIES FOR TEACHING BIOLOGY:  
The challenges of teaching mendelian genetics in high school.

CAMPINAS

2019

**VANESSA TOLEDO SETTE**

**ESTRATÉGIAS PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA:  
Os desafios do ensino da genética mendeliana no ensino médio**

**STRATEGIES FOR TEACHING BIOLOGY:  
The challenges of teaching mendelian genetics in high school.**

*Dissertação de mestrado profissional apresentada ao Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Ensino de Biologia, na Área de Ensino de Biologia.*

*Professional Master's thesis presented to the Institute of Biology of the State University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Biology Teaching, in the area of Biology Education.*

ESTE ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE À  
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DE  
MESTRADO DEFENDIDA PELA ALUNA  
VANESSA TOLEDO SETTE E ORIENTADA PELA  
PROF.<sup>ª</sup> DR.<sup>ª</sup> VERA NISAKA SOLFERINI.

Orientadora: PROF.<sup>ª</sup> DR.<sup>ª</sup> VERA NISAKA SOLFERINI

**CAMPINAS**

**2019**

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Biologia  
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

Se78e Sette, Vanessa Toledo, 1980-  
Estratégias pedagógicas para o ensino de biologia : os desafios do ensino da genética mendeliana no ensino médio / Vanessa Toledo Sette. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Vera Nisaka Solferini.  
Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Genética. 2. Mendel, Lei de. 3. Hereditariedade. 4. Biologia (Ensino médio). 5. Currículos - Planejamento. 6. Livros didáticos. I. Solferini, Vera Nisaka, 1957-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Strategies for teaching biology : the challenges of teaching mendelian genetics in high school

**Palavras-chave em inglês:**

Genetics

Mendel's law

Heredity

Biology (High school)

Curriculum planning

Textbooks

**Área de concentração:** Ensino de Biologia

**Titulação:** Mestra em Ensino de Biologia

**Banca examinadora:**

Vera Nisaka Solferini [Orientador]

Cristina Pontes Vicente

Sergio de Mendonça

**Data de defesa:** 29-07-2019

**Programa de Pós-Graduação:** Ensino de Biologia em Rede Nacional

**Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)**

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-3533-4844>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/7950900218557127>

Campinas, 29 de julho de 2019.

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Nisaka Solferini (Orientadora)

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cristina Pontes Vicente (Membro)

Prof. Dr. Sérgio de Mendonça (Membro)

*Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram a Ata de Defesa, que se encontra no processo de vida acadêmica da aluna.*

Á minha família dedico esta  
dissertação.

Aos meus avós, Joana da Silva Sette  
e José Aparecido Toledo, que mesmo  
desconhecendo a escrita sempre  
acreditaram na educação.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, por se tornar uma Instituição Associada ao ProfBio, que com toda sua excelência e tradição no ensino e pesquisa permitiu que este sonho pudesse ser realizado. Universidade à qual minha gratidão será eterna.

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

Ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – ProfBio, por promover a qualificação profissional de Professores de Biologia em efetivo exercício.

Aos meus Professores de curso que se empenharam ao máximo para tornar nossa experiência única e significativa. Saibam que vocês impactaram e muito minha vida profissional e pessoal pois com seu entusiasmo e experiência, resgataram em mim a vontade de persistir na carreira que escolhi.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Nisaka Solferini, pelos ensinamentos, paciência e pelas contribuições valiosas que apoiaram este trabalho de pesquisa.

Aos meus colegas de curso e de jornada, de modo especial às amigas Consuelo Porcinio Prata, Luciana Akemi Kimura, Natália Simões Cervigne Tosati e Paula Martins de Souza, que sempre estiveram presentes nos momentos de alegria e de desespero também, o apoio e amizade de vocês foi fundamental.

À E. E. Adélio Ferraz de Castro, a equipe gestora, os professores, os funcionários e claro, aos meus alunos; agradeço pelo incentivo e pelo apoio, mas principalmente pelos ensinamentos diários. Sem a contribuição de vocês esta pesquisa não teria sentido.

A minha família, pelo carinho, incentivo, compreensão, apoio e amor incondicional durante esta fase de minha vida.

Ao meu amor, por toda compreensão, paciência, incentivo e demonstrações de carinho. Obrigada por sempre acreditar no meu potencial.

## RESUMO

O ensino de biologia, especialmente nos anos que englobam o ensino médio, apresenta uma tendência conteudista onde a abordagem segue uma prática descritiva com pouca ou nenhuma alteração em suas formas de apresentação. Diante da problemática que envolve a prática para o ensino de biologia, de modo particular o ensino de genética mendeliana, se faz necessário retomar, de forma compreensiva, a abordagem amplamente utilizada em materiais didáticos tradicionais. Para isso, avaliamos sete coleções de livros didáticos utilizados como material de apoio a aprendizagem no ensino médio, além do caderno do aluno, material distribuído pelo Estado de São Paulo como recurso pedagógico. As avaliações contaram com a análise de conteúdo das obras, bem como a sequência didática em que o conteúdo de genética mendeliana é abordado, proporcionando assim, um panorama geral sobre como a genética clássica é apresentada e problematizada durante o ensino médio nas escolas estaduais do estado de São Paulo. Os resultados obtidos demonstram que as obras apresentam características próprias e as diferenças observadas indicam uma tendência pedagógica ou preferência que se relaciona com a importância do assunto para cada um dos autores. Embora os resultados apontem para uma melhora no desempenho, demonstrando que os alunos compreendem os preceitos básicos relativos à genética, a dificuldade para aplicá-los em situações reais ou que envolvam mais de um alelo persiste. A visão conteudista ofertada aos educandos por meio dos recursos didáticos disponíveis compromete o processo ensino-aprendizagem apontando para a necessidade de se repensar o ensino de genética no ensino médio. Dessa forma, o produto deste trabalho mensura a qualidade das obras investigadas, com potencial para ser utilizado como guia por diversos profissionais da educação, auxiliando no desenvolvimento de estratégias educacionais e na escolha do recurso didático mais adequado à realidade escolar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Genética mendeliana, hereditariedade, ensino médio, parâmetros curriculares, livros didáticos.

## ABSTRACT

Teaching biology throughout secondary school years has presented a content focused tendency where the approach follows a descriptive practice which has little or no change in the presentation forms. When facing the challenges involving teaching biology, in particular the teaching of Mendelian genetics, it becomes a must to go back to the widely used approach used in the traditional materials in a more comprehensive way. To make that possible, seven collections of didactic books used in secondary schools were assessed in addition to the student's book distributed by the state of São Paulo as a pedagogical source. The assessment took into account the content; the didactic sequence in which the content of Mendelian genetics is approached in each analyzed material, thus providing an overview of how classical genetics is presented and problematized during high school in the state public schools in São Paulo State. The gathered results show that the works have their own characteristics and the observed differences indicate a pedagogical tendency or preference that are directly related to the importance about the subject for each author. The results show that although students understand the basic precepts essential to the subject, there is great difficulty in applying them in real situations or situations involving more than one allele. The content-based view offered to students through the available didactic resources compromises the teaching and learning process and points to the need of rethinking the teaching of genetics in high school. Therefore, the product of this study measures the inquired works quality with the potential to be used as a guide by several educators in order to assist in the development of educational strategies as well as in choosing the educational resources which best suits the school reality.

**KEY WORDS:** Mendelian genetics, heredity, high school, curricular parameters, didactic books.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                     | 11 |
| 2. OBJETIVOS .....                                      | 16 |
| 2.1. Objetivo geral .....                               | 16 |
| 2.2. Objetivos específicos .....                        | 16 |
| 3. METODOLOGIA .....                                    | 17 |
| 3.1. Investigação dos recursos didáticos .....          | 17 |
| 3.2. Recursos gráficos, metodológicos e auxiliares..... | 18 |
| 3.3. Análise do conteúdo.....                           | 19 |
| 3.4. Verificação da aprendizagem.....                   | 19 |
| 4. RESULTADOS.....                                      | 22 |
| 4.1. Investigação dos recursos didáticos .....          | 22 |
| 4.2. Recursos gráficos, metodológicos e auxiliares..... | 23 |
| 4.3. Análise do conteúdo.....                           | 24 |
| 4.3.1. C01 – Biologia Hoje.....                         | 25 |
| 4.3.2. C02 – Ser protagonista: Biologia.....            | 26 |
| 4.3.3. C03 – Biologia unidade e diversidade.....        | 27 |
| 4.3.4. C04 – Biologia moderna .....                     | 28 |
| 4.3.5. C05 – Conexões com a Biologia .....              | 29 |
| 4.3.6. C06 – Bio .....                                  | 30 |
| 4.3.7. C07 – Biologia.....                              | 31 |
| 4.3.8. CA – Caderno do Aluno .....                      | 32 |
| 4.4. Verificação da aprendizagem.....                   | 33 |
| 5. DISCUSSÃO .....                                      | 39 |
| 5.1. Investigação dos recursos didáticos .....          | 39 |
| 5.2. Recursos gráficos, metodológicos e auxiliares..... | 40 |
| 5.3. Análise do conteúdo.....                           | 41 |
| 5.3.1. Perspectiva global.....                          | 41 |
| 5.4. Verificação da aprendizagem.....                   | 48 |
| 6. CONCLUSÃO.....                                       | 51 |
| REFERÊNCIAS.....  | 53 |
| Anexo I – Declaração de Bioética e Biossegurança .....  | 55 |
| Anexo II – Declaração de Direitos Autorais.....         | 56 |
| Anexo III – Avaliação do 3º Bimestre .....              | 57 |

|   |    |
|---|----|
| Anexo IV – Avaliação do 4º Bimestre ..... | 58 |
|---|----|

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de biologia, especialmente nos anos que englobam o ensino médio, apresenta uma tendência conteudista onde a abordagem dos conceitos e conteúdos básicos, relativos à biologia, segue uma prática descritiva com pouca ou nenhuma alteração em suas formas de apresentação. Myriam Krasilchik (2016, p.187) descreve em seu livro que

[...] o ensino de biologia atual, ainda como reflexo da importância dos currículos dos anos de 1960, limita-se a apresentar a ciência completamente desvinculada de suas aplicações e das relações que tem com o dia a dia do estudante, amplamente determinado e dependente da tecnologia.

O Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM) foi implementado em 2005 com o objetivo de distribuir, gratuitamente, livros didáticos para todas as séries da educação básica em âmbito nacional, entretanto, os livros de biologia só foram inseridos no programa a partir do ano de 2006. A estruturação das disciplinas de ciências e da própria biologia sofreram adequações no decorrer dos anos, atualmente a contextualização, os valores sociais, a prática cotidiana e os conhecimentos específicos ganharam destaque quanto a avaliação das obras literárias pelo programa nacional do livro didático (PNLD).

Os livros didáticos por si só não oferecem todos os elementos necessários para o adequado desenvolvimento dos conteúdos em sala de aula, no entanto se mostram como um recurso fundamental capaz de fornecer subsídios necessários que auxiliam na aprendizagem dos alunos, além de serem excelentes materiais de apoio docente. O professor pode extrair dos livros, recursos como gráficos, tabelas, imagens, figuras, mapas além de fragmentos de textos diversos que estimulam a construção do conhecimento e também promovem discussões, debates e outras atividades pedagógicas que se complementam no processo ensino-aprendizagem.

Embora sejam fontes de informação e por muitas vezes, a única fonte de leitura confiável que o aluno terá acesso, grande parte dos livros didáticos, assim como qualquer material de apoio docente, não oferta uma prática inovadora por se tratar de um modelo editorial comercial. Adicionalmente, a ausência de estrutura adequada, preparo durante a formação pedagógica e o acesso a fontes de consulta diferenciadas, o professor se vê engessado em um currículo ultrapassado e

inadequado, que aplica a mesma relevância aos detalhes, muitas vezes desnecessários, bem como aos conceitos básicos que são fundamentais para uma boa compreensão do assunto estudado.

Mesmo se tratando de um recurso indispensável, docentes, discentes e outros profissionais da área da educação mantem uma postura crítica com relação ao livro didático. Núñez, (2003) argumenta que o professor deve desenvolver saberes e competências capazes de superar as limitações encontradas nos livros didáticos, outro fator apontado pelo autor se refere ao caráter genérico das obras que acabam não contextualizando os saberes deixando de atender às problemáticas locais.

Se apropriar dos preceitos genéticos é fundamental para que o cidadão compreenda o mundo que o cerca e os avanços tecnológicos muito utilizados no agronegócio e na engenharia genética, bem como no avanço da saúde e da medicina. Assim, o professor assume o papel de interlocutor para o entendimento desses novos processos e deve articular, em sala de aula, o uso de novas metodologias para que a aprendizagem se torne, de fato, efetiva. O uso de modelos didáticos e sequências didáticas que fogem do padrão tradicional de ensino promovem o protagonismo juvenil e a curiosidade nata dos alunos, tornando o aprendizado mais prazeroso e significativo.

Inserido neste contexto, a hereditariedade é um dos temas, dentro do ensino de genética, que desperta o maior interesse pelos educandos visto que a abordagem realizada pelos diversos recursos didáticos atenta para as características fenotípicas observáveis. Entretanto, esses mesmos recursos didáticos trabalham a herança genética de forma linear, condicionando a expressão de uma característica fenotípica a apenas um par de alelos, ou um único gene, enfatizando o determinismo genético já enraizado na sociedade atual.

De fato, os conceitos básicos, essenciais para a compreensão da genética, esbarram na dificuldade que a sociedade, de modo geral, apresenta em perceber a ideia de que fatores ambientais podem interagir com os fatores genéticos. Penchaszadeh, 2004, em seu artigo publicado nos anais do simpósio de bioética, ressalta que tanto o reducionismo como o determinismo genético podem gerar uma série de interpretações equivocadas quanto a transmissão de características que vão desde a manifestação de uma determinada doença até comportamentos sociais e a manifestação da inteligência.

Outro ponto relevante quanto ao ensino de genética se refere ao fato de que este, requer na maioria dos casos, o uso da abstração para que diversos conceitos possam ser compreendidos de forma adequada. Não é raro encontrar em sala de aula indivíduos que não contemplam a abstração e por este motivo, acabam não acompanhando o desenvolvimento do conteúdo que foi ensinado. Ainda que o uso de recursos adicionais como a construção de maquetes, uso de diapositivos e experimentação laboratorial propiciem uma prática inovadora ao promover conexões entre os conceitos teóricos e a experimentação prática, onde o reconhecimento de processos químicos e biológicos que ocorrem de forma simultânea no interior da célula podem ser melhor compreendidos, o uso do livro didático se mantém como um recurso importante.

Recentemente uma nova discussão quanto à necessidade de oportunizar aos alunos atividades práticas que envolvem a experimentação laboratorial ganharam destaque. Em 2013 o Ministério da Educação com o objetivo de garantir o acesso à educação de qualidade aos jovens do ensino médio iniciou o programa ensino médio inovador (Pro-EMI), integrado ao plano de desenvolvimento da educação, com o intuito de criar melhores condições de ensino na educação básica e redesenhar o currículo oficial, diversificando assim, as práticas pedagógicas.

De acordo com o documento orientador do Pro-EMI, expedido pelo ministério da educação (2013, p. 11) estabelece em um de seus incisos que

Atividades teórico-práticas que fundamentem os processos de iniciação científica e de pesquisa, utilizando laboratórios das ciências da natureza, das ciências humanas, das linguagens, de matemática e outros espaços que potencializem aprendizagens nas diferentes áreas do conhecimento.

Contudo, as condições de instalação encontradas nas escolas públicas estaduais devem ser verificadas, bem como a organização e a qualidade dos materiais de uso experimental. A ausência de infraestrutura é uma queixa recorrente entre os professores e por muitas vezes se torna um fator determinante para que as aulas práticas sejam realizadas, independentemente do quão criativo este professor possa ser.

Segundo Krasilchik (2016, p.89)

Embora a importância das aulas práticas seja amplamente reconhecida, na realidade elas formam uma parcela muito pequena dos cursos de biologia, porque, segundo os professores, não há tempo suficiente para a preparação do material, falta-lhes segurança para controlar a classe, conhecimento para organizar experiências e também não dispõem de equipamentos e instalações adequadas.

Nada obstante, as justificativas apontadas acima podem ser confrontadas visto que existem formas alternativas para se trabalhar diversos contextos sem utilizar laboratórios e recursos de difícil acesso. Temp, (2011) argumenta que cabe ao professor, diante de seu papel, inserir os estudantes no mundo científico para que possam, ao menos, tomar decisões e discutir sobre os mais variados temas lançando mão do conhecimento científico em detrimento ao conhecimento popular.

Grande parte dos alunos do ensino médio, assim como a sociedade de forma geral, apresenta muita dificuldade em compreender os mecanismos que envolvem a hereditariedade e a aplicação dos conceitos de genética mendeliana para interpretar, ou montar, uma sequência lógica de eventos que engloba a obtenção de dados, o raciocínio matemático e a aplicação prática na resolução de uma situação hipotética. Dessa forma, o aprendizado real dos conceitos básicos de genética permanece à margem frente aos outros temas relativos à biologia.

Sendo assim, a concepção de sujeitos transformadores pode ser concretizada quando se observa o raciocínio de Perrenoud diante das competências necessárias para a formação do indivíduo autônomo. Perrenoud (2000, p.27) articula que

A competência requerida hoje em dia é o domínio dos conteúdos com suficiente fluência e distância para construí-los em situações abertas e tarefas complexas aproveitando ocasiões partindo dos interesses dos alunos explorando os acontecimentos em suma, favorecendo a apropriação ativa e a transferência dos saberes sem passar necessariamente por sua exposição metódica.

Considerando a problemática que envolve a prática para o ensino de biologia, de modo particular o ensino de genética mendeliana, se faz necessário retomar, de forma compreensiva, a abordagem amplamente utilizada em materiais didáticos tradicionais, bem como os disponibilizados pelo governo do Estado de São Paulo, o que compreende os dois volumes do caderno do aluno (CA) para o segundo

ano do ensino médio e os livros didáticos ofertados aos educandos para a realização de tarefas, estudo em sala de aula e como fonte auxiliar de pesquisa.

Levando-se em consideração que o ensino de qualquer ciência inclui a experimentação e a prática através da resolução de situações problema onde se pode aplicar o método científico, e que este aspecto é essencial para a educação dos jovens, a problemática histórica envolvendo o ensino de genética, especialmente a genética mendeliana e os padrões de hereditariedade, deve ser observada possibilitando repensar as estratégias de abordagem tradicionais, sugerindo assim, uma alternativa inovadora no processo de ensino aprendizagem.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho tem por objetivo analisar o conteúdo programático de diferentes materiais didáticos utilizados no ensino de biologia durante o ensino médio, de forma particular, investigar a abordagem do conteúdo de genética mendeliana e as estratégias de apresentação do conceito de hereditariedade, além de dimensionar as atividades e exercícios propostos presentes nos diversos materiais didáticos avaliados.

### **2.1. Objetivo geral**

Proporcionar um panorama geral sobre como a genética, de forma particular, a genética mendeliana, é apresentada e abordada durante o ensino médio nas escolas estaduais do estado de São Paulo. A partir dessa análise, reconhecer os padrões de apresentação genética identificados nos recursos didáticos ofertados aos educandos, avaliando posteriormente a o desenvolvimento da aprendizagem.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Comparar o teor e a apresentação do conteúdo programático de genética e de genética mendeliana em diferentes coleções de livros didáticos de biologia para o ensino médio;
- Identificar as estratégias utilizadas em diferentes recursos didáticos para o ensino de genética mendeliana e as aplicadas na apresentação do conceito de hereditariedade;
- Comparar diferentes estratégias para o ensino de genética mendeliana e dos mecanismos de hereditariedade;
- Avaliar a influência do recurso didático no processo ensino-aprendizagem por meio de avaliações formais.

### 3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa foram investigadas, além do caderno do aluno, sete coleções de livros didáticos de biologia distribuídos gratuitamente, através do programa nacional do livro didático (PNLD), aos professores da rede estadual de ensino do Estado de São Paulo para análise e escolha do material de apoio ao aluno nos anos que compreende o período entre 2018 e 2020. Embora todas as instituições de ensino do Estado de São Paulo recebam uma ampla variedade de coleções para análise, a escolha do material que será efetivamente utilizado nas escolas permanece a critério do professor, que deve sugerir três opções que contemplem as necessidades educacionais da unidade escolar. O livro sugerido pelo professor ainda está sujeito a disponibilidade dentro do programa nacional do livro didático, que os envia para as escolas.

#### 3.1. Investigação dos recursos didáticos

A escolha das coleções para análise levou em consideração a facilidade de acesso ao material, o conteúdo, a estrutura da obra e suas potencialidades diante da proposta político-pedagógica da escola, o nível de aprofundamento conceitual apresentado pelos autores e o projeto gráfico adotado pelos mesmos. Outro fator determinante se refere às editoras, priorizou-se a diversidade quanto as editoras para fins comparativos.

As coleções de livros de biologia foram catalogadas como demonstrado na **Tabela 01** sendo referenciadas neste trabalho de acordo com o número da coleção, de 01 a 07, como evidenciado na tabela abaixo.

**Tabela 01** – Lista de Livros, por coleção, analisados neste trabalho de pesquisa.

(Continua)

| Coleção | Título                           | Autor(es)  | Editora    | Quantidade de Volumes | Ano de Edição |
|---------|----------------------------------|--|------------|-----------------------|---------------|
| 01      | Biologia Hoje                    | LINHARES, Sérgio;<br>GEWANDSZNAJDER,<br>Fernando; PACCA,<br>Helena | Ática      | 3                     | 2017          |
| 02      | Ser<br>protagonista:<br>Biologia | BANDOUK, Antonio<br>Carlos. et al.                                 | Edições SM | 3                     | 2016          |

**Tabela 01** – Lista de Livros, por coleção, analisados neste trabalho de pesquisa.

(Conclusão)

|           |                                |  |         |   |      |
|-----------|--------------------------------|--|---------|---|------|
| <b>03</b> | Biologia unidade e diversidade | FAVARETTO, José Arnaldo                                    | FTD     | 3 | 2016 |
| <b>04</b> | Biologia moderna               | AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues           | Moderna | 3 | 2016 |
| <b>05</b> | Conexões com a Biologia        | THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres                        | Moderna | 3 | 2016 |
| <b>06</b> | Bio                            | LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio                                | Saraiva | 3 | 2017 |
| <b>07</b> | Biologia                       | SILVA JÚNIOR, César; SASSON, Sezar; CALDINI JÚNIOR, Nelson | Saraiva | 3 | 2017 |

Para a análise das coleções foram considerados apenas os volumes e capítulos referentes a genética mendeliana; a primeira análise identificou os temas chave trabalhados em cada volume, além de identificar em cada coleção o volume onde a genética foi abordada considerando a quantidade de capítulos destinados ao conteúdo de genética quando comparado à genética mendeliana. O mesmo critério foi aplicado para o caderno do aluno (CA) que é distribuído pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo para todos os educandos.

### 3.2. Recursos gráficos, metodológicos e auxiliares

Em um segundo momento, os recursos gráficos e metodológicos foram avaliados, assim como a presença e quantidade de recursos auxiliares que cada coleção apresenta para favorecer as conexões entre a teoria e a aplicação prática. A escolha dos itens categorizados considerou a presença do mesmo em todos os recursos analisados neste estudo, incluindo o caderno do aluno.

A análise subsequente dos recursos ponderou a frequência com a qual são empregados pelos autores e a diversidade apresentada com relação as sugestões de atividades, propostas de pesquisa e/ou seminários, recomendações de leituras complementares, aplicações práticas e cotidianas.

### 3.3. Análise do conteúdo

Em relação aos preceitos contextuais e o teor do aprofundamento conceitual de cada coleção empregou-se a análise do conteúdo com o intuito de identificar dentro dos capítulos relativos a genética mendeliana, a abordagem adotada pelos autores. As categorias definidas para a análise abrangem a escolha do texto introdutório, a estratégia adotada para a apresentação do conceito de hereditariedade e sua relação com o ensino da Primeira Lei de Mendel. Outro critério de comparação adotado engloba as sugestões e propostas de atividades diferenciadas e a recomendação de exercícios apresentadas pelos autores, sendo que este último pode ou não estar acompanhado por exemplos de exercícios resolvidos.

### 3.4. Verificação da aprendizagem

Com a finalidade de se determinar onde a aprendizagem ocorreu de forma significativa, foram propostas diferentes formas de abordagem diante do mesmo currículo (Currículo Oficial do Estado de São Paulo) e conteúdo programático abordado durante o ensino de genética, que transcorreu a partir do terceiro bimestre letivo na segunda série do ensino médio. Para isso foram empregadas três estratégias de apresentação do conteúdo envolvendo materiais didáticos distintos, evidenciados por meio da **Tabela 02**, e que foram aplicadas em cada uma das três turmas da segunda série do ensino médio de uma escola estadual do município de Vargem, São Paulo.

O livro didático (C05) utilizado como material de apoio a aprendizagem neste estudo foi aprovado pelo programa nacional do livro didático (PNLD) para o triênio que corresponde aos anos 2018 a 2020, de acordo com as normativas estabelecidas pelo Ministério da Educação em observância ao que determina o Guia do PNLD para o ano de 2018. A escolha do livro didático pela autora desta pesquisa, que também é professora de biologia da referida escola estadual em questão, levou em consideração a estrutura dos conteúdos e sua distribuição em todos os volumes do livro didático, quando comparados aos cadernos do aluno de biologia, nos três anos que compreendem o ensino médio. A coleção 05 foi a única que apresentou uma correlação entre os volumes do livro e a sequência didática trabalhada por série nos cadernos do aluno.

Com o objetivo de preservar a integridade dos educandos e reservando também sua identidade, as turmas foram identificadas como apresentado na **Tabela 02**. Para cada uma das turmas abaixo relacionadas, uma estratégia pedagógica diferenciada foi utilizada para a apresentação e o desenvolvimento do conteúdo de genética onde foram aplicadas diferentes combinações do material de apoio a aprendizagem como recurso didático, evidenciado por meio da tabela abaixo:

**Tabela 02** – Material de apoio a aprendizagem e estratégia pedagógica utilizado por turma.

| Turmas | Número de alunos por bimestre |    | Estratégia pedagógica | Recurso didático      |                      |
|--------|-------------------------------|----|-----------------------|-----------------------|----------------------|
|        | 1º                            | 4º |                       | Caderno do Aluno (CA) | Livro Didático (C05) |
|        |                               |    |                       |                       |                      |
| T01    | 38                            | 31 | A                     | X                     |                      |
| T02    | 37                            | 31 | B                     |                       | X                    |
| T03    | 40                            | 31 | C                     | X                     | X                    |

Para cada uma das três turmas, empregou-se uma estratégia pedagógica distinta visto que cada recurso didático utilizado apontava para uma sequência didática ímpar. A estratégia “A” trabalhou os conceitos de características hereditárias, congênicas e adquiridas previamente, inserindo as concepções pré-mendelianas sobre hereditariedade ao longo da situação de aprendizagem. As ideias de Hipócrates e Aristóteles fecharam a sequência introdutória, encadeando o assunto para a segunda situação de aprendizagem onde as ideias de Mendel foram desenvolvidas. Para a estratégia “B”, a sensibilização se deu por meio de um texto introdutório reflexivo sobre a origem dos diferentes povos indígenas brasileiros evidenciando a genética como um recurso extra na reconstrução da história dessa origem. A sequência didática abordou as primeiras teorias sobre hereditariedade e usou a descoberta dos gametas e da fecundação como ponte, dando continuidade para o segundo tema, onde a primeira lei de Mendel foi estudada, e posteriormente a segunda lei. A estratégia “C” contemplou ambos os recursos didáticos, dessa forma, empregou-se a estratégia “A” complementada com os recursos extra presentes na estratégia “B”.

As principais diferenças entre as estratégias utilizadas se referem a sequência na qual os assuntos foram apresentados aos educandos e também no tipo de leitura complementar que estes tiveram acesso no decorrer do processo ensino-

aprendizagem. Na estratégia “A”, núcleo, clonagem e mitose foram discutidos em uma situação de aprendizagem anterior à genética, e os conceitos de alelo, autofecundação, dominância, recessividade, fenótipo e genótipo foram apresentados durante a primeira situação de aprendizagem. Para as estratégias “B” e “C”, todos os aspectos relativos ao núcleo celular (DNA, cromossomos e atividade nuclear) e os processos de divisão celular foram estudados previamente para então seguir com os primórdios da genética e as leis de Mendel, entretanto, as bases físicas da hereditariedade como a teoria cromossômica da herança e os conceitos sobre genes, alelo, autofecundação, dominância, recessividade, fenótipo, genótipo e as características monogênicas foram apresentados ao final do unidade, seguindo a sequência didática adotada pelo autor do livro da C05.

Ao contemplar o currículo, os educandos foram avaliados através do uso de avaliações formais que envolveram a aplicação de questões dissertativas objetivas (respostas curtas) e de múltipla escolha. As questões aplicadas estão disponíveis em anexo (**Anexos III e IV**) e as respostas corretas foram destacadas em amarelo. A verificação do processo ensino-aprendizagem nas diferentes turmas da segunda série do ensino médio foi então comparada com a finalidade de se constatar a significância da aprendizagem diante dos diferentes recursos didáticos utilizados para cada uma das turmas. Os dados obtidos através deste trabalho foram analisados quantitativamente e qualitativamente, levando-se em consideração a média geral por turma sendo desconsiderado para a análise os resultados obtidos dos alunos inclusivos (portadores de necessidades especiais com laudo médico atestando sua condição intelectual).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Investigação dos recursos didáticos

A análise das coleções completas selecionadas para o estudo identificou os temas chave abordados em cada volume, possibilitando assim, apontar o volume onde a temática envolvendo o ensino de genética foi trabalhada. A **Tabela 03** sintetiza os principais tópicos mencionados, separados por volume, de acordo com a coleção previamente catalogada.

**Tabela 03** – Temas chave por coleção e volume.

| Coleção | Volume | Temas abordados   |
|---------|--------|---|
| 01      | 1      | Origem da vida, citologia, reprodução e desenvolvimento.                            |
|         | 2      | Sistemática, reino <i>plantae</i> e <i>animalia</i> , anatomia e fisiologia humana. |
|         | 3      | Genética, evolução e ecologia.  |
| 02      | 1      | Origem da vida, citologia, reprodução e desenvolvimento.                            |
|         | 2      | Sistemática, reino <i>plantae</i> , reino <i>animalia</i> e fisiologia humana.      |
|         | 3      | Genética, evolução e ecologia.  |
| 03      | 1      | Origem da vida, citologia, nutrição, reprodução e desenvolvimento.                  |
|         | 2      | Sistemática, reino <i>animalia</i> e <i>plantae</i> , saúde humana e hormônios.     |
|         | 3      | Ecologia, genética e evolução.  |
| 04      | 1      | Origem da vida, citologia, reprodução e desenvolvimento.                            |
|         | 2      | Sistemática, reino <i>plantae</i> e <i>animalia</i> , anatomia e fisiologia humana. |
|         | 3      | Genética, evolução e ecologia.  |
| 05      | 1      | Introdução à biologia, evolução, ecologia, saúde humana e citologia.                |
|         | 2      | Evolução, reprodução, histologia, divisão celular e genética.                       |
|         | 3      | Sistemática, reino <i>plantae</i> e <i>animalia</i> , fisiologia e saúde humana.    |
| 06      | 1      | Ecologia, origem da vida e citologia.   |
|         | 2      | Sistemática, reino <i>plantae</i> e reino <i>animalia</i> .                         |
|         | 3      | Fisiologia humana, genética e evolução.   |
| 07      | 1      | Identidade da vida, ecologia, citologia e origem da vida.                           |
|         | 2      | Sistemática, reino <i>animalia</i> , fisiologia humana e reino <i>plantae</i> .     |
|         | 3      | Metabolismo celular, genética, evolução e saúde humana.                             |
| CA*     | 1      | Citologia, obtenção energética, genética e divisão celular.                         |
|         | 2      | Código genético (DNA), síntese proteica e biotecnologia.                            |

\* Informações referentes aos dois volumes do caderno do aluno da segunda série do ensino médio.

A **Tabela 04** a seguir exhibe, para cada coleção e para o caderno do aluno, a quantidade de páginas atribuídas ao conteúdo de genética e as destinadas à genética mendeliana. Foi possível observar alterações quanto ao volume, unidade ou módulo destinado ao conteúdo de genética, além das diferenças quanto a quantidade de capítulos e páginas propostos a genética mendeliana diante das diferentes coleções.

**Tabela 04** – Localização do volume indicado ao ensino de genética e a quantidade de capítulos e páginas destinados ao conteúdo de genética e genética mendeliana.

| Coleção | Volume | Unidade ou Módulo | Capítulos: Genética | Capítulos: Genética Mendeliana | Páginas: Genética | Páginas: Genética Mendeliana |
|---------|--------|-------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 01      | 3      | 1                 | 7                   | 2                              | 98                | 32                           |
| 02      | 3      | 1                 | 8                   | 4                              | 119               | 56                           |
| 03      | 3      | 3                 | 7                   | 5*                             | 101               | 45                           |
| 04      | 3      | 1                 | 4                   | 2                              | 89                | 52                           |
| 05      | 2      | 6 e 7             | 12                  | 3                              | 83                | 18                           |
| 06      | 3      | 2                 | 5                   | 2                              | 122               | 49                           |
| 07      | 3      | 2                 | 10                  | 4                              | 105               | 36                           |
| CA**    | 1      | 5 a 9             | 9                   | 2                              | 91                | 32                           |
|         | 2      | 4 a 7             |                     |                                |                   |                              |

\* O autor dessa coleção intitula vários capítulos como “Mendel e variações” onde há menção ou comparação dos trabalhos de Mendel para contextualizar as variações referentes a 1ª e/ou 2ª lei. \*\* O caderno do aluno é dividido por situações de aprendizagem em substituição a unidade ou módulo, sendo composto por dois volumes por série.

## 4.2. Recursos gráficos, metodológicos e auxiliares

Os recursos gráficos empregados para elucidar a fundamentação teórica foram classificados como indicado na **Tabela 05**. Os itens categorizados foram escolhidos considerando-se a presença do mesmo em todos os recursos analisados neste estudo, incluindo o caderno do aluno. O emprego de exemplos ilustrativos, como os recursos categorizados abaixo, se mostrou relevante devido a natureza abstrata que envolve o ensino de genética bem como o domínio de artifícios matemáticos para a correta compreensão das frequências genotípicas e fenotípicas.

**Tabela 05** – Recursos gráficos analisados.

| Tipo de recurso gráfico |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| A                       | Figura ou imagem          |
| B                       | Quadro comparativo        |
| C                       | Representação esquemática |
| D                       | Quadrado de Prunnett      |
| E                       | Segregação dos “fatores”  |

A análise das atividades, sugestões de pesquisa (incluindo apresentação de seminários), leituras complementares, aplicações práticas e cotidianas relativas apenas ao conteúdo de genética mendeliana foram quantificadas e estão representadas na **Tabela 06**, onde a frequência das mesmas foram enumerada. Como atividades, foram consideradas para este estudo todo tipo de questão, discursiva e múltipla escolha, bem como o preenchimento de quadros, tabelas e a construção de gráficos. As leituras complementares aqui enumeradas compreendem apenas aquelas que se apresentam separadas do corpo do texto principal, sendo também computadas as sugestões de leitura referenciadas ao final de cada capítulo.

**Tabela 06** – Frequência de atividades complementares dos recursos didáticos.

| Recurso didático | Frequência |                      |                         |                     |                         |
|------------------|------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
|                  | Atividades | Sugestão de pesquisa | Leituras complementares | Aplicações práticas | Aplicações no cotidiano |
| C01              | 46         | 1                    | 2                       | 1                   | 1                       |
| C02              | 71         | -                    | 6                       | 3                   | 3                       |
| C03              | 54         | -                    | 6                       | 2                   | -                       |
| C04              | 60         | -                    | 1                       | 2                   | -                       |
| C05              | 33         | 3                    | 3                       | 1                   | 2                       |
| C06              | 13*        | -                    | 6                       | 1                   | 4                       |
| C07              | 38         | 1                    | 5                       | -                   | 4                       |
| CA               | 59         | 4                    | 5                       | 1                   | -                       |

\* Essa coleção trabalha os exercícios de múltipla escolha separadamente das questões discursivas, estas se encontram nos textos complementares e em outras propostas de atividade ao longo do capítulo.

### 4.3. Análise do conteúdo

O conteúdo referente a genética mendeliana dos recursos didáticos investigados, foi comparado quanto a organização da sequência didática apresentada por cada um dos autores relacionando-a com a concepção pedagógica adotada pelos mesmos. Para a análise da estrutura das obras considerou-se, dentro da unidade ou módulo destinado ao conteúdo relativo a genética a abordagem realizada através do texto introdutório, a estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade, onde

a forma como o ensino da Primeira Lei de Mendel foi conduzida pelos autores foi destacada, o teor das atividades sugeridas e a escolha dos exercícios para compreensão do tema.

#### **4.3.1. C01 – Biologia Hoje**

- **Texto introdutório**

Os autores iniciam o primeiro capítulo com um texto curto definindo a genética, inserem o contexto histórico sobre hereditariedade relacionando-as com a transmissão das características.

- **Estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade**

Aborda as teorias: pré-formista, epigênese, pangênese e teoria da herança misturada. A Primeira Lei de Mendel (PLM) é ensinada através dos experimentos realizados por Mendel com demonstrações e interpretações dos cruzamentos-teste.

- **Conceitos associados**

Relaciona os processos de divisão celular para compreensão da segregação dos cromossomos e formação dos gametas.

- **Exercícios**

Apresenta exercícios resolvidos, questões discursivas e de múltipla escolha de cunho próprio, dos principais vestibulares e Enem.

- **Atividades sugeridas**

Sugere um trabalho de pesquisa em equipe com exposição dos resultados e uma atividade prática para simular cruzamentos de genética ao acaso.

- **Considerações gerais**

Aborda o monoibridismo em seres humanos onde insere a elaboração de heredogramas como recurso para identificar os padrões de herança. Relaciona os fatores ambientais com a manifestação de características fenotípicas, associados também a epigenética.

#### 4.3.2. C02 – Ser protagonista: Biologia

- **Texto introdutório**

Realiza a abertura do capítulo referente a genética mendeliana com um pequeno texto histórico sobre os trabalhos de Mendel onde insere o conceito de hibridização.

- **Estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade**

Apresenta a hereditariedade em um capítulo à parte, que precede os experimentos de Mendel. Inicia com a teoria da pangênese, pré-formação e epigênese evoluindo para a herança cromossômica. A PLM é trabalhada em detalhe incluindo os experimentos de Mendel, a obtenção de linhagens puras para a hibridização, a determinação das variantes dominantes e recessivas e os cruzamentos-teste.

- **Conceitos associados**

Relaciona os processos de divisão celular com a descoberta dos cromossomos e a formação dos gametas. Retoma a teoria cromossômica com o modelo estrutural do DNA e do cromossomo, incluindo também as definições de gene, genótipo, fenótipo e suas manifestações. Confere atenção especial as noções de probabilidade.

- **Exercícios**

Propõe questões discursivas ao longo da unidade além de proporcionar uma resolução encadeada de problemas envolvendo genética. Oferece uma série de exercícios globais, com questões discursivas e de múltipla escolha de cunho próprio, dos principais vestibulares e Enem apenas ao final da unidade.

- **Atividades sugeridas**

Apresenta uma proposta de atividade prática que promove a observação da diversidade encontrada em indivíduos dentro de uma mesma espécie, outra que investiga a probabilidade em eventos aleatórios e uma sobre a frequência fenotípica envolvendo o sistema ABO e Rh. Promove reflexões acerca da biologia no cotidiano.

- **Considerações gerais**

A condução da PLM é realizada com ênfase no método científico, elucidando as ideias de Mendel a partir de diferenças fenotípicas. Atrela as ideias de Mendel à genética moderna, destacando que os padrões de herança na espécie humana e as interações entre os alelos de um gene. Confere atenção especial na explicação de como solucionar problemas envolvendo genética e probabilidade, detalhando a resolução dos exercícios resolvidos.

### 4.3.3. C03 – Biologia unidade e diversidade

- **Texto introdutório**

Destina um texto sobre albinismo com abertura do capítulo referente a genética mendeliana. A PLM é contextualizada através de um breve texto histórico, complementado pelo padrão de herança baseado no fenótipo.

- **Estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade**

Dedica um capítulo em separado apenas para abordar as bases da hereditariedade relacionando-as com os trabalhos desenvolvidos por Mendel. Evidencia as variações que ocorrem dentro de uma mesma espécie, introduzindo os termos dominância e recessividade, homozigose e heterozigose.

- **Conceitos associados**

Vincula noções de probabilidade além de resgatar o conceito de cromossomo homólogo e a manifestação do fenótipo.

- **Exercícios**

Propõe um bloco de exercícios discursivos no final de cada capítulo. Há exercícios de vestibulares e de cunho próprio que encerra a unidade.

- **Atividades sugeridas**

Apresenta uma atividade prática para simular a PLM e outra onde o levantamento de caracteres genéticos observáveis pode ser realizado em sala, e os dados, tabulados. Propõe a leitura e interpretação de textos de diferentes gêneros.

- **Considerações gerais**

Contextualiza as doenças congênitas e distúrbios hereditários, terapia gênica e doenças humanas, aborda aspectos atuais sobre a PLM acerca do comportamento dos cromossomos. Insere diversas variações da PLM, como a ausência de dominância e a ocorrência de alelos letais.

#### 4.3.4. C04 – Biologia moderna

- **Texto introdutório**

A obra é iniciada com um breve resumo sobre o que será desenvolvido em cada um dos capítulos do módulo. Apresenta um pequeno texto que relaciona a genética com a sociedade contemporânea, destacando a importância do assunto.

- **Estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade**

Aponta os experimentos de Mendel como base dos mecanismos de hereditariedade. Integra as análises numéricas de probabilidade para demonstrar a PLM.

- **Conceitos associados**

Atrela a meiose com a segregação dos cromossomos homólogos e a formação dos gametas, além de mencionar situações onde há ligação gênica.

- **Exercícios**

Apresenta exercícios resolvidos envolvendo heredogramas, cruzamentos-teste e probabilidade. Propõe exercícios discursivos que resgatam conceitos fundamentais, além de oferecer questões discursivas e de múltipla escolha de cunho próprio, dos principais vestibulares e Enem.

- **Atividades sugeridas**

Apresenta uma atividade prática para simular a separação de alelos durante a meiose e outra onde se pretende simular a segregação independente.

- **Considerações gerais**

A organização deste livro se baseia na separação em módulos temáticos, cada módulo desenvolve os assuntos em capítulos. Aborda as variações ao modelo mendeliano de herança, relaciona também os trabalhos de Mendel com as bases da genética moderna.

#### 4.3.5. C05 – Conexões com a Biologia

- **Texto introdutório**

A introdução à genética ocorre com a abordagem de um texto sobre a origem dos povos. O primeiro tema relaciona os aspectos históricos da genética com a descrição das primeiras teorias sobre hereditariedade, de Hipócrates à descoberta dos gametas.

- **Estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade**

O conceito de herança é discutido em duas unidades, assinala a PLM como determinante na identificação dos padrões de herança. Descreve os experimentos realizados por Mendel nos modelos do método científico. As bases físicas da hereditariedade são trabalhadas após a Primeira e Segunda Leis de Mendel serem concluídas.

- **Conceitos associados**

Relaciona os processos de divisão celular com a transmissão das características hereditárias e a formação dos gametas. Retoma e diferencia os tipos de fecundação.

- **Exercícios**

Indica exercícios discursivos ao final de cada tema estudado, propõe atividades finais para o encerramento das unidades com exercícios discursivos que revisam os conteúdos trabalhados, oferecendo também questões discursivas e de múltipla escolha de cunho próprio.

- **Atividades sugeridas**

Promove atividades de pesquisa e a construção de esquemas e mapas conceituais com exibição posterior. Recomenda a redação de textos jornalísticos e debates acerca de temas atuais relacionados à genética. Apresenta uma sugestão de atividade prática para determinar a frequência de variantes dominantes e recessivas.

- **Considerações gerais**

A obra é organizada através da separação das unidades em diversos temas que se correlacionam. Conceitua núcleo e divisão celular antes de iniciar o estudo sobre genética, separando o estudo das genealogias, probabilidade e os outros tipos de herança (não mendelianas) em temas próprios. Ao final de cada unidade apresenta profissões relacionadas à biologia e sua importância para a sociedade.

#### 4.3.6. C06 – Bio

- **Texto introdutório**

Os autores iniciam o capítulo com uma imagem e diversos questionamentos de sensibilização, um texto curto resgata os conceitos abordados no capítulo anterior e introduz o novo objeto de estudo com aspectos históricos sobre Mendel e seus experimentos.

- **Estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade**

Aborda a descoberta dos gametas e as teorias: pré-formista, epigênese, pangênese e teoria da herança ancestral em um capítulo à parte. A PLM é ensinada através dos experimentos realizados por Mendel com alusões ao método científico.

- **Conceitos associados**

Relaciona os processos de divisão celular com as Leis de Mendel, demonstra a segregação dos cromossomos, permutação na meiose e as variações estruturais existentes nos alelos.

- **Exercícios**

Apresenta a resolução passo a passo de exercícios e questões de múltipla escolha dos principais vestibulares e Enem. Os exercícios discursivos se encontram nos textos complementares e em outras propostas de atividade.

- **Atividades sugeridas**

Sugere uma série de atividades em grupo baseadas nas competências e habilidades do Enem. Propõe a interpretação de experimentos, debates éticos e produção textual do gênero carta. Apresenta uma proposta de simulação prática envolvendo a meiose e a Segunda Lei de Mendel.

- **Considerações gerais**

Os autores se utilizam da linguagem molecular com frequência durante o ensino da PLM, evidenciando os termos moleculares e o papel funcional das enzimas produzidas por cada um dos alelos. Trabalha as alterações nas proporções fenotípicas mendelianas no monoidrismo.

#### 4.3.7. C07 – Biologia

- **Texto introdutório**

A unidade de genética apresenta um pequeno texto sobre características hereditárias, seguido por questões que buscam explorar as ideias presentes no texto.

- **Estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade**

Introduz aspectos históricos sobre hereditariedade a partir das concepções de Hipócrates, a constatação da existência de gametas, a transmissão de características até as descobertas de Mendel. A Primeira Lei de Mendel (PLM) é ensinada através de seus experimentos e o rigor científico que este utilizou para validação de seus estudos.

- **Conceitos associados**

Relaciona os processos de divisão celular para compreensão da segregação dos cromossomos e formação dos gametas. Atrela a história evolutiva da humanidade com a frequência gênica.

- **Exercícios**

Apresenta exercícios resolvidos, oferece um bloco de exercícios discursivos de recapitulação do conteúdo, além de questões discursivas e de múltipla escolha de cunho próprio, dos principais vestibulares e Enem.

- **Atividades sugeridas**

Indica a solução de situações-problema em grupos para desenvolver habilidades exigidas nos vestibulares e no Enem. Sugere uma atividade de pesquisa sobre o tempo de geração, além da análise das leituras complementares. Ao final da unidade recomenda a execução de um projeto interdisciplinar.

- **Considerações gerais**

Relaciona os fatores ambientais com a manifestação de características fenotípicas, associados também a epigenética. Oferece ao final dos capítulos uma série de recursos adicionais para complementar o aprendizado.

#### **4.3.8. CA – Caderno do Aluno**

- **Texto introdutório**

Inicia o tema com um parágrafo de sensibilização, seguido por uma rápida explicação dos objetivos da situação de aprendizagem. Apresenta um texto curto sobre a surdez e suas causas, seguido por outro, mais longo, sobre a visão de Hipócrates e Aristóteles com posterior interpretação por meio de questões discursivas.

- **Estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade**

Abordas os aspectos históricos acerca da hereditariedade indicando as contribuições de Mendel para as concepções atuais. Trabalha um texto bíblico para solução de problemas envolvendo características hereditárias. Caracteriza os

experimentos de Mendel apresentando a história do cientista e o desenvolvimento de seu trabalho.

- **Conceitos associados**

Correlaciona e classifica as características genéticas, hereditárias, congênitas e adquiridas. Relaciona a evolução com a herança biológica. Retoma os conceitos de divisão celular, relacionando a meiose com a produção de gametas.

- **Exercícios**

Propõe exercícios discursivos de interpretação de textos e outros que consolidam conceitos fundamentais, além de oferecer questões discursivas e de múltipla escolha de cunho próprio, dos principais vestibulares e Enem.

- **Atividades sugeridas**

Apresenta quatro atividades de pesquisa individual, sugere a construção de um glossário de genética com termos essenciais. Propõe uma atividade prática que simula o processo meiótico.

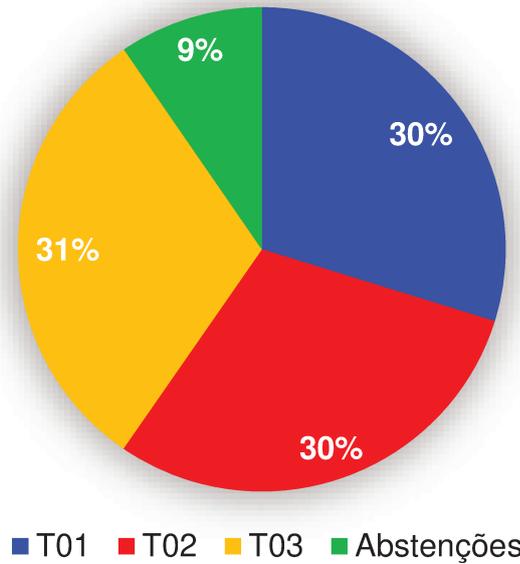
- **Considerações gerais**

A organização do material se baseia na separação em temas-chave, cada tema desenvolve os conteúdos em situações de aprendizagem. As sequências didáticas propostas tendem ao construtivismo, há muitos textos presentes no recurso didático, porém se faz necessário complementar a fundamentação teórica.

#### **4.4. Verificação da aprendizagem**

Durante o terceiro bimestre os alunos foram avaliados por meio de uma avaliação formal; as questões utilizadas estão apresentadas no **Anexo III**. O critério adotado para compor essa avaliação envolveu a escolha de questões discursivas de resposta curta e questões de múltipla escolha com o intuito de homogeneizar a correção. A porcentagem de respostas recebidas por turma, bem como o percentual de ausências, encontra-se representada na figura abaixo.

### Avaliação do 3º bimestre - 88 respostas



**Figura 01** – Porcentagem de respostas recebidas na avaliação do 3º bimestre por turma.

Fonte: Dados da pesquisa.

A **Tabela 07** evidencia o desempenho de cada turma apurando-se o percentual de acertos por questão, o percentual de acertos por questão considerando-se os acertos obtidos nas três turmas e a média total de acertos por turma.

**Tabela 07** – Percentual de acertos (%) nas questões relativas a genética mendeliana por turma.

(Continua)

| Questões | Percentual de acertos por turma (%) |      |      | Percentual total de acertos (%) |
|----------|-------------------------------------|------|------|---------------------------------|
|          | T01                                 | T02  | T03  |                                 |
| 01       | 27,6                                | 37,9 | 46,7 | 37,5                            |
| 02 a     | 62,1                                | 65,5 | 66,7 | 64,8                            |
| 02 b     | 51,7                                | 58,6 | 63,3 | 58,0                            |
| 02 c     | 24,1                                | 34,5 | 16,7 | 25,0                            |
| 02 d     | 17,2                                | 20,7 | 10,0 | 16,0                            |
| 02 e     | 3,5                                 | 0,0  | 3,3  | 2,3                             |
| 03 a     | 41,4                                | 34,5 | 53,3 | 43,2                            |
| 03 b     | 62,1                                | 62,1 | 70,0 | 64,8                            |

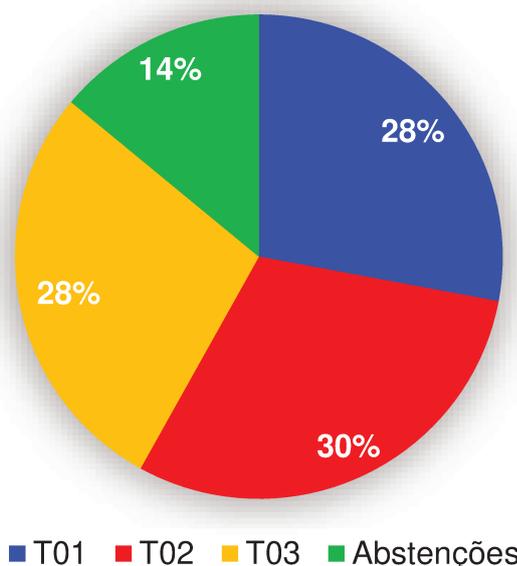
**Tabela 07** – Percentual de acertos (%) nas questões relativas a genética mendeliana por turma. (Conclusão)

|                    |             |             |             |             |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 03 c               | 10,3        | 17,2        | 13,3        | 13,6        |
| 04                 | 44,8        | 41,4        | 53,3        | 46,6        |
| 05                 | 72,4        | 79,3        | 66,7        | 72,7        |
| <b>Média total</b> | <b>37,9</b> | <b>41,1</b> | <b>42,1</b> | <b>40,4</b> |

Fonte: Dados da pesquisa.

Na segunda verificação, referente ao conteúdo programático desenvolvido durante o 4º bimestre, os alunos foram novamente avaliados após contemplar todo o assunto referente à genética mendeliana, as questões aplicadas encontram-se apresentadas no **Anexo IV**. Para essa avaliação, optou-se por aplicar apenas questões de múltipla escolha, conferindo assim um padrão mais assertivo durante a correção. A porcentagem de respostas recebidas por turma, assim como o percentual de ausências, encontra-se representada na figura abaixo.

**Avaliação do 4º bimestre - 81 respostas**



**Figura 02** – Porcentagem de respostas recebidas na avaliação do 4º bimestre por turma.

Fonte: Dados da pesquisa.

A **Tabela 08** aponta o desempenho de cada turma apurando-se o percentual de acertos por questão, o percentual de acertos por questão considerando-se os acertos obtidos nas três turmas e a média total de acertos por turma. Para a

questão um foi considerado correto quando o aluno apontou as duas opções válidas (referenciado na tabela como 01 total) e foi atribuído metade do valor da questão quando o aluno identificou apenas uma das opções válidas (referenciado na tabela como 01 parcial), os alunos que assinalaram todas as alternativas como opções verdadeiras não foram computados neste estudo.

**Tabela 08** – Percentual de acertos (%) nas questões relativas a genética por turma.

| Questões           | Percentual de acertos por turma (%) |             |             | Percentual total de acertos (%) |
|--------------------|-------------------------------------|-------------|-------------|---------------------------------|
|                    | T01                                 | T02         | T03         |                                 |
| 01 total           | 59,3                                | 57,1        | 38,5        | 51,9                            |
| 01 parcial         | 29,6                                | 21,4        | 30,8        | 27,2                            |
| 02                 | 55,6                                | 57,1        | 38,5        | 50,6                            |
| 03                 | 88,9                                | 78,6        | 84,6        | 84,0                            |
| 04                 | 85,2                                | 78,6        | 69,2        | 77,8                            |
| 05                 | 48,2                                | 53,6        | 53,9        | 51,9                            |
| <b>Média total</b> | <b>61,1</b>                         | <b>57,7</b> | <b>52,6</b> | <b>57,2</b>                     |

Fonte: Dados da pesquisa.

A média geral do desempenho por turma nas duas avaliações formais realizadas ao se contemplar o conteúdo de genética foram comparadas através dos dados apresentados na **Tabela 09**. Para cada turma foi somado a nota obtida por aluno em cada uma das avaliações bimestrais, a soma foi então dividida pelo número de respostas recebidas por turma no bimestre em questão.

**Tabela 09** – Média geral do desempenho por turma.

| Bimestre              | Médias das avaliações |            |            | Média total |
|-----------------------|-----------------------|------------|------------|-------------|
|                       | T01                   | T02        | T03        |             |
| 3º                    | 3,9                   | 4,1        | 4,3        | 4,1         |
| 4º                    | 6,5                   | 6,6        | 5,8        | 6,3         |
| <b>Média da turma</b> | <b>5,2</b>            | <b>5,4</b> | <b>5,1</b> | <b>5,2</b>  |

Fonte: Dados da pesquisa.

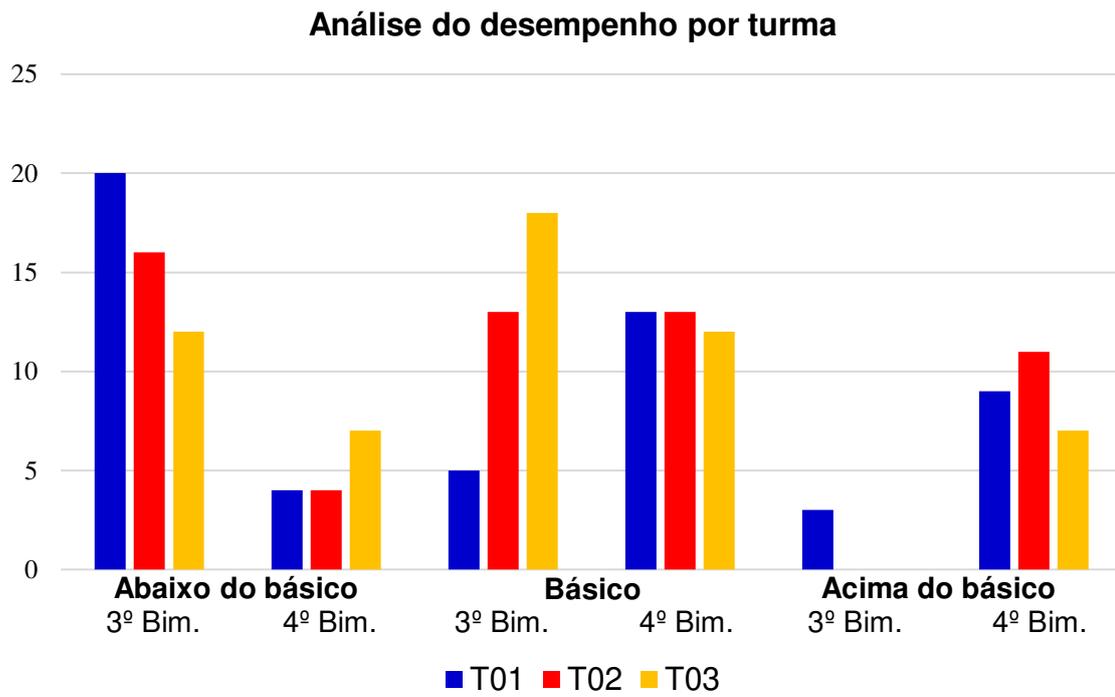
Para a análise do desempenho por turma, foi adotada uma escala crescente baseada nas médias de desempenho por turma, inspirada nas categorias de desenvolvimento de competências e habilidades específicas, adotadas no SARESP (sistema de avaliação de rendimento escolar do estado de São Paulo). Da mesma forma que os pontos da escala do SARESP são agrupados em níveis de proficiência – abaixo do básico, básico, adequado e avançado – e estes são definidos a partir das expectativas de aprendizagem onde são considerados os conteúdos, as competências e habilidades estabelecidos para cada série, considerando também as disciplinas específicas, do Currículo do Estado de São Paulo, optou-se por determinar os níveis alcançados por turma, categorizando os conceitos como apresentado na **Tabela 10**. Dessa forma, os conceitos inferiores a cinco foram considerados abaixo do básico, as notas entre cinco e sete compreendem o intervalo adotado para básico, os conceitos superiores a sete pontos indicam os alunos classificados como acima do básico.

**Tabela 10** – Classificação e descrição dos níveis de proficiência.

| Classificação | Nível de proficiência | Descrição  |
|---------------|-----------------------|--|
| 0 a 4         | Abaixo do básico      | Domínio insuficiente dos conteúdos. Os alunos, neste nível, não contemplam as competências e das habilidades desejáveis para a compreensão da genética básica.                           |
| 5* a 7        | Básico                | Domínio suficiente dos conteúdos necessários. Os alunos, neste nível, compreendem o suficiente para resolver problemas com diferentes graus de complexidade, do básico ao intermediário. |
| 8 a 10        | Acima do básico       | Domínio pleno dos conteúdos. Os alunos desta faixa apresentam habilidades e competências acima do requerido, sendo capazes de solucionar situações-problema com facilidade.              |

\* O conceito 5 (cinco) corresponde a média mínima necessária que o aluno deve obter por bimestre para ser considerado apto. Na rede estadual de ensino não são consideradas frações de números inteiros para compor a nota do aluno, dessa forma, não há variação em meio ponto.

A **Figura 03** demonstra a evolução do processo de ensino-aprendizagem por turma nos dois bimestres em que a disciplina de genética foi ensinada. Os critérios adotados para comparação englobam os conceitos obtidos pelos alunos em cada uma das avaliações aplicadas.



**Figura 03** – Evolução do processo ensino-aprendizagem por bimestre.

Fonte: Dados da pesquisa.

## 5. DISCUSSÃO

A construção de uma obra literária como um livro didático é de extrema importância para a sociedade e para a disseminação do conhecimento, seja este científico, cultural ou literário. A dedicação e empenho de autores consagrados demonstra que esse trabalho não pode ser considerado como uma tarefa simples ou trivial. Tornar o conhecimento científico acessível utilizando-se de uma linguagem que pode ser compreendida por estudantes do ensino médio e por grande parte da população deve ter seu mérito reconhecido perante a sociedade. As obras são verificadas periodicamente, a qualidade do material didático é garantida através de programas mantidos pelo Governo Federal que tem por objetivo avaliar os livros didáticos, assegurando que os mesmos apresentem informações sempre atualizadas.

Se faz necessário ressaltar que as obras analisadas apresentam características próprias e peculiaridades. Foi possível constatar que há uma diferença significativa com relação as atividades sugeridas e os textos complementares entre as diferentes coleções. Dessa forma, o produto deste trabalho mensura a qualidade das obras investigadas, com potencial para ser utilizado como guia para diversos profissionais da educação, auxiliando no desenvolvimento de estratégias educacionais e na escolha do recurso didático que mais se aproxime da realidade escolar dos educandos.

### 5.1. Investigação dos recursos didáticos

Durante a realização da primeira análise dos volumes selecionados em cada coleção de livros didáticos, **Tabela 04**, foi possível observar que a quantidade de capítulos proposto para o conteúdo de genética clássica ou mendeliana foi diferente para cada autor, indicando uma tendência pedagógica ou preferência, corroborando com o fato de que a quantidade de capítulos e páginas destinadas ao tema está diretamente relacionada a importância do assunto para cada um dos autores.

Foi possível constatar que a maioria dos autores optou por uma estrutura e sequência didática similar, encadeando os assuntos na tentativa de promover uma aprendizagem contínua e fluida. Entretanto, essa concepção pedagógica não foi

seguida por todos os autores, determinados autores preferiram desmembrar os assuntos, promovendo a retomada pontual do mesmo quando julgou necessário.

Nas sete coleções avaliadas apenas uma, a C05, abordou o conteúdo de genética em um volume diferente dos demais. Grande parte dos autores optou por desenvolver a temática relativa à genética no volume três, enquanto que na C05 o mesmo foi trabalhado no volume dois. Constatou-se que em relação ao material oferecido pelo Estado de São Paulo, o CA, que este dedica várias situações de aprendizagem ao ensino de genética no material destinado à segunda série do ensino médio, o que corresponderia a um segundo volume de uma coleção de livro didático.

## 5.2. Recursos gráficos, metodológicos e auxiliares

Os assuntos relativos a genética mendeliana em todos os livros analisados apresentaram recursos gráficos atrativos como estratégia para exemplificar as características fenotípicas observáveis em ervilhas, objeto de estudo de Gregor Mendel, além de figuras didáticas que demonstravam a representação esquemática da segregação dos “fatores” para composição dos gametas e as possíveis combinações através da construção dos cruzamentos teste por meio de quadros ou quadrados de Punnett, como apontado anteriormente por meio da **Tabela 05**.

Outro ponto comum que pode ser observado se refere a metodologia empregada para demonstrar os experimentos de Mendel com as ervilhas, todas as obras avaliadas apresentaram o mesmo exemplo, sendo recorrente o uso de ilustrações de sementes de ervilha evidenciando a fecundação cruzada da geração parental e a autofecundação na geração F1, além de representações esquemáticas com relação aos genótipos e fenótipos das ervilhas estudadas por Mendel, seguindo um padrão semelhante em todas as obras, diferindo apenas quanto a sequência em sua apresentação e a escolha da característica estudada (cor ou textura).

Embora todos os livros apresentem os mesmos recursos gráficos, foi possível averiguar que a escolha das ilustrações ou a forma de apresentação dos quadros comparativos e representações esquemáticas se mostraram análogas, as pequenas diferenças provavelmente ocorreram devido a preferência de cada um dos autores. Dessa forma, foi possível conhecer a linha de raciocínio dos autores frente a concepção pedagógica adotada, possibilitando um melhor entendimento dos pressupostos teóricos nos quais os livros foram embasados.

### **5.3. Análise do conteúdo**

A análise subsequente permitiu a compreensão de como a sequência didática foi construída em cada um dos recursos. Também foi possível detectar a frequência e a diversidade das atividades e leituras complementares que cada autor adotou para compor sua obra.

#### **5.3.1. Perspectiva global**

Com o intuito de oferecer uma concepção abrangente das obras analisadas neste trabalho uma perspectiva global é apresentada para melhor compreensão dos critérios analisados em cada um dos recursos didáticos.

- **Texto introdutório**

Todas as obras analisadas apresentaram pelo menos uma proposta de sensibilização inicial por meio de um texto introdutório que proporcionou aos educandos uma perspectiva do assunto que permearia o capítulo em questão. Questões motivadoras, que estimulam o raciocínio e o pensamento crítico foram detectadas em todos os recursos avaliados, tornou-se evidente que a proposta dos autores objetivava estimular a reflexão na abertura dos capítulos e ao longo deste acrescentar novas informações, o que leva a reestruturação do raciocínio inicial e das ideias pré-concebidas.

Os textos principais que permeiam a fundamentação teórica dos livros didáticos foram complementados por boxes que objetivavam expandir e correlacionar o conteúdo desenvolvido, além de trazer definições científicas as quais os alunos não estão habituados. Os boxes estabelecem uma relação entre os preceitos biológicos com a história da ciência e sua evolução ao longo do tempo, oportunizando que o educando estabeleça relações com outras áreas do conhecimento. No caderno do aluno os boxes apresentam apenas sugestões de sites para pesquisa ou ferramentas interativas que podem ser exploradas após as aulas teóricas.

- **Leituras complementares**

Com relação a diversidade das leituras complementares presentes nos recursos didáticos, averiguamos que todas as coleções apresentaram ao menos um texto complementar dentro do(s) capítulo(s) referente(s) a genética mendeliana. A frequência com que o autor incorporou leituras diversificadas em cada obra também reflete a importância que este dá a essa temática. A maior parcela dos autores inseriu textos extraídos de revistas científicas de renome como *Harvard University Press*, *American Journal of Botany*, e da base de dados Scielo enquanto outros autores realizaram conexões com notícias vinculadas pela mídia impressa ou por meio de *sites* como o *saúde plena*, *BBC Brasil*, *correio braziliense*, *Folha de São Paulo*, etc, mesclando informações de cunho científico com informações não científicas, presentes nos mais variados meios de comunicação atual.

Durante a análise das leituras complementares, foi possível identificar que alguns textos de cunho científico podem ser considerados desatualizados por serem anteriores ao ano 2000, estes também foram concebidos para leitores universitários, pois apresentam uma linguagem de difícil compreensão por parte dos educandos e em alguns casos, trazem informações equivocadas sobre a prevalência de anomalias genéticas, o que pode contribuir com a perpetuação do determinismo genético.

O caderno do aluno, por sua vez, também apresentou leituras diversificadas, entretanto, a leitura de sensibilização da situação de aprendizagem referente a genética mendeliana retratou um evento bíblico, em uma adaptação da atividade ofertada pela Rede Interativa Virtual (Rived/MEC). Mesmo reconhecendo que a Bíblia possa ser utilizada com o intuito contextual histórico, pode-se inferir que esse tipo de abordagem, ao mesclar informações científicas e religiosas, mesmo que de forma superficial, pode proporcionar momentos conflituosos em sala de aula devido a diversidade religiosa de nossa sociedade.

O CA proporcionou um momento inovador quanto as leituras complementares ao apresentar a PLM em um formato atrativo para os educandos. O CA lançou mão de uma história em quadrinhos (HQ) retratando os experimentos de Mendel, atuando de forma interativa, onde o educando foi requisitado a completar parte da HQ com os “fatores” e posteriormente, correlacionar os “fatores” com a produção de gametas pela planta de ervilha.

De forma geral, os autores buscaram contextualizar conceitos importantes por meio das leituras complementares, relacionando-os com as aplicações tecnológicas, científicas e até mesmo culturais que podem impactar a vida dos educandos no tangente da saúde individual e coletiva, associando também os aspectos éticos e sociais promovendo assim, a ampliação da visão dos estudantes sobre o assunto em questão.

- **Estratégia de apresentação do conceito de hereditariedade**

Os autores se preocuparam em apresentar os aspectos históricos sobre hereditariedade a partir das concepções de Hipócrates e outras teorias como a teoria pré-formista, epigênese, pangênese e teoria da herança, transpondo para a constatação da existência de gametas e sua relação com a transmissão de características, concluindo a fundamentação histórica com as descobertas apresentadas por Mendel.

Os conceitos relativos à hereditariedade são articulados predominantemente em separado por diversos autores. De maneira geral a hereditariedade é abordada em um capítulo próprio, anterior às leis de Mendel, exceto na coleção C05 onde é desenvolvido em um capítulo posterior as Leis de Mendel. Ao abordar o conceito de hereditariedade alguns conceitos prévios são associados pois se correlacionam. Abordam os processos de divisão celular relacionado a segregação dos “fatores” e a constituição genética dos gametas. Os autores se preocuparam em evidenciar as variações que podem ocorrer dentro de uma mesma espécie, introduzindo termos como dominância e recessividade, homocigose e heterocigose, e expressão gênica.

- **Conceitos associados**

Usualmente os conceitos associados ao ensino de hereditariedade se correlacionam com os conceitos de divisão celular devido a necessidade de se relacionar os processos envolvidos durante a meiose com a produção de gametas e dessa forma, agregar as concepções pensadas por Mendel com relação a distribuição dos “fatores” e a manifestação de características pela geração futura.

Com o intuito de categorizar as características observáveis, alguns autores, incluindo o caderno do aluno, introduziram os conceitos de característica genéticas, hereditárias, congênitas e adquiridas. Outros autores, no entanto, preferiram relacionar os processos evolutivos com a herança biológica, atrelando a história evolutiva da humanidade com a frequência gênica, demonstrando por meio da análise de DNA que a origem de alguns povos indígenas brasileiros, por exemplo, apresenta um elo genético com os nativos da Oceania, evidenciando o papel da genética na reconstrução da história da humanidade.

Devido a necessidade do domínio matemático para a resolução de problemas envolvendo probabilidade, os autores apresentaram uma estratégia para retomar operações matemáticas como a multiplicação de frações e as noções de porcentagem em algum momento dentro do conteúdo de genética clássica. As noções de probabilidade incluindo os eventos simultâneos e ao acaso foram atreladas a construção dos quadrados de Punnett, onde as diferenças entre as regras do “e” e “ou” foram salientadas. No CA apenas as noções de probabilidade foram trabalhadas, ficando sob responsabilidade dos alunos pesquisarem as regras e sua aplicação dentro do conteúdo de genética.

- **Exercícios**

Com relação aos exercícios propostos, todas as coleções adotaram exercícios compostos por questões discursivas e de múltipla escolha, entretanto, alguns autores optaram por enfatizar as competências e habilidades necessárias ao exame nacional do ensino médio (ENEM) e para os principais vestibulares, enquanto outros selecionaram exercícios próprios vinculados ao conteúdo teórico visando uma aplicação ou relação ao conhecimento biológico, atrelado ou não as questões inerentes ao cotidiano dos educandos.

Com exceção do CA, todas as obras trouxeram exercícios resolvidos para facilitar a compreensão do raciocínio necessário para o desenvolvimento e resolução de questões envolvendo genética e probabilidade, bem como explicações didáticas de como compor e desenvolver o quadrado de Punnett.

- **Atividades sugeridas**

As aplicações práticas e cotidianas abordadas nos livros didáticos demonstram a intenção dos autores em proporcionar momentos de reflexão e a aplicação do método científico através do desenvolvimento de atividades, geralmente em grupos, onde os educandos devem formular hipóteses e testá-las em busca de respostas, se posicionando de forma crítica. As atividades também objetivavam aprimorar as habilidades para a resolução de situações-problema a partir de situações reais relacionadas à biologia, observada de forma mais empírica nas atividades cotidianas.

Dentre as aplicações práticas, a simulação da separação dos alelos com alusão à meiose, foi a atividade prática sugerida com maior frequência. Os materiais para o desenvolvimento dessa atividade variaram pouco, ficando restritos as massas de modelar ou pedaços de barbante colorido. Outra atividade que também foi citada com periodicidade se refere a simulação de cruzamentos com a determinação do genótipo e sua frequência. Se faz necessário ressaltar que as outras propostas de atividade prática envolvem a espécie humana como modelo experimental, onde a frequência fenotípica de condições dominantes e recessivas deveriam ser consideradas.

Apesar de atrativas e de motivar a participação dos educandos, atividades envolvendo características humanas devem ser evitadas uma vez que, em sua maioria, não estão condicionadas a um único gene. Um dos autores sugeriu o desenvolvimento de uma atividade de reconhecimento étnico-racial anônimo do indivíduo e dos colegas de sala com o objetivo de demonstrar a arbitrariedade dos critérios de categorização, promovendo um debate sobre a auto declaração utilizada como critério de elegibilidade em cotas universitárias. Mesmo apresentando pontos positivos, a execução desse tipo de atividade deve ser considerada com rigor, se mal conduzida pode ocasionar sérios embates em sala de aula, além de confundir os educandos quanto a expressão gênica e suas manifestações dentro da PLM.

No que se refere as aplicações cotidianas, as simulações, de forma geral, englobam problemas relacionados as síndromes genéticas mais comuns como o albinismo, a hemofilia, o daltonismo e a fenilcetonúria. Todas as coleções que apresentaram sugestões de aplicação cotidiana propõem atividades coletivas que são apresentadas através de uma breve introdução por meio de um texto ou fragmento de

notícia, na sequência uma pesquisa ou entrevista é proposta como atividade complementar, a conclusão ocorre através da exposição do que foi aprendido ou por meio de fóruns. Dentre as sugestões encontradas também foram propostas a construção de heredogramas com organismos fictícios, produções textuais como a redação de artigo jornalístico e cartas, além de situações reflexivas onde o posicionamento dos educandos frente a questões envolvendo o aconselhamento genético ou realização de exames que detectam alelos causadores de doenças genéticas como a doença de Huntington e a predisposição ao câncer de mama, foram trabalhadas, envolvendo debates éticos de questões atuais delicadas.

Outro aspecto relevante se refere as sugestões de pesquisa. Embora apenas três coleções, C01 – biologia hoje, C05 – conexões com a biologia e C07 – biologia, além do caderno do aluno (CA) ofertarem sugestões de pesquisa e apresentações de seminário, todos os autores, em algum momento, sugerem o aprofundamento do tema envolvendo a genética mendeliana através de recursos digitais como vídeos (incluindo videoaulas), *links*, *podcasts*, *softwares*, *sites* e filmes que abordam o tema ou retratam a genética, em especial a genética mendeliana, de forma mais acessível, além das habituais sugestões de leitura e revistas.

- **Considerações gerais**

Os livros didáticos analisados abordam o monoibridismo com um maior enfoque nas manifestações em seres humanos onde insere a elaboração de heredogramas como recurso adicional para identificar os padrões de herança. Os autores procuraram relacionar os fatores ambientais com a manifestação de características fenotípicas, associados também a epigenética. Duas coleções, C01 – biologia hoje e C03 – biologia unidade e diversidade, além do CA, se propuseram a contextualizar e classificar os tipos de doença em congênitas e distúrbios hereditários. As mesmas coleções também abordaram temas atuais como terapia gênica e doenças humanas, além de explanar sobre aspectos atuais acerca da PLM e do comportamento dos cromossomos.

As diversas variações da PLM, como a ausência de dominância e a ocorrência de alelos letais foram inseridos no contexto de todas as obras, apenas o CA não trabalhou a temática, sugerindo a elaboração de uma pesquisa sobre o assunto. Poucos autores enfatizaram as alterações nas proporções fenotípicas

mendelianas no monoibridismo ou se utilizam de uma abordagem molecular durante o ensino da PLM. Todos os recursos ofertaram, ao final dos capítulos ou em boxes inseridos no mesmo, uma série de recursos adicionais com a finalidade de complementar a fundamentação teórica e instigar a curiosidade sobre o tema. Nota-se a ausência de um índice remissivo em todas as obras. A inserção desse tipo de índice auxiliaria muito os educandos na procura pelos assuntos, visto que muitos deles demonstram dificuldades em relacionar os subtemas de cada capítulo com os assuntos de interesse.

De acordo com a análise realizada frente a concepção pedagógica adotada por cada coleção e considerando todos os recursos empregados para o desenvolvimento do conteúdo de genética pelos autores, as únicas coleções que contemplaram todas as categorias descritas na **Tabela 06** foram as coleções C01 – biologia hoje e C05 – conexões com a biologia, que apresentam a maior diversidade de recursos para o desenvolvimento do conteúdo de genética, sendo que este último procura sincronizar os volumes da coleção com o material distribuído pelo Estado de São Paulo, o CA. No entanto, se o professor objetiva uma fundamentação teórica ampla, com um grau de complexidade crescente, deve considerar as coleções C02 – ser protagonista: biologia, C06 – bio e C07 – biologia, onde a fundamentação teórica foi trabalhada com maior diversidade e aprofundamento. Com relação aos exercícios, as coleções C02 – ser protagonista: biologia e C04 – biologia moderna são boas opções, pois exibem uma gama superior de exercícios, que variam em complexidade e apresentação (exercícios de múltipla escolha e discursivos).

Com relação ao caderno do aluno, a organização do material se baseia na separação em temas-chave, cada tema desenvolve os conteúdos em situações de aprendizagem sendo que a concepção pedagógica do mesmo foi pensada para retomar os diversos conceitos em espiral, sendo comum encontrar repetições ao longo das situações de aprendizagem. As sequências didáticas propostas tendem ao construtivismo, apesar de apresentar muitos textos esse recurso didático não contempla todo o conteúdo e a fundamentação teórica fica à margem quando comparado aos livros didáticos, sendo necessário complementar a teoria com o uso de livros didáticos ou outra fonte fidedigna, geralmente definida pelo professor.

#### 5.4. Verificação da aprendizagem

O presente trabalho identificou a porcentagem das respostas recebidas nas três turmas do segundo ano do ensino médio durante o segundo semestre letivo do ano de 2018, contemplando o 3º e o 4º bimestre. Foram recebidas 88 respostas no 3º bimestre, com um índice de nove por cento de ausências, no 4º bimestre, 81 respostas foram recebidas com um percentual de 14 por cento de ausências. Essa diferença observada entre o percentual de alunos ausentes nos dois bimestres pode ser explicada devido ao número de alunos que justificaram a ausência nas avaliações do 4º bimestre relacionado a problemas de saúde.

A primeira avaliação aplicada indicou um número de alunos, classificados como abaixo do básico, elevado quando comparado com o desempenho conquistado no 4º bimestre. As questões 05, 03b e 02a, com maior índice de acertos para essa avaliação, envolveram a compreensão de conceitos simples e considerados básicos dentro do tangente da genética mendeliana. A análise da produção de gametas e de cruzamentos-teste envolvendo os conceitos de homozigose e heterozigose se mostrou de fácil compreensão, entretanto, quando houve a necessidade de se explorar esses conceitos no caso das questões 02e e 03c, onde a análise combinatória dos alelos foi fundamental para o desenvolvimento da questão, grande parte dos educandos apresentou dificuldades para responder corretamente. Isso pode estar devidamente associado a dificuldade apresentada pelas três turmas com relação as habilidades matemáticas para solucionar os problemas relacionados a probabilidade.

Um equívoco recorrente nas três turmas se refere ao conceito relativo ao gameta, o que pode ser verificado pelo índice de erros nas questões 02 e 03. Durante a realização da avaliação muitos alunos requisitaram auxílio do professor, questionando acerca da terminologia “gameta”. Esses alunos não sabiam o que a palavra “gameta” significava, comprovando uma lacuna no processo de ensino-aprendizagem que se mostrou habitual, mesmo com o desenvolvimento do conteúdo acerca do processo meiótico e a formação dos gametas sendo trabalhado de forma interativa e participativa em todas as três turmas. Foi comum observar a confusão entre os termos “gameta” e “genótipo”, sendo frequente a observação de respostas trocadas para esse exercício (questão 03).

A avaliação ministrada durante o 4º bimestre foi fracionada pois o conteúdo de genética não havia sido contemplado em sua totalidade no bimestre anterior. A avaliação contou com cinco questões de múltipla escolha sendo que a primeira admitia duas alternativas como opções verdadeiras. Houve uma melhora significativa no processo de ensino-aprendizagem, o que pode ser verificado através da **Figura 03** onde se observa uma redução expressiva no número de alunos considerados abaixo do básico nas três turmas e uma elevação na quantidade de alunos que conquistaram os patamares referentes ao nível básico e acima do básico.

As questões com o maior índice de acertos, questões 03 e 04, versavam sobre anomalias genéticas e seu padrão de distribuição por meio de heredogramas. Houve uma diferença quanto a questão de maior dificuldade apresentada entre as três turmas, para as turmas 01 e 02 a questão com maior índice de erros foi a questão 05 que envolvia diversos conceitos trabalhados em sala, incluindo a manifestação de um caráter e a distribuição dos alelos. Para a turma 03, entretanto, a questão 02 se mostrou mais complexa, evidenciando a dificuldade da turma em relacionar uma característica restrita ao sexo e sua manifestação em um indivíduo. Novamente foi possível destacar que a distribuição dos alelos para a constituição dos gametas se mostrou de difícil compreensão para as três turmas analisadas. Embora os alunos relacionassem a distribuição das características nos gametas, provavelmente os equívocos interpretativos com relação ao sistema XY induziram os estudantes ao erro.

Se faz necessário ressaltar que a primeira questão dessa atividade avaliativa versava sobre a relação dos “fatores” descritos por Mendel e sua analogia com os cromossomos, um número considerável de alunos não foram capazes de identificar quais seriam as afirmações verdadeiras, sendo a questão com um dos maiores índices de erro para a turma 03. Nas outras duas turmas, pouco mais da metade dos alunos conseguiu identificar as duas alternativas corretamente. A interpretação dos resultados obtidos permite explorar o panorama geral das médias por turma, onde se observa um nítido progresso no processo de ensino-aprendizagem.

O material utilizado como recurso didático não se mostrou determinante para a melhora no índice de acertos por turma, os resultados apresentados foram equivalentes, considerando os dois bimestres avaliados. A diferença observada, dois por cento entre as médias do 3º bimestre e um por cento entre T01 e T02, e oito por cento entre T02 e T03 no 4º bimestre, não podem ser consideradas relevantes,

devido a quantidade amostral e também ao fator professor, que de uma forma ou outra, pode ter contribuído para resultado final. A T02, que utilizou apenas o livro didático como recurso, apresentou o melhor desempenho entre as turmas avaliadas.

## 6. CONCLUSÃO

Diante do que foi possível reconhecer no presente estudo constatou-se que muitos estudantes apresentam dificuldades no entendimento de vários temas relativos ao ensino de genética, provavelmente devido às falhas no processo de ensino-aprendizagem que podem ser relacionadas as irregularidades inerentes à disciplina e a própria frequência dos educandos. Dessa forma, se faz necessário identificar as concepções prévias dos estudantes possibilitando a reestruturação e/ou construção de concepções cientificamente aceitas a partir das divergências oportunizadas frente às concepções prévias.

Ao analisar os livros didáticos e o caderno do aluno com o intuito de verificar o conteúdo programático dos diferentes materiais utilizados no ensino de genética para o ensino médio, sintetizado através da **Figura 04**, e se a abordagem adotada proporciona ou não ao educando a compreensão da complexidade que envolve os mecanismos de hereditariedade e a transmissão de características propostas por Mendel, os resultados obtidos demonstram que, embora os alunos compreendam os preceitos básicos essenciais à temática, existe uma grande dificuldade para aplica-las em situações reais ou que envolvam mais de um alelo, devido ao bloqueio apresentado por parte dos estudantes em associar os conhecimentos sobre os cromossomos, os cruzamentos-teste e os cálculos matemáticos envolvendo probabilidade.



**Figura 04** – Análise dos recursos didáticos frente à concepção pedagógica adotada.

Consequentemente, se faz necessário salientar a importância em se atentar quanto a contextualização ofertada com relação a genética, realizada tanto pelos autores dos livros didáticos como a praticada pelos professores em sala de aula, isso possibilitaria uma abordagem atual e diferenciada da genética, evitando argumentos reducionistas sobre a expressão e manifestação de características que os autores dos livros didáticos, bem como os professores se utilizam para elucidar conceitos mais abstratos. Enfatizando assim que as características observáveis não são estritamente determinadas por fatores genéticos ou, em sua maioria, de característica monogênica, podendo sofrer interferências de ordem física, bioquímica e ambiental, o que influenciaria na manifestação das características de cada indivíduo.

Conclui-se que os livros de biologia ainda oferecem uma visão simplista dos padrões de herança e expressão gênica ao contextualizar os padrões de herança e a manifestação de características observáveis ou mesmo de doenças genéticas. Dessa forma, cabe ao professor a responsabilidade de associar de forma mais enfática os exemplos envolvendo o ensino de genética com a influência exercida pelo meio, desmistificando assim os padrões de herança envolvendo características humanas apresentadas, na maioria das vezes pelos próprios recursos didáticos, como determinadas por meio da ação exclusiva de um gene.

## REFERÊNCIAS

AMABIS, José Mariano; MARTHO, Gilberto Rodrigues. **Biologia moderna**. 1. ed. São Paulo, SP: Moderna, 2016.

BANDOUK, Antonio Carlos. *et al.* **Ser protagonista: Biologia**. 3. ed. São Paulo, SP: Edições SM, 2016.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica. **Programa ensino médio inovador**. In: Documento orientador, 2013. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=13249-doc-orientador-proemi2013-novo-pdf&category\\_slug=junho-2013-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13249-doc-orientador-proemi2013-novo-pdf&category_slug=junho-2013-pdf&Itemid=30192). Acesso em: 10 fev. 2018.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais do ensino médio**. Brasília, DF: Ministério da Educação e Cultura, 2000.

FAVARETTO, José Arnaldo. **Biologia unidade e diversidade**. 1. ed. São Paulo, SP: FTD, 2016.

Guia do programa nacional do livro didático Secretaria da Educação Básica. **Guia de livros didáticos programa nacional do livro didático (PNLD)**. Brasília, DF: MEC/SEF, 2018. Disponível em: <http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/guia-do-livro-didatico/item/11148-guia-pnld-2018>. Acesso em: 20 jan. 2018.

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia**. 4. ed. São Paulo, SP: Editora da Universidade de São Paulo, 2016.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJDER, Fernando; PACCA, Helena. **Biologia hoje**. 3. ed. São Paulo, SP: Ática, 2017.

LOPES, Sônia; ROSSO, Sergio. **Bio**. 3. ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2017.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán *et. al.* A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de ciências. **Revista Iberoamericana de Educación**. ISSN: 1681-5653, p. 1-12, 2003. Disponível em: [www.rieoei.org/deloslectores/427Beltran.pdf](http://www.rieoei.org/deloslectores/427Beltran.pdf). Acesso em: 05 jan. 2019.

PENCHASZADEH, Victor B. Problemas éticos do determinismo genético. **Revista Bioética**. [S. l.], v.12, n. 1, p. 61-68, mar. [2004 ou 2005]. Disponível em: [http://revistabioetica.cfm.org.br/index.php/revista\\_bioetica/article/view/121](http://revistabioetica.cfm.org.br/index.php/revista_bioetica/article/view/121). pdf.

Acesso em: 07 jan. 2018.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2000.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Caderno do aluno** – Biologia. Ensino Médio, 2ª série. São Paulo, SP: SEE, 2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Caderno do professor** – Biologia. Ensino Médio, 2ª série. São Paulo, SP: SEE, 2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Proposta curricular do estado de São Paulo: biologia**. São Paulo, SP: SEE, 2008.

SILVA JÚNIOR, César; SASSON, Sezar; CALDINI JÚNIOR, Nelson. **Biologia**. 11. ed. São Paulo, SP: Saraiva, 2017.

TEMP, Daiana S. **Facilitando a aprendizagem de genética: uso de um modelo didático e análise dos recursos presentes em livros de biologia**. 2011. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Educação em Ciências: química da vida e saúde) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/6656/TEMP%2C%20DAIANA%20SONEGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 fev. 2018.

THOMPSON, Miguel; RIOS, Eloci Peres. **Conexões com a biologia**. 2. ed. São Paulo, SP: Moderna, 2016.

## Anexo I – Declaração de Bioética e Biossegurança



### DECLARAÇÃO

Em observância ao §5º do Artigo 1º da Informação CCPG-UNICAMP/001/15, referente a Bioética, Biossegurança e acesso ao Patrimônio Genético, declaro que o conteúdo de minha Dissertação de Mestrado, intitulada "*Estratégias Pedagógicas para o Ensino de Biologia: Os desafios do ensino da genética mendeliana no ensino médio*", desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia do Instituto de Biologia da Unicamp, não versa sobre:

- ( X ) pesquisa envolvendo seres humanos
- ( X ) animais
- ( X ) temas afetos a Biossegurança
- ( X ) acesso a patrimônio genético.

Se você deixou de assinalar alguma das opções acima deverá enviar (via SIGA) o documento do respectivo Comitê para a Secretaria.

Assinatura:   
 Nome do(a) aluno(a): Vanessa Toledo Sette

Assinatura:   
 Nome do(a) orientador(a): Vera Nisaka Solferini

Data: 25/07/2018

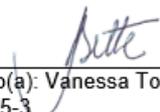
## Anexo II – Declaração de Direitos Autorais



### DECLARAÇÃO

As cópias de artigos de minha autoria ou de minha co-autoria, já publicadas ou submetidos para publicação em revistas científicas ou anais de congressos sujeitos a arbitragem, que constam da minha Dissertação de Mestrado, intitulada *"Estratégias Pedagógicas para o Ensino de Biologia: Os desafios do ensino da genética mendeliana no ensino médio"*, não infringem os dispositivos da Lei n.º 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Campinas, 26/07/2019

Assinatura:   
Nome do(a) aluno(a): Vanessa Toledo Sette  
RG n.º 32.043.545-3

Assinatura:   
Nome do(a) orientador(a): Vera Nisaka Solferini  
RG n.º 4763396

## Anexo III – Avaliação do 3º Bimestre

### Avaliação do 3º Bimestre

1) Qual das evidências abaixo não corresponde a uma evidência em relação aos fatores mendelianos e os cromossomos?

a) Variações nos cromossomos podem provocar alterações fenotípicas, assim como variações nos fatores.

b) Os dois fatores de dada característica são herdados de um dos genitores, assim como os dois cromossomos de cada par de homólogos são herdados do mesmo genitor.

c) Tanto os cromossomos como os fatores encontram-se sempre em pares.

d) A segregação dos fatores na formação dos gametas é independente da segregação de outros fatores, assim como a distribuição dos cromossomos homólogos para as células-filhas na meiose é independente da distribuição de outros pares.

2) Determine os tipos de gametas formados pelos seguintes indivíduos:

- a) AA \_\_\_\_\_
- b) Aa \_\_\_\_\_
- c) AAbb \_\_\_\_\_
- d) AABb \_\_\_\_\_
- e) AaBb \_\_\_\_\_

3) Albinismo é uma característica recessiva que resulta em organismos que não possuem pigmentação na pele, no cabelo e nos olhos. Uma mulher que apresenta pigmentação, com mãe albina, tem uma criança com um homem albino. Com base nessas informações, identifique o que se pede:

a) O genótipo da mãe da criança e seus possíveis gametas com relação a esse gene.

Genótipo = \_\_\_\_\_ Gametas = \_\_\_\_\_

b) O genótipo do pai da criança e seus possíveis gametas.

Genótipo = \_\_\_\_\_ Gametas = \_\_\_\_\_

c) Os possíveis genótipos e fenótipos da criança.

Genótipos = \_\_\_\_\_

Gametas = \_\_\_\_\_

4) (Fuvest – 1991) Um gato preto (A) foi cruzado com duas gatas (B e C), também pretas. O cruzamento do gato A com a gata B produziu 8 filhotes, todos pretos; o cruzamento do gato A com a gata C produziu 6 filhotes pretos e 2 amarelos. A análise desses resultados permite concluir que:

a) a cor preta é dominante, A e C são homocigotos.

b) a cor preta é dominante, A e B são homocigotos.

c) a cor preta é dominante, A e C são heterocigotos.

d) a cor preta é recessiva, A e C são homocigotos.

e) a cor preta é recessiva, B e C são heterocigotos.

5) (Fuvest – 1992) Dois alelos atuam na determinação da cor das sementes de uma planta: (A), dominante, determina a cor púrpura e (a), recessivo, determina a cor amarela. A tabela a seguir apresenta resultados de vários cruzamentos feitos com diversas linhagens dessa planta:

| Cruzamento | Resultado                |
|------------|--------------------------|
| I x aa     | 100% púrpura             |
| II x aa    | 50% púrpura; 50% amarela |
| III x aa   | 100% amarela             |
| IV x aa    | 75% púrpura; 25% amarela |

Apresentam genótipo heterocigoto as linhagens:

a) I e III.

d) I e IV.

b) II e III.

e) III e IV.

c) II e IV.

### Rascunho

## Anexo IV – Avaliação do 4º Bimestre

### Avaliação do 4º Bimestre

1. (UFSC 2010) Seu José da Silva, um pequeno criador de porcos do Oeste do Estado de Santa Catarina, desejando melhorar a qualidade de sua criação, comprou um porco de raça diferente daquela que ele criava. Preocupado com as consequências de criar este animal junto com os outros porcos, ele discute com seu vizinho sobre o assunto. Parte de seu diálogo é transcrito abaixo: Sr. José – O porco que comprei e apelidei de Napoleão é maior, mais forte e possui peso acima da média da raça que crio. Além disso, possui manchas marrons pelo corpo todo. Gostaria que boa parte de minha criação tivesse estas características. Vizinho – Seu José, isto vai ser muito difícil de conseguir; melhor o senhor comprar outros porcos com esse “jeitão”. Com base nos conhecimentos de genética, assinale a(s) proposição(ões) correta(s) sobre o assunto.

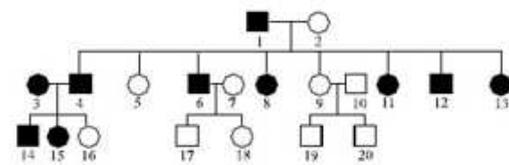
- ( ) As preocupações do Sr. José não se justificam, pois, animais com fenótipos distintos apresentam, obrigatoriamente, genótipos distintos para as mesmas características.
- ( ) O vizinho do Sr. José tem razão, pois não se pode obter mistura de características cruzando animais de raças diferentes na mesma espécie.
- ( ) Atualmente não se pode criar e cruzar porcos de raças diferentes, pois é impossível controlar a seleção das características geneticamente desejadas.
- (X) Quando duas raças distintas entram em contato e seus membros passam a cruzar-se livremente, as diferenças raciais tendem a desaparecer nos descendentes devido à mistura de genes.
- ( ) As manchas na pele do porco Napoleão são uma característica determinada geneticamente; já o peso e o tamanho resultam somente da oferta de boa alimentação.
- ( ) O melhoramento genético em animais que apresentam características de valor comercial é necessariamente prejudicial ao ser humano, já que não ocorre naturalmente.
- (X) Muitas características animais, como a fertilidade, a produção de carne e a resistência a doenças, são condicionadas por genes e dependem muito das condições nas quais os animais são criados.

2. Uma característica genética recessiva presente no cromossomo Y é:

- a) poder ser herdada do pai ou da mãe pelos descendentes do sexo masculino e do feminino.
- b) só poder ser herdada a partir do pai por seus descendentes do sexo masculino.
- c) só poder ser herdada a partir do pai por seus descendentes do sexo feminino.
- d) só poder ser herdada a partir da mãe por seus descendentes do sexo masculino.
- e) só poder ser herdada a partir da mãe por seus descendentes do sexo feminino.

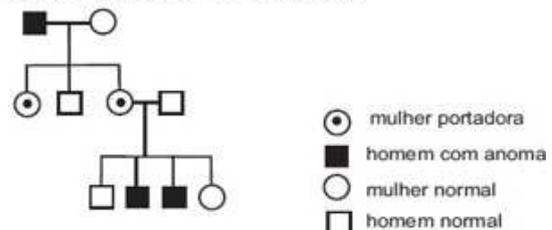
3. (VUNESP 2009) A Doença de Huntington ocorre em um par de genes alelos presentes no cromossomo n.º 4. Esse par de alelos promove uma progressiva degeneração do Sistema Nervoso Central provocando problemas motores e mentais. Não possui cura, manifesta-se após os 40 anos de idade. O heredograma representa uma família que apresenta a doença. Analisando o heredograma, pode-se concluir que se trata de uma herança genética:

● ■ Portadores da doença de Huntington  
○ □ Normais



- a) ligada ao sexo. d) codominante.
- b) autossômica recessiva. e) autossômica dominante.
- c) restrita ao sexo.

4. (UFF 2010) O heredograma abaixo mostra a ocorrência de uma determinada anomalia em uma família. A condição demonstrada no heredograma abaixo é herdada como característica:



- a) dominante autossômica.
- b) recessiva autossômica.
- c) recessiva ligada ao cromossomo Y.
- d) recessiva ligada ao cromossomo X.
- e) dominante ligada ao cromossomo X.

5. Sobre seus conhecimentos de Genética, apresente a alternativa correta:

- a) Quando há mais de dois alelos para um loco, chamamos de pleiotropia;
- b) Um caráter recessivo é manifestado quando seus alelos estão em dose dupla;
- c) Quando um caráter é determinado por três ou mais pares de genes em diferentes cromossomos chamamos linkage;
- d) O sistema XY é o único sistema na determinação do sexo para plantas e animais;
- e) A herança holândrica ou restrita ao sexo manifesta-se nas mulheres heterozigotas.