



**PUC** GOIÁS

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM GÊNÉTICA**

Renato Alves de Souza

**ANÁLISE DO CONTEÚDO DE GENÉTICA  
NO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO – ENEM**

GOIÂNIA-GO  
Março, 2017

**RENATO ALVES DE SOUZA**

**ANÁLISE DO CONTEÚDO DE GENÉTICA  
NO EXAME NACIONAL DO ENSINO MÉDIO - ENEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Genética da Pontifícia Universidade Católica de Goiás como requisito para obtenção do Título de Mestre em Genética.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Flávia Melo Rodrigues

GOIÂNIA/GO  
Março, 2017

S729a

Souza, Renato Alves de

Análise do conteúdo de genética no Exame Nacional do Ensino Médio[ manuscrito]/ Renato Alves de Souza.-- 2017.

85 f.; il. 30 cm

Texto em português com resumo em inglês

Dissertação (mestrado) -- Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Genética, Goiânia, 2017

Inclui referências f.53-64

1. Exame Nacional do Ensino Médio (Brasil). 2. Biologia - Estudo e ensino. 3. Genética - Estudo e ensino - Avaliação. I.Rodrigues, Flávia Melo. II.Pontifícia Universidade Católica de Goiás. III. Título.

CDU: 37.016:575(043)



**PUC  
GOIÁS**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA

Av. Universitária, 1069 ● Setor Universitário  
Caixa Postal 86 ● CEP 74605-010  
Goiânia ● Goiás ● Brasil  
Fone: (62) 3946.1070 ● Fax: (62) 3946.1070  
www.pucgoias.edu.br ● prope@pucgoias.edu.br

**ATA COMPLEMENTAR Nº 131/2017**

**MESTRADO EM GENÉTICA DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**

**DISCENTE: RENATO ALVES DE SOUZA**

**DEFENDIDA EM 15 DE MARÇO DE 2017 E Aprovado COM CONCEITO A.....**

O título foi alterado  não ( ) sim \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

.....  
*Flávia*

Profª. Dra. Flávia Melo Rodrigues

PUC Goiás (Presidente)

.....  
*Divino*

Prof. Dr. Aparecido Divino da Cruz

PUC Goiás

.....  
*Flávio*

Prof. Dr. Flávio Monteiro Ayres

Membro externo (UEG)

Dedico aos meus pais, Valdivino Miguel de Souza (*in memoriam*) e Luzia Alves de Souza, que sempre me incentivaram a estudar e sempre lutaram para que eu obtivesse as oportunidades para crescer por meio do conhecimento.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

À PUC-Goiás, seu corpo docente, direção e administração, que pela seriedade e dedicação na criação e manutenção do curso, oportuniza a formação de tantas pessoas, incluindo a minha.

À CAPES, pelo programa de suporte à pós-graduação de instituições de ensino particulares (PROSUP).

À minha orientadora, Dra. Flávia Melo Rodrigues, ao seu grande auxílio, pelas suas correções e incentivos, pela certeza – após cada reunião – que o projeto daria certo.

Aos amigos José Vitor M. Martins, por me incentivar a participar do Programa do Mestrado em Genética da PUC-Goiás e André Pupulin, pelo apoio durante toda a minha jornada acadêmica.

Aos meus pais, pelo seu amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu agradecimento sincero.

## RESUMO

O presente trabalho analisa as questões de Genética disponíveis na prova amarela de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) dos anos de 1998 a 2015 e depois compara o conteúdo cobrado de Genética nos livros didáticos. As questões foram classificadas de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e as áreas da Genética estabelecidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. Para a seleção dos livros foi feita uma pesquisa dos dois autores mais adotados pelas escolas estaduais de Goiânia-Go. Em relação às escolas privadas escolheu-se por duas escolas que tiveram um melhor desempenho no ENEM de 2015. Em relação aos dois livros apostilados, foram selecionadas as escolas que se dispuseram a fornecer o material. Os dados das questões do ENEM e dos livros foram tabulados e organizados em planilhas. Foi utilizada estatística descritiva utilizando os testes U de Mann-Whitney, Kruskal-Wallis, correlação de Spearman e do qui-quadrado para apresentar os resultados. Durante os 18 anos de ENEM foram identificadas 40 questões envolvendo o conteúdo genética. Percebe-se um aumento na frequência desse conteúdo a partir do ano de 2007. As questões sobre Genética Molecular e Biotecnologia/Engenharia Genética foram as mais frequentes no exame. Ao relacionar os conteúdos cobrados no ENEM com os livros/apostilas selecionados, os resultados apontam que os livros didáticos precisam ser reformulados com frequência por serem instrumentos fundamentais no processo de ensino-aprendizagem. Com esse estudo foi possível conhecer melhor quais áreas da Genética são mais requisitadas nesse exame e sobretudo perceber a importância do ensino da Genética de qualidade para o ENEM, por ser de extrema importância para os alunos do Ensino Médio.

**Palavras-chaves:** Avaliação, Biologia, Livro didático

## ABSTRACT

This present work analyzes the genetic questions available in the yellow test of nature sciences and its technologies of the National High School Examination (ENEM) from the years 1998 to 2015 and after compares the genetics content collected in the textbooks. The questions were classified according to the National Curricular Parameters for the Secondary Education and the genetic areas that were established by the National Council of Scientific and Technological Development - CNPq. For the selection of the books, a survey was made of the two most adopted authors by the state schools of Goiânia - Go. Regarding the private schools, the two schools that performed best in the ENEM of 2015 were chosen. In relation about the two apostilled books, were selected some schools that they arranged to provide this material. The data of the ENEM and the books were tabulated and organized into spreadsheets. Descriptive statistics were used using the Mann-Whitney U, Kruskal-wallis, Spearman and chi-square correlations to present the results. During the 18 years ENEM, 40 questions were identified involving the genetic content. It was noticed an increase in the frequency of this content from the year 2007. The questions on molecular genetics and biotechnology / genetic engineering were the most frequent in the exam. By linking the contents collected in the ENEM with the selected books / handouts, the results point out that textbooks need to be reformulated frequently as they are fundamental instruments in the teaching-learning process. With this study it was possible to know better which areas of genetics are most required in this examination and above all to realize the importance of the teaching of genetics of quality for the ENEM, since it is of extreme importance for the students of the Middle School.

**Keywords:** Evaluation, Biology, Teaching book.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO-----	7
2.	OBJETIVOS-----	9
	2.1 Objetivo geral-----	9
	2.2 Objetivos específicos-----	9
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA-----	10
	3.1 Ensino de Biologia -----	10
	3.2 Ensino de Genética -----	13
	3.3 Avaliação -----	17
	3.4 ENEM -----	20
	3.5 Livro didático -----	24
4.	MATERIAIS E MÉTODOS-----	27
	4.1 Tipo de Estudo-----	27
	4.2 População e Amostra-----	27
	4.3 Instrumento e Coleta de Dados-----	29
	4.4 Análises dos Dados-----	30
5.	RESULTADOS -----	32
6.	DISCUSSÃO-----	42
7.	CONCLUSÕES-----	50
	REFERÊNCIAS-----	53
	ANEXOS-----	65

## 1 INTRODUÇÃO

Os avanços no campo de pesquisa em Genética, nas últimas décadas, são de fato incontestáveis. Logo, a ciência não é algo oferecido, concluído, natural, mas sim processual e em constante construção (SHEID et al., 2005). É significativo disponibilizar o conhecimento científico consolidado, que cresce cotidianamente. No contexto do presente estudo e da temática estudada, as informações e as discussões podem ser úteis para o processo ensino-aprendizagem dos estudantes (MELO; CARMO, 2009).

Melo; Carmo (2009) afirmam que a dinâmica constante de crescimento do conhecimento mediado pelas pesquisas científicas leva necessidade das propositivas de estudos nas mais diversas áreas acerca das abordagens de ensino da Genética e Biologia Molecular no Ensino Médio em todo o território brasileiro. Conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) os conteúdos de genética exigidos no ENEM, que são o objeto da discussão do presente estudo, compreendem as leis da herança mendeliana e algumas de suas derivações, como alelos múltiplos, herança quantitativa e herança ligada ao sexo, recombinação gênica e ligação fatorial (BRASIL, 2000),

As métricas do ENEM refletem a apropriação do conhecimento acerca do conteúdo apresentado durante o desenvolvimento do ensino médio. Na área da genética, inserida no eixo epistemológico das ciências biológicas, espera-se que o estudante seja habilitado para conhecer e discutir sobre às tecnologias de clonagem, engenharia genética e outras ligadas à manipulação do DNA, proceder a análise desses fazeres humanos, identificando aspectos éticos, morais, políticos e econômicos envolvidos na produção científica e tecnológica, bem como na sua utilização. Segundo o PCNEM, ao se apropriar do conhecimento, o estudante se transporta de um cenário meramente científico e acadêmico para um contexto em que estão envolvidos vários aspectos da vida humana, sejam eles biológicos, sócio-políticos ou tecnológicos (BRASIL, 2000).

Os parâmetros contidos no PCNEM procuram sugerir reformas educacionais de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) (BRASIL, 2000), inserindo visões atualizadas da *práxis* da biologia. Especificamente no tocante à genética, segundo esses documentos, dois dos seis novos temas que estruturam a disciplina relacionam-se ao estudo e à aplicabilidade de novas tecnologias associadas ao DNA.

O ENEM é uma avaliação importante na vida de quem está terminando o ensino médio ou para quem já terminou. O ENEM foi implementado no ano de 1998 e teve como objetivo aferir o desempenho de estudantes do ensino médio no território nacional (BRASIL,

2015). E, assim, o exame também passou a ser utilizado como processo seletivo para o Programa Universidade para Todos (ProUni), criado no ano de 2004 e garantido pela Lei 11.096/2005. O objetivo central do ProUni é a concessão de bolsas de estudos parciais ou integrais para estudantes para cursar graduação em instituições de Ensino Superior privadas, garantindo o acesso e a permanência do estudante no ensino superior (BRASIL, 2016).

Apesar de não ser objetivo inicial do ENEM, em 2009, foram inseridas mudanças no exame que, passou a ser utilizado também como processo de seleção para ingresso de estudantes ao ensino superior. Conforme o Ministério da Educação (2016), as mudanças no ENEM contribuíram para a democratização no acesso de estudantes às Instituições Federais de Ensino Superior (IFES). Andriola (2011) afirmou que o ENEM, além de ser uma avaliação diagnóstica, avalia as habilidades e as competências humanas dos estudantes como sujeitos na sociedade.

Hoje o ENEM ganhou uma proporção muito grande devido ser uma das portas de entrada a universidades do país. Nesse contexto, o estudo avalia o conteúdo genética no ENEM e a presença do mesmo nos livros didáticos; haja visto que os livros didáticos contribuem para o ensino-aprendizagem no suporte da organização do currículo básico na maioria das escolas de ensinos fundamental e médio (XAVIER et al., 2006).

O Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM), implantado em 2003, tem por objetivo prover as escolas públicas de ensino fundamental e médio com livros didáticos e acervos de obras literárias, obras complementares e dicionários. O Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação (FNDE) (BRASIL, 2016) adquire e distribui livros para todos os estudantes de determinada etapa de ensino e repõe e complementa os livros reutilizáveis para outras etapas. No panorama nacional, na maioria das escolas públicas, os livros didáticos são os principais recursos de ensino-aprendizagem para os alunos em sala de aula e para além dela (LUIZ; GEALH, 2013). Uma outra vertente de material didático foi o sistema de ensino apostilado, adotado a partir do ano 2000 por várias redes de ensino, que tem recebido ampla aceitação nas salas de aula (BRITTO, 2011).

Diante da importância do conteúdo de genética no ENEM e o uso do livro didático no processo ensino-aprendizagem, torna-se necessário comparar o que é cobrado no exame sobre genética e o que é ensinado pelos recursos didáticos sobre o tema pesquisado, analisando as questões propostas no ENEM, sua aplicação pragmática na vida dos estudantes e o contexto midiático das mesmas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a ocorrência do conteúdo de genética e seus temas nas avaliações aplicados pelo ENEM no período de 1998 a 2015.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- 1- Identificar os livros e sistema de ensino apostilado adotados pelas principais escolas de Goiânia (Goiás, Brasil);
- 2- Quantificar as questões que envolvem o conteúdo de genética cobradas no ENEM por ano, mediante análise dos cadernos de prova da área das ciências da natureza e suas tecnologias;
- 3- Classificar as questões de Genética cobradas no ENEM de acordo com as áreas propostas dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) e as áreas do conhecimento da genética estabelecida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
- 4- Verificar a presença do conteúdo cobrado no ENEM nos livros didáticos selecionados e sistemas de ensino apostilados selecionados pelas escolas de Goiânia (Goiás, Brasil);
- 5- Comparar o conteúdo de genética dos livros didáticos adotados pelas escolas da rede Estadual de Goiás com os livros/apostilas utilizados nas escolas particulares de Goiânia (Goiás, Brasil);
- 6- Analisar a qualidade do conteúdo de genética nos livros de didáticos e sistemas de ensino apostilados.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Ensino de Biologia

O ensino de biologia é de grande relevância na vida dos estudantes, uma vez que esta área discute conhecimento científico sólido sobre a natureza e conseqüentemente, à tecnologia associada, que vem contribuindo para o desenvolvimento de uma sociedade. A qualidade do ensino científico de biologia nas escolas de ensino fundamental e médio é indispensável quando se pretende alcançar uma condição de desenvolvimento intelectual no aluno pleno nos estudantes (MALAFAIA, et al., 2010).

O conhecimento de biologia deve contribuir para que o estudante se aproprie de questões que dizem respeito ao desenvolvimento, a utilização de recursos naturais e à utilização de tecnologias, reconhecendo, inclusive, as implicações da intervenção do homem nos ambientes (BRASIL, 2000). Contribuindo para essa análise, o PCNEM (BRASIL, 2000) afirma que a compreensão da relação entre ciência, tecnologia e sociedade amplia as possibilidades da participação efetiva do cidadão no mundo.

Os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo. Para a área das Ciências da Natureza, Matemática e Tecnologias, isto é particularmente verdadeiro, pois a crescente valorização do conhecimento e da capacidade de inovar demanda cidadãos capazes de aprender continuamente, para o que é essencial uma formação geral e não apenas um treinamento específico (BRASIL, 2000, p. 6)

O ensino de biologia deve, ainda, ampliar o entendimento que o indivíduo tem da sua própria organização biológica e do lugar que ocupa na natureza e na sociedade e, conseqüentemente, possibilita um melhor conhecimento dos fenômenos biológicos inerentes à anatomia e fisiologia humanas visando à melhoria da qualidade de vida (MALAFAIA, et al., 2010). Dessa forma, a biologia é uma disciplina de extrema importância. Contudo, é comum observar que os estudantes do ensino médio enfrentam dificuldades na aprendizagem dos conceitos em biologia (LAZAROWITZ et al., 2010). De acordo com Larowitz (2010), a adequação da organização dos conceitos e como são ensinados podem ser uma das razões para essas dificuldades. Para Bernstein (1999), o conhecimento científico apresenta uma estrutura hierárquica e para que os estudantes possam alcançar o desenvolvimento de

habilidades, seleção dos conteúdos e integração dos diferentes conceitos deve ser crescente em complexidade, mantendo-se transversalmente os aspectos da evolução dos seres vivos.

De acordo com Vygotsky (2000), os conceitos científicos surgem e se constituem por meio de uma imensa rede de atividades do próprio pensamento. No entanto, a literatura científica deve dirigir-se a todos os estudantes e deve ser contínua, ou seja, ao longo da vida (SANTOS; MARTINS, 2009). Contribuindo com essa análise, Vygotsky, 2000, afirmou:

Pode-se dizer que a assimilação dos conceitos científicos se baseia igualmente nos conceitos elaborados no processo da própria experiência do aluno, como no estudo de uma língua estrangeira se baseia na semântica da língua materna (...); de igual maneira, a assimilação do sistema de conhecimentos científicos também não é possível senão através dessa relação imediata com o mundo dos objetos, senão através de outros conceitos anteriormente elaborados (VIGOTSKY, 2000, p. 269).

Alinhando com o raciocínio teórico de Vigotsky, o PCNEM (BRASIL, 2000) preconiza que para promover um aprendizado ativo, especialmente em biologia, o ensino deve realmente transcender a memorização de nomes de organismos, sistemas ou processos, é importante que os conteúdos se apresentem problematizados para os estudantes, como, por exemplo, aqueles envolvendo interações entre seres vivos, incluindo o ser humano e demais elementos do ambiente.

Conforme o PCNEM (BRASIL, 2000) um exemplo dessa problematização, seria o desenvolvimento da Genética e da Biologia Molecular. As tecnologias de manipulação do DNA e de clonagem trazem à tona aspectos éticos envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, chamando à reflexão sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (BRASIL, 2000). “A Biologia tem se destacado em debates e pesquisas acerca do ensino da Biotecnologia por apresentar temáticas principalmente associadas à Genética e à Biologia Molecular”; e quando se fala sobre Biotecnologia, logo, lembra-se de transgênicos, clonagem e o uso de células troncos (FONSECA; BOBROWSKI, 2015).

Para Ocelli et al. (2011), os estudantes do ensino médio, em sua maioria, não entendem o significado de Biotecnologia, exceto aqueles que receberam formação específica, participando de um curso voltado especificamente para essa área do conhecimento. A inclusão desse tema na sala de aula é necessária para que os estudantes possam participar de debates públicos com opiniões fundamentadas pelo conhecimento científico e não pelo senso comum com as abordagens sensacionalista, tão frequentemente promovida pela mídia (OCCELLI et al., 2011).

Borges (2007) realçou o papel do professor que deve repensar também as estratégias metodológicas visando à superação da aula verbalística, substituindo-a por práticas pedagógicas capazes de auxiliar a formação de um sujeito competente, apto a reconstruir conhecimentos e utilizá-los para qualificar a sua vida.

O conteúdo de genética integra a grade curricular de biologia do ensino médio (BRASIL, 2000). Contudo, esse conteúdo é ensinado basicamente de forma expositiva na sala de aula. Desta forma, limitando-se apenas ao conteúdo apresentado nos livros didáticos e apostilas (FALA et al., 2010). Além de um ensino basicamente expositivo, as instituições de ensino direcionam para a memorização e armazenamento de informações sem nenhuma aplicação diária para o estudante (VILHERNA et al., 2016).

Para Moraes et al. (2007), para se estimular a atenção do estudante sobre o conteúdo estudado, é necessário estimular todos os sentidos. Um recurso útil é a apresentação e debates de filmes sobre o assunto. Quanto mais jovem o estudante, maior a necessidade de se utilizar recursos variados de ensinagem (MORAES et al., 2007). O PCNEM (BRASIL, 2000) também ressalta que o aprendizado não deve ser centrado na interação individual de estudantes com materiais didáticos, nem se resumir à exposição do conteúdo do professor, mas se realizar pela participação ativa de cada um e do coletivo que está envolvido no processo de ensino-aprendizagem.

Silva et al. (2010) ressaltou que, em uma sociedade de bases tecnológicas e em crescente crescimento, o professor não pode ignorar as tecnologias da informação e comunicação (TICs) como aliadas no processo educacional. Silva et al., (2010), ainda acrescenta que o professor deve ter consciência de que a informação passada em sala de aula se torna obsoleta de forma rápida. Nesse contexto, o educador tem a necessidade de utilizar um material pedagógico mais interativo para cultivar o interesse da temática em genética e biologia molecular (SILVA et al., 2010)

Para que ocorra uma educação que possibilite o desenvolvimento de todos os estudantes é importante que o currículo seja claro no que se refere aos conceitos e os objetivos a serem alcançados, deixando ao critério dos professores a seleção, de acordo com as especificidades dos seus alunos, de atividades que permitam que todos tenham acesso aos mesmos conceitos e competências de níveis semelhantes de complexidade (FERREIRA et al., 2010).

Para Rosa et al. (2011), além de um currículo claro, no que se refere aos conceitos e objetivos que se devem alcançar, é necessário também o planejamento para o envolvimento do aluno ao trabalho escolar e também para enfrentar as situações inesperadas que podem ocorrer durante uma aula. Com essa prática, o planejamento contribui para a construção da autonomia moral e intelectual e para o exercício de relações mais justas e democráticas na sala de aula para além dela (ROSA et al., 2011). Carabetta (2010) também afirmou que é necessário que o professor planeje metodologias para instigar o seu aluno ao conhecimento da Biologia.

Para Gehard et al. (2012) o planejamento deve ocorrer de forma interdisciplinar. Assim, os professores das disciplinas científicas, por exemplo a biologia, do ensino médio podem tornar o processo de ensino-aprendizagem mais significativo e útil para o aluno agindo interdisciplinarmente. Mas, para que a interdisciplinaridade ocorra entre os conteúdos é preciso que o professores reconheçam a necessidade de interlocução entre as disciplinas (GEHARD et al., 2012). Além da interdisciplinaridade entre os conteúdos, é fundamental a contextualização no ensino (KLEINKE, 2017) do eixo Ciências da Natureza e suas Tecnologias, desta forma, o conteúdo fica atrativo para o estudante.

O Conselho Nacional de Ensino de 1998 – CNE/98 orienta que, no que compete à biologia, além do conteúdo básico em si, a biologia deve contribuir para construção da visão de mundo e que permita ao aluno a formação de conceitos, a avaliação e a tomada de posição cidadã, sendo sujeitos da transformação social que se espera de homens e mulheres a partir da educação.

### **3.2 Ensino de Genética**

No ensino de biologia, a genética vem sendo frequentemente abordada (LEWIS et al., 2000a, LEWIS et al., 2000b; SALIM et al., 2007; CHU; REID, 2012). Entretanto, no currículo de Biologia, a genética é percebida pelos estudantes como um tema muito difícil de ensinar e aprender (BAHAR et al. 1999; JOHNSTONE, MAHMOUND 1980).

A dificuldade associada ao processo de ensino-aprendizagem da genética, segundo Giacóia (2006), se dá pelo fato de os tópicos e temas, principalmente aqueles voltados à biotecnologia, trabalhados no ensino médio, são na maioria das vezes considerados abstratos

pelos estudantes. Sabe-se que a biotecnologia faz parte do dia a dia dos estudantes e com estratégias relativamente simples é possível estimular o estudante a pensar e contextualizar conteúdos que foram apresentados em sala ligados a biotecnologia com a sua vivência pessoal (DIREITO et al., 2014).

De acordo com Marmitt et al. (2016), uma metodologia interessante para trabalhar os conteúdos de tecnologia ligados à genética; a biotecnologia, são as oficinas, que possibilitam o contato de estudantes do ensino médio com diferentes áreas da biotecnologia, além de proporcionar aprendizagem e aproximação destes alunos com pesquisas desenvolvidas na instituição, também podem auxiliar na escolha de uma possível profissão.

Outra proposta bastante interessante para trabalhar o conteúdo de genética são as atividades lúdicas, como os jogos pedagógicos, que podem constituir como instrumentos úteis para motivar e instigar o estudante ao conhecimento. A ludicidade é uma estratégia adequada para a compreensão de conceitos e processos complexos, dentre eles a replicação semiconservativa do DNA (VILHERNA et al., 2016).

Gouvêa (2015) relatou que seminários se apresentam como uma outra proposta didática para trabalhar os conteúdos de genética voltados à tecnologia, como células troncos e alimentos transgênicos. Os seminários, para a pesquisadora Gouvêa (2015), metodologicamente contribuem para ganhos no conhecimento e melhora no rendimento escolar dos estudantes.

Os aplicativos educacionais também contribuem para a consolidação dos conceitos apresentadas nas diversas áreas da biologia, e além de estimular o interesse dos participantes pelo aplicativo e conseqüentemente para o conteúdo estudado (ALCÂNTARA et al., 2015).

Graebin (2009) recomendou que o professor esteja atendo à qualidade das tecnologias voltadas para a educação, não sendo bastante somente a presença de laboratórios de informática como ferramenta voltada para a tecnologia em sala. Porém, Pereira et al. (2012) ressaltaram a necessidade de o professor também ter domínio sobre as tecnologias na área educacional que pretende usar como ferramentas de apoio no ensino-aprendizagem dos conteúdos.

Para El-Hani (2014) a genética clássica deveria ser mais trabalhada entre os estudantes para evitar possíveis complicações no processo de ensino-aprendizagem desse conteúdo. Os estudantes universitários do eixo epistemológico das ciências biológicas, também apresentam deficiência nos conceitos básicos, por exemplo, de gene e composição e

estrutura do DNA, provavelmente, decorrentes de falhas no processo de ensino-aprendizagem do ensino básico. (SILVA et al., 2014)

Outro fator que contribui para que o conteúdo de genética seja percebido como no ensino básico é que nem sempre o conteúdo explicado em sala permite que o estudante se aproprie do conhecimento científico de modo que os alunos possam compreendê-lo, questioná-lo e até mesmo instigar os estudantes a pensar além da sala de aula (PEDRANCINI et al., 2007). Contribuindo para esse pensamento Corazza-Nunes et al. (2006) reconheceram que, apesar das inovações científicas e tecnológicas na área da genética fazerem parte do currículo do ensino médio, a maioria dos estudantes não conseguem relacionar o ensino de genética que foi passado na escola com a realidade na qual ele vive. Porém, Carabetta (2010) afirmou que a dificuldade dos estudantes está relacionada também à escola, que não possibilita que o conteúdo de genética ultrapasse as primeiras impressões do estudante. Conforme Arruda; Villani (1994), a primeira impressão de que o conhecimento científico é difícil é um dos grandes responsáveis pela resistência em adquirir tal conhecimento.

Conforme as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ (BRASIL, 2000), quando se ensina genética no Ensino Médio, frequentemente, procura-se familiarizar os estudantes apenas com os conceitos próprios da área de um modo geral, não explorando o conhecimento para além dessa abordagem. Para suprir essa limitação, o professor deve instigar o estudante a reconhecer no conhecimento da genética é um instrumento para subsidiar o julgamento de questões que envolvam preconceitos raciais, facilitar o posicionamento diante de polêmicas relacionadas à produção e à utilização de organismos geneticamente modificados, na aplicabilidade de tecnologias resultantes da manipulação do DNA (BRASIL, 2000).

Os temas clonagem, células-troncos e organismos transgênicos para Silva; Freitas (2006) requerem do estudante uma compreensão mais ampla do conhecimento científico. Assim, o conhecimento científico é preponderante no aprendizado da genética principalmente no enfoque da biotecnologia/engenharia genética. Para complementar a proposta dos PCNEM e dos autores aqui mencionados sobre a necessidade de trabalhar o conteúdo científico para abordar os conteúdos de genética, Fala (2010) apontou que as aulas práticas ou experimentais instigam a curiosidade dos estudantes, dando assim abertura para associar o cotidiano deles ao conhecimento científico.

Gericke (2012) sugeriu que a dificuldade dos alunos na genética do Ensino Médio está relacionada também aos livros didáticos com linguagem difícil e até mesmo com erros conceituais. Por outro lado, Xavier et al., (2006) afirmaram que é necessário atualizar os temas sobre a nova biologia, incluindo os temas ligados à genética, e que sejam totalmente inseridos e abordados de forma adequada. É indispensável que os livros didáticos abordem de forma ampla os temas importantes, como exemplo, células troncos, Projeto Genoma Humano, paternidade por DNA dentre outros, que surgem com as novas pesquisas no campo da genética (XAVIER et al., 2006). Complementando, tais temas como: a transferência do DNA de um organismo para outro (enzimas de restrição, vetores e clonagem molecular); à participação da engenharia genética na produção de alimentos, herbicidas, produtos farmacêuticos, hormônios, vacinas e medicamentos; às técnicas moleculares utilizadas para a detecção precoce de doenças genéticas; investigação criminal ou identificação de indivíduos, são importantes para serem discutidos no Ensino Médio (BRASIL, 2000).

O PCNEM (BRASIL, 2000) ainda orienta que aluno do ensino médio deva ter um conhecimento maior da unidade da vida para ter uma melhor compreensão dos mecanismos de hereditariedade e da biotecnologia/engenharia genética. Exemplificando, quando o aluno começa a estudar hereditariedade, ele irá precisar dos conceitos adquiridos sobre síntese proteica e, portanto, noções de núcleo, ribossomos, ácidos nucleicos, divisão celular; assuntos que foram apresentados no conteúdo de citologia. Sem a apropriação dos conteúdos básicos o estudante não pode entender ou emitir julgamento sobre testes de paternidade, clonagem de animais, transgênicos e entre outros mecanismos. Para finalizar, Duncan (2011) afirmou que a dificuldade nesse conteúdo está relacionada ao tempo que se dedica ao assunto, um ensino mais focado e estendido poderia levar a ganhos impressionantes para os estudantes.

Apesar da dificuldade apresentada pelos estudantes no ensino de genética conforme já afirmado por alguns autores, Chu; Reid (2012) afirmou que é importante que as gerações atuais de jovens sejam conscientes do papel da genética para que tenham compreensão suficiente sobre os debates que ocorrem na sociedade relacionados aos temas ligados ou com intersecção com essa área do conhecimento. Providos desses saberes, enquanto cidadãos, poderão contribuir eficazmente para os inevitáveis debates e tomar decisões adequadas para a coletividade (CHU; REID 2012).

O PCNEM (BRASIL, 2000) orienta que o estudante seja consciente e capaz de relacionar as tecnologias de clonagem, engenharia genética e outras ligadas à manipulação do

DNA. Assim, ele irá ter condições de fazer uma análise desses fazeres humanos, identificando aspectos éticos, morais, políticos e econômicos envolvidos na produção científica e tecnológica, como também na sua utilização. Nesse cenário, o aluno terá condições de contextualizar o que aprendeu em sala de aula.

### **3.3 Avaliação**

O Professor Luckesi (1998) afirmou que a avaliação do rendimento escolar deve ser praticada como uma atribuição de qualidade aos resultados da aprendizagem dos alunos, tendo como objetivo principal, uma tomada de decisão que direcione o aprendizado e o desenvolvimento do estudante.

Contribuindo sobre o processo de avaliação, Hadji (2001) afirmou que a avaliação deve ser um instrumento auxiliar do processo ensino aprendizagem. Assim, nesta vertente, outros pesquisadores contribuem para que a avaliação seja um elemento cujo objetivo de estruturar o processo de ensino-aprendizagem (BLACK; WILIAM, 1998; FERNANDES, 2006, 2009; HATTIE, 2009).

A avaliação constitui uma das fases fundamentais do desenvolvimento curricular proposto no ensino e centra-se na avaliação do processo e dos resultados obtidos (ZABALZA, 1992). Para Roldão (2015), a avaliação é uma forma de assegurar e regular o desenvolvimento do currículo:

Essa fase do processo de desenvolvimento curricular constitui o dispositivo central de regulação de todo o trabalho desenvolvido. Essa regulação – avaliação de processo e de resultados – situa-se a dois níveis: (1) o nível da regulação e verificação da aprendizagem conseguida pelos alunos, no interior do processo de desenvolvimento curricular acionado, e relativamente aos objetivos de aprendizagem visados; (2) o nível da regulação do próprio processo de desenvolvimento curricular, da sua pertinência, coerência e adequação – avaliação curricular (ROLDÃO; FERRO, 2015, p. 577).

Entre as diretrizes estabelecidas para o ensino médio na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) no. 9.394/96, está indicado, no inciso VI do artigo 9º, que cabe à União assegurar processo nacional de avaliação do rendimento escolar em colaboração com os sistemas de ensino, com objetivo de definir as prioridades e a melhoria da qualidade do ensino (BRASIL, 1996).

A avaliação em larga escala revela a preocupação dos docentes em trabalhar o conteúdo proposto de acordo com as habilidades e competências definidas para os estudantes e estabelecidas nas matrizes de referência. A matriz de referência do ENEM para a elaboração das provas estabelece que o instrumento de avaliação prepara os alunos para obtenção de bons desempenhos nos diversos exames e tem como objetivo central avaliar o processo ensino-aprendizagem em todas as suas dimensões (MINHOTO, 2015).

As iniciativas das avaliações em larga escala com objetivos de medir a qualidade do sistema de ensino no país são recentes, datando do final dos anos 1980. O marco inicial foi a implementação do Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Público de 1º grau (SAEP), que deu origem ao atual Sistema de Avaliação de Educação Básica (SAEB) (BONAMINO; FRANCO, 1999). Minhoto (2015) relatou que a realização de avaliação em larga escala foi criada com objetivo de entender o baixo desempenho dos alunos brasileiro em escolas públicas e auxiliar na propositiva de novas formas de intervenção no processo de ensino-aprendizagem com vistas à sua qualificação.

Desde a década de 80, notou-se a multiplicação de avaliações externas no Brasil, propostas pelas diferentes áreas da administração pública, do mesmo modo para os diferentes níveis de ensino (LOPES, 2007; BONAMINO; BESSA; FRANCO, 2004; MINHOTO, 2013, BAUER et al., 2015). Tavares Jr; Neuvert (2014), em sua análise exploratória das métricas relacionadas à implantação de avaliações externas, apontou uma melhoria no desempenho médio dos alunos, concluindo que as políticas públicas mantidas por meio da manutenção das avaliações contribuem para essa melhoria, que ainda leve, observado no sistema de ensino brasileiro. Por outro lado, devido a multiplicação de avaliações externas no cenário do ensino brasileiro, Dias Sobrinho (2002, p. 46) alertou:

[...] a avaliação assumiu basicamente as características de accountability: uma forma tecnocrática de valorar e um procedimento burocrático de exigir o cumprimento de obrigações. É inevitável a conexão entre a accountability e a ideologia da eficiência.

Num contexto de avaliação em larga escala, Barriga (2003) criticou a excessiva confiança de que o exame melhoraria a qualidade da educação e, conseqüentemente, vida social do indivíduo:

Porém, o exame é só um instrumento que não pode por si mesmo resolver os problemas gerados em outras instâncias sociais. Não pode ser justo quando a estrutura social é injusta; não pode melhorar a qualidade da educação quando existe uma drástica redução de subsídio e os docentes se encontram mal pagos; não pode melhorar os processos de aprendizagem dos estudantes quando não se atende nem à conformação intelectual dos docentes, nem ao estudo dos processos de aprender de

cada sujeito [...] afirmamos que o exame é um espaço social superdimensionado. Também enunciamos que o exame não pode resolver uma infinidade de problemas que se condensam nele. (2003, p. 27).

Nesta linha de raciocínio, para Minhoto (2015), devem haver mais pesquisas científicas sobre o eixo avaliação em larga escala. Embora parece crescente o interesse sobre essa temática, ainda é incipiente para entender melhor e contribuir para a qualificação do processo da avaliação em si e dos desdobramentos das avaliações de ensino em larga escala que afete sujeitos e instituições nelas envolvidas.

Corroborando com Minhoto (2015) sobre a necessidade de incrementar a produção acadêmica sobre a avaliação de em larga escala, Dalben; Almeida (2015) apontaram para um fator importante, que precisa ser considerado, as avaliações em larga escala precisam levar em consideração os fatores que não são exclusivos da elaboração do exame. Deveria, assim, ser considerado o nível socioeconômico dos estudantes, que é uma condição que influencia no processo de ensino-aprendizagem dos mesmos.

Ao compreender a complexidade do trabalho escolar e da avaliação em larga escala, é necessário propor ações para diminuir a desigualdade em uma avaliação desta natureza, ou seja, assumir outras dimensões da qualidade para além da aprendizagem em uma determinada área do conhecimento (DALBEN; ALMEIDA (2015). Assim, a iniciativa de caminhos alternativos para a avaliação de larga escala requer clareza do lugar da importância desse campo no processo de formação de sujeitos pela educação (SORDI, et al., 2016). Sobre esse ponto de vista, Sordi, et al. (2016) ainda complementaram que a produção de indicadores da qualidade da educação socialmente referenciada pode ser feita por outras alternativas metodológicas, que levam a resultados mais fidedignos. Uma das opções alternativas poderia ser a seleção de outras dimensões da construção da qualidade social ou ainda o uso de recursos estatísticos mais adequados para o dimensionamento das métricas e resultados, por exemplo a Teoria da Resposta ao Item (TRI) (SORDI, et al., 2016).

O uso da TRI em avaliações de larga escala é uma tendência mundial e tem sido utilizada na área da educação, proporcionando uma compreensão mais fidedigna do fenômeno estudado. A TRI foi desenvolvida com o objetivo de suprir as limitações da Teoria Clássica de Medidas (TCM) (BORTOLOTTI et al., 2012). Por outro lado, a TCM apresenta limitações intrínsecas relativas a heterogeneidade das características dos candidatos que se submetem ao exame (HAMBLETON; SWAMINATAN; ROGERS, 1991).

“A TRI é um conjunto de modelos matemáticos que descrevem a interação entre avaliados e itens de um teste” (COSTA, 2015). A TRI analisa cada item do exame ao invés da prova como um todo (KLEIN, 2009). Desta forma, a Teoria da Resposta ao Item é uma modelagem estatística que tem sido utilizada com muita frequência nos exames:

Modelos construídos pela Teoria da Resposta ao Item (TRI) mostram a relação entre a capacidade ou traço latente (simbolizado pela letra grega theta) medido pelo instrumento e a resposta ao item. A resposta ao item pode ser dicotômica (duas categorias), tais como certo ou errado, sim ou não, concordar ou discordar. Ou, pode ser politômica (mais de duas categorias), tais como uma classificação de um juiz ou apontador [...]. O construto medido pelos itens podem ser de proficiência acadêmica ou aptidão, ou pode ser uma atitude ou crença. (DEMARS, 2010, p. 3)

O ENEM foi reformulado em 2009 e passou a utilizar o método TRI (BRASIL, INEP, 2012). Para Costa (2015) o novo ENEM se transformou em uma prova semelhante à de um vestibular que visa selecionar os estudantes com o melhor aproveitamento pelo desempenho individual no exame.

### **3.4 Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM**

As avaliações de grande proporção têm como objetivo fornecer dados para implementação, manutenção e reformulação de políticas públicas para o ensino e muitas vezes coloca em cheque a prática docente (GONÇALVES et al., 2014). Para Gonçalves et al. (2014), é importante para professores compreender, conhecer e refletir sobre o ENEM e outras avaliações que os alunos realizam durante a vida escolar

O ENEM foi criado em 1998 (BRASIL, 2015), com o objetivo geral de avaliar o desempenho dos estudantes ao fim do ensino básico para aferir o desenvolvimento das competências e habilidades adquiridas ao longo da vida estudantil. Nesse sentido, as métricas e resultados globais anuais seriam resultado para melhorar a qualidade do ensino em todo o território nacional.

Conforme o Relatório Pedagógico do ENEM (BRASIL, 2015), na sua primeira edição, o exame contou com cerca de 115.600 participantes. Em 2008 o ENEM atingiu a marca de 4.018.050 de inscritos e 2.920.560 estavam presentes ao exame (BRASIL, 2015). A edição de 2010 alcançou patamar superior a 4.600.000 inscritos e destes, 3.242.77 participaram do

exame. Já em 2015, (BRASIL, 2015) foi superada a marca de 8,4 milhões de inscritos no exame.

Em 2004, o ENEM passou a ser utilizado como critério de seleção do Programa Universidade para Todos (ProUni) do Ministério da Educação (MEC). O ProUni foi criado pelo governo federal, que oferece bolsas de estudo, integrais e parciais (50%), em instituições particulares de educação superior (BRASIL, 2016). As Instituições de Ensino Superior (IES) já usavam o resultado do ENEM como avaliação de seleção para o ingresso no ensino superior (BRASIL, 2016).

Entre 1998 e 2008, o ENEM foi elaborado por meio de uma única prova, contendo apenas 63 questões objetivas de múltipla escolha e uma redação (BRASIL, 2015). O desempenho dos alunos era avaliado pela nota da prova objetiva e pela nota da redação cada qual valendo 100 pontos (GONÇALVES et al., 2012).

A partir de 2009 (BRASIL, 2015), o ENEM foi reestruturado e passou a ser formado por quatro cadernos de prova, cada uma com 45 questões objetivas, totalizando 180 questões, além da redação. A partir da sua reformulação, o ENEM incluiu com o objetivo de se constituir uma seleção unificada aos processos seletivos das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES). Essas mudanças surgem devido a necessidade de elaborar uma prova que proporcionasse a contextualização e a interdisciplinaridade (JOSÉ et al., 2014).

O novo ENEM foi dividido em quatro áreas do conhecimento humano: a) linguagens, códigos e suas tecnologias, incluindo a redação; b) ciências humanas e suas tecnologias; c) ciências da natureza e suas tecnologias; e d) matemática e suas tecnologias (BRASIL, 2015). O aluno, a partir dos eixos cognitivos propostos, trabalha com 30 competências distribuídas pelas 4 áreas do conhecimento acima descritas, sendo que essas competências se subdividem em 120 habilidades, que norteiam a elaboração das 180 questões de múltipla escolha do exame (BRASIL, 2015).

Após a reformulação do ENEM, a análise do desempenho dos participantes passou a utilizar o cálculo das médias em cada uma das quatro áreas avaliada pelo exame com base metodologia da Teoria de Resposta ao Item (TRI). O objetivo da TRI é medir o conhecimento a partir do comportamento observado em testes e, no caso da redação, os critérios são os mesmos do ENEM tradicional, com valor máximo de 1000 pontos (BRASIL, INEP, 2015).

As questões são elaboradas com base em uma Matriz de Referência, termo que se refere às múltiplas dimensões a serem avaliadas simultaneamente pelas questões,

competências e habilidades desenvolvidas durante a internalização do conteúdo pelos estudantes (BRASIL, 2015). A matriz de competências foi elaborada a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (BRASIL, 1996) e da matriz de competências do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB).

Dentro da área do conhecimento das Ciências da Natureza e suas tecnologias, o instrumento de avaliação abrange os conteúdos de química, física e biologia. A Matriz de Referência para a área apresenta oito competências, subdivididas em habilidades necessárias para a resolução das questões do exame (BRASIL, 2015). São quatro competências com suas respectivas habilidades ligadas ao ensino de Biologia e suas tecnologias (BRASIL, 2015), a saber:

**Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.** H1 – Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos. H2 – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico. H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas. H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

**Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.** H8 – Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos. H9 – Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos. H10 – Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais. H11 – Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos. H12 – Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

**Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.** H13 – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos. H14 – Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros. H15 – Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos. H16 – Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

**Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.** H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas

nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica. H18 – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam. H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

**Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico tecnológicas.** H28 – Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros. H29 – Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias primas ou produtos industriais. H30 – Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e a implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

A Matriz de Referência para o ENEM, segundo o Documento Básico (BRASIL, 2002), faz a integração dos conteúdos do currículo do ensino básico e o de cidadania, tal como definido nos textos constitucionais e na nova LDB. Santos (2011) afirmou que a educação por competência envolve a articulação de aprendizados nas esferas cognitiva, psicomotora e sócio afetiva e as habilidades decorrem das competências adquiridas, ou seja, do “saber fazer”.

Moehlecke (2012) enfatizou que, devido a reformulação do ENEM e o aumento no número de participantes, cabe aos órgãos competentes observarem o efeito dessa mudança na definição do currículo efetivamente em vigência nas escolas de ensino básico do Brasil. Gonçalves Jr (2014), em sua pesquisa, indicou a necessidade de reformulação da Matriz de Referência do ENEM, para que os objetos de conhecimento estejam mais ajustados com a matriz curricular do ensino médio e, desta forma, o exame venha contribuir de maneira mais significativa para a melhoria da qualidade do ensino básico. Acredita-se que é necessário retomar o ENEM como avaliação diagnóstica e que deve haver no que se refere ao desempenho e às características socioculturais do exame (VIGGIANO; MATTOS, 2013).

A nova proposta do ENEM permite traçar um paralelo dos desempenhos dos alunos ao longo dos anos. Assim, possibilita a reestruturação do currículo do ensino (ANDRIOLA, 2011). Além disso, Andriola, (2011) afirmou que o novo ENEM, como seleção unificada nos processos seletivos das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) contribui para democratizar as oportunidades de acesso às vagas federais do ensino superior.

Outro ponto defendido por Andriola (2011) sobre a adesão dos IFES ao ENEM foi a necessidade da institucionalização de processos de avaliação e, com isso, aumentar o acesso

de jovens ao Sistema de Ensino Federal de Educação Superior. Mas, para Lopes (2010), deve-se analisar o ENEM com cautela, considerando os diferentes contextos institucionais para se evitar a contribuição para desigualdade democrática ao acesso à universidades

A nova proposta do ENEM tem como objetivo: a) avaliação sistêmica, ao subsidiar a formulação de políticas públicas; b) avaliação certificatória, ao aferir conhecimentos para aqueles que estavam fora da escola; e c) avaliação classificatória, em relação ao acesso ao ensino superior, ao difundir-se como mecanismo de seleção entre as instituições de ensino superior, articulado agora também ao Sistema Unificado de Seleção (SISU) (MOEHLECKE, 2012).

Neste panorama, o ENEM vem ocupando lugar nas pesquisas científicas nos últimos anos no país. Algumas pesquisas analisam a matriz de competência de criação da prova e discutem sua função como avaliação de larga escala (VIANNA, 2003, VIGGIANO; GUARIGLIA; MATTOS, 2010, SOARES; OLIVEIRA, 2011). Outros pesquisadores analisam a evolução do exame (PEIXOTO; LINHARES, 2010, VIGGIANO; GUARIGLIA; MATTOS, 2011). Silva; Prestes (2009) pesquisaram a abordagem da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA); enquanto Ramalho e Núñez (2011) organizaram uma coletânea de trabalhos que versaram sobre a dimensão conceitual do ENEM. Lopes; López (2010) apontam que o ENEM pode criar uma forma de limitar os currículos da educação básica, já que as escolas estão preocupadas com o ingresso de seus alunos nas Universidades Federais do Brasil.

### **3.5 Livro Didático**

O livro didático desempenha um papel fundamental no ambiente escolar segundo Choppin (2004), o livro proporciona um suporte aos conteúdos propostos pelas matrizes curriculares. Complementando com Garcia (2011), os livros didáticos norteiam diversos aspectos da sala de aula: o ensino, os metodologia, a avaliação, o conhecimento, entre outros.

Contudo, para os alunos do Ensino Médio da escola pública, o acesso aos livros didáticos só se concretizou recentemente com a extensão do Plano Nacional do Livro Didático e a implementação do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLEM, por meio da Resolução FNDE n.º 38/03 (BRASIL, 2016). Portanto, começaram a ser

construídas as condições para que os alunos do Ensino Médio passassem a receber livros didáticos gratuitamente. Em 2009, rompe com o problema da falta do livro didático dessa disciplina para os alunos do Ensino Médio (GARCIA, 2011).

Garcia (2011), baseado nos resultados da avaliação realizada nos livros do Ensino Fundamental, o PNLEM incluiu, desde o seu início, mecanismos de avaliação dos livros do Ensino Médio das escolas públicas. Portanto, os livros que os professores escolhem para trabalhar com os alunos são encaminhados às escolas somente após a aprovação por uma equipe avaliadora do programa. Os cujos critérios avaliativos dos livros didáticos apoiam-se nas concepções presentes na legislação educacional, respeitando principalmente as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) e os PCNEM (GARCIA, 2011).

Os livros didáticos têm, e devem ter, um impacto positivo na aprendizagem do aluno. Irez (2009), sobre este assunto, argumentou que as ideias uniformizadas apresentadas em um livro didático, podem afetar a aprendizagem dos estudantes de forma direta ou indireta. Desta forma, o livro didático, conduz o conteúdo proposto pela matriz curricular no ensino básico (CHOPPIN, 2004) e para Corrêa (2000), ele também tem a função de trazer representações e valores predominantes num certo período de uma sociedade, visto que um livro é naturalmente influenciado pelos contextos histórico, político e cultural contemporâneos vivenciados pelos autores durante a sua preparação.

Garcia (2012) relatou que o ENEM, nos dias atuais, tem uma função similar à do livro didático, pois contribui para a organização curricular do Ensino Médio. O ENEM passa a ser utilizado para a organização curricular bem como para a elaboração dos livros didáticos das diversas disciplinas do Ensino Médio. Segundo Mello (2005), em consonância com o PCNEM, a organização curricular deve ser baseada na contextualização, nas tecnologias e na interdisciplinaridade.

Na maioria das escolas, o livro didático é o método pedagógico mais usado, tanto por alunos quanto pelos próprios professores e, na maioria das vezes, é o único recurso didático disponível para ambos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002; MEGID NETO; FRACALANZA, 2003; NÚÑES et al., 2003, CASSIANO, 2004). Desta forma, o livro didático influencia o currículo, influenciando nas decisões dos educadores sobre a escolha e a sequência das matérias, das atividades propostas e na formulação das avaliações (BALL; FEIMAN-NEMSER, 1988; GAYÁN; GARCÍA, 1997; NÚÑES et al., 2003, COUTINHO et al., 2014). Mas, Pinto; Martins (2000) alertaram para uma realidade muito

comum nas instituições de ensino, que é o uso massivo do livro-didático. Portanto, apesar do livro didático ser um roteiro do conteúdo proposto a ser trabalhado em sala de aula, o professor tem como obrigação buscar outras fontes de informações e conhecimentos para planejar sua aula. Ficar preso somente ao livro escolhido para o plano de ensino é reducionista e afeta negativamente o aprendizado dos estudantes (REIS et al., 2014).

Contudo, Megid-Neto; Fracalanza (2003) afirmaram que os docentes em geral usam o livro didático de três formas: (a) simultaneamente com várias coleções didáticas, (b) como apoio às atividades, (c) como fonte bibliográfica, tanto para complementar seus próprios conhecimentos quanto para a aprendizagem dos alunos.

Continho (2014), em consonância com o PCNEM (BRASIL, 2016), afirmou que o livro didático deve contribuir para o conhecimento científico, já que o livro é o um dos contatos que o aluno tem com a ciência, ou seja, um livro atua como o porta-voz do conhecimento científico. Gonçalves (2013) confirmou a importância do conhecimento científico presente nos livros didáticos. No atual contexto de impactos científicos e tecnológicos na sociedade, o autor destacou a função social do conhecimento científico, pois o discurso científico no ambiente escolar assegura às pessoas a consciência de sua cidadania e a participação nos destinos da nação e do mundo.

A discussão do conhecimento científico ou discurso científico no Ensino de Ciências se faz necessário por que inclui os estudantes em debates sobre temas específicos da ciência, que podem impactar suas vidas e trabalho, como transgênicos, células tronco, mudanças climáticas, energias renováveis, dentre outros (ROCHA, 2010).

Infelizmente, há uma distância muito grande sobre a pesquisa e a prática docente, talvez o maior desafio para educação a seja promover um encurtamento entre esses dois elementos essenciais para o processo de ensino-aprendizagem, ou seja, as discussões acerca do uso do livro didático, de concepções da ciência e de experimentação devem ser pautadas na formação dos professores da área (GÜLLICH et al., 2013). Corroborando, Xavier et al., (2006), em sua pesquisa sobre o conteúdo de genética nos livros didáticos, afirmou que os livros didáticos precisam passar por uma reformulação para a implementação de textos mais contextualizados e, ainda, complementou que o professor buscar sempre materiais didáticos e paradidáticos atualizados (XAVIER et al., 2006).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Tipo de Estudo**

Trata-se de um estudo quantitativo, descritivo e analítico.

### **4.2 População e Amostra**

Os recursos metodológicos utilizados para este estudo envolveram a análise de questões formuladas para o ENEM no período de 1998 a 2015, para classificar o conteúdo das questões sobre genética de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) e de acordo com as áreas do conhecimento da genética estabelecidas pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). Os cadernos de prova amarela do ENEM publicamente disponíveis foram baixados da página eletrônica oficial do INEP em <http://portal.inep.gov.br/>.

Para a análise e classificação das questões do ENEM disponíveis nas provas amarelas, foram primeiramente identificadas as questões de biologia de cada prova e em seguida foram separadas as questões de genética. Após a identificação das questões de genética, as questões foram classificadas de acordo com o PCNEM e as áreas do conhecimento da genética proposto pelo CNPq. Na etapa seguinte a da coleta de dados, comparou-se o conteúdo de genética cobrado pelo ENEM com o conteúdo próprio dos materiais didáticos selecionados (Tabela 1).

Tabela 1. Livros didáticos e apostilas selecionados para comparar o conteúdo de genética avaliado no ENEM, adotados em 2015.

Livros e Apostilas	Autores	Editora	Ano de publicação	Modalidade	Escolas que adotaram os livros/apostilados no ano de 2015	Dependência Administrativa da Escola
Biologia Hoje 3	Linhares, S; Gewandsznajder, F.	Ática	2015	Livro	Estadual de Goiânia	Estadual
Biologia em contexto 2	Amabis, J; Martho G.	Moderna	2013a	Livro	Estadual de Goiânia	Estadual
Bio 2	Lopes, S; Rosso, S.	Saraiva	2014	Livro	Colégio Integrado Jaó	Privada
Biologia 3	Uzunian, A; Birner, E.	Harbra	2013	Livro	Colégio Agostiniano Ns. de Fátima	Privada
UNO Internacional (mód - 21, 22 e 23)	Amabis, J; Martho, G.	Moderna	2013b	Apostila	Colégio Poligonal	Privada
SAS (1, 2, 3, 4 e 5)	Artuso et al.	SAS*	2015	Apostila	Colégio Degraus	Privada

\*Sistema de Ensino Ari de Sá

Com o PNLEM, as instituições públicas de ensino escolhem os livros didáticos com os quais irão trabalhar durante o período de vigência do programa. Foram selecionados os dois livros didáticos mais adotados pelas escolas públicas estaduais sediadas em Goiânia – Go (Anexo B), no ano de 2015, com os dois autores que tiveram maior distribuição de exemplares pelas escolas públicas, conforme relação disponibilizada no site do FNDE, <http://www.fnde.gov.br>. As obras selecionadas com base nesse critério foram: *Biologia Hoje* (LINHARES; GEWANDSZNADER, 2015), que no ano de 2015 teve 2.613 exemplares distribuídos. O segundo livro mais adotado pelas escolas públicas, com 2.528 exemplares em 2015, foi o *Biologia em Contexto* (AMABIS; MARTHO, 2013a).

Para a escolha dos livros utilizados pelas escolas privadas em Goiânia, aplicou-se como critério de seleção as escolas sediadas em Goiânia-Go que ainda utilizam o livro didático e que tiveram melhor desempenho no ENEM de 2015, conforme a relação disponível no portal do INEP. Os livros selecionados com base nesse critério foram: os livros *Bio 2* (LOPES; ROSSO, 2014), adotado pelo Colégio Integrado Jaó, que ficou na posição 100 no ENEM de 2015. O *Biologia 3* (UZUNIAN; BIRNER, 2013), adotado pelo Colégio Agostiano Ns. de Fátima, que ocupou a posição 278 no ENEM de 2015. Para a escolha das apostilas, optou-se por incluir o material das escolas que se dispuseram voluntariamente à fornecer o material para o estudo. Assim, participaram: o Sistema de Ensino UNO – Internacional (AMABIS; MARTHO, 2013b), adotado pelo Colégio Poligonal, e o Sistema de Ensino Ari de Sá – SAS (ARTUSO et al. 2015), adotado pelo Colégio Degraus.

Os conteúdos básicos da genética dos livros e apostilados foram analisados de acordo com critérios qualitativos e quantitativos considerados relevantes e referentes à apresentação do tema.

### **4.3 Instrumento e Coleta de Dados**

As questões do ENEM da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias disponíveis nas provas amarelas, de 1998 a 2015, foram classificadas de acordo com as áreas da genética estabelecidas pelo PCNEM e o CNPq. Já os conteúdos básicos da genética nos livros e nos sistemas de ensino apostilados foram analisados de acordo com critérios qualitativos e quantitativos considerados relevantes e referentes à apresentação do tema.

Todos os itens analisados foram avaliados em escores zero e um (Tabela 2). Para a obra que obteve maior pontuação foi atribuído o escore 1; as demais nesse quesito receberam escore 0. Foram analisados vários critérios observados nos materiais didáticos, entre eles, o número de questões do ENEM com conteúdo presente no livros didáticos, o número de páginas dedicadas ao assunto, a quantidade de figuras, referências atualizadas em relação ao de publicação entre outros. Por exemplo, o livro que apresentou o número maior de referências atualizadas, em relação ao ano de publicação, obteve escore 1 e os demais livros que apresentaram um número inferior de referências atualizadas era atribuído escore 0.

Tabela 2- Ficha de avaliação dos livros didáticos de Biologia acerca do assunto genética.

Critério Observados	Avaliação	
	0	1
1 - Presença do conteúdo cobrado no Enem		
2 - Número de páginas dedicadas ao assunto		
3 - Figuras:		
" com legendas adequadas		
" quantidade		
" claras, explicativas e coerentes com o texto		
4 - Existem referências atualizadas em relação ao ano de publicação		
5 - Existem erros conceituais/conceitos fragmentados		
6 - Presença de exemplificações claras, relacionando-se com o dia a dia do aluno		
7 - Utiliza vocabulário atualizado, adequado e correto		
8 - Sugestões de leitura complementar/ motiva o aluno		
9 - Propõem atividades em grupo e discussões em relação ao assunto		
10 - Estabelecem relações entre os capítulos estudados anteriormente		
11 - Levam em conta o conhecimento prévio do aluno		
12 - A linguagem é clara		
13 - Apresentam exercícios que possibilitam a aprendizagem significativa		
14 - Aborda os assuntos:		
Leis Mendelianas/ Probabilidade		
Alelos Múltiplos		
Herança Ligada ao sexo		
Genes ligados (Linkage)		
Genética Molecular e de Microorganismo		
Genética Vegetal/quantitativa		
Citogenética (morfologia e alterações cromossômicas)		
Divisão Celular		
Genética Humana e Médica (Doenças)		
Interação Gênica		
Genética de Populações/Evolutiva		
Mutações Gênicas		
Herança extracromossômica (DNA mitocondrial) e cloroplasto		
Regulação da Expressão Gênica		

Fonte: modificado de BATISTA et al., 2010, p149.

#### 4.5 Análises dos Dados

Após a coleta dos dados dos livros e das questões do ENEM, os mesmos foram tabulados e organizados em planilhas. Foi utilizada estatística descritiva, com frequência percentual simples (%) para apresentar os resultados. Para comparar as populações analisadas foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis e para testar a diferença entre duas amostras utilizou o teste U de *Mann-Whitney*. Foi utilizado o teste do qui-quadrado para verificar se houve diferenças significativas entre frequências observadas e esperadas de variáveis categóricas. E para avaliar se houve associação significativa entre variáveis independentes aplicou-se a

correlação de Spearman. Para todas as análises foi adotado um nível de significância  $\leq 0,05$ . O programa usado para as análises estatísticas dos dados foi o Bioestat 5.0 (AYRES et al. 2007).

## 5 RESULTADOS

Desde a criação do ENEM em 1998 até 2015, foram identificadas 40 questões envolvendo o conteúdo de genética (Anexo A), com média 2,2 questões por ano e mediana de 2,5 o desvio padrão foi de 1,4 de questões por ano (Figura 1).

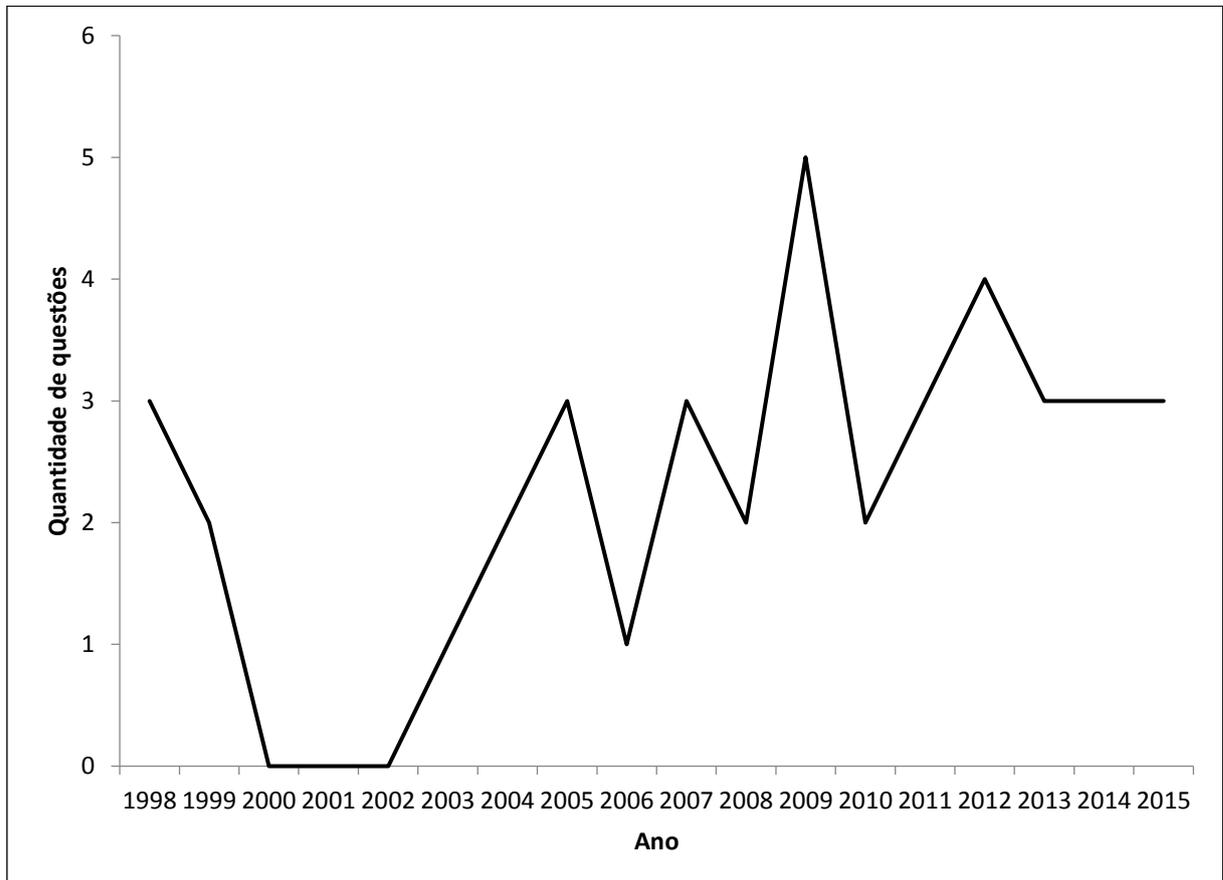


Figura 1. Identificação da quantidade de questões que envolveram assuntos da área da genética obtidas a partir dos cadernos de prova do ENEM por ano (1998 – 2015).

Com a identificação das questões de biologia e genética (Tabela 3), percebeu-se que não houve uma associação significativa ( $r = 0,2737$   $p = 0,2718$ ), ou seja, o número de questões de genética não aumenta ou diminui de acordo com o número de questões de biologia geral.

Tabela 3. Quantidade de questões de biologia e genética no ENEM (1998 - 2015), ( $r = 0,2737$   $p^* = 0,2718$ ).

Ano	Biologia	Genética	%
1998	16	3	19
1999	13	2	15
2000	13	0	0
2001	15	0	0
2002	17	0	0
2003	21	1	5
2004	18	2	11
2005	25	3	12
2006	20	1	5
2007	30	3	10
2008	27	2	7
2009	22	5	23
2010	19	2	11
2011	17	3	18
2012	18	4	22
2013	16	3	19
2014	19	3	16
2015	15	3	20
<b>Total</b>	<b>341</b>	<b>40</b>	<b>12</b>

\*Correlação de Spearman.

O número máximo de questões foi de cinco no ano de 2009, mas nos anos de 2000, 2001 e 2002 não houve questões de Biologia que abordassem o conteúdo de genética nas avaliações do ENEM. Percebe-se um aumento desse conteúdo nas provas do ENEM a partir de 2007 ( $p = 0,0092$ ) com frequência de três questões por ano e um total de 28 questões (Tabela 4).

Tabela 4. Variação do número de questões de genética cobradas no ENEM nos primeiros e últimos 9 anos.

Parâmetros	Anos		$p^*$
	1998-2006	2007-2015	
<b>Média (<math>\pm dp</math>)</b>	(1,33 $\pm$ 1,22)	(3,11 $\pm$ 0,93)	
<b>Varição</b>	0 - 3	2 - 5	0,0092
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>28</b>	

 $p^*$  Mann-Whitney

Após a identificação das questões de genética foi feita a classificação das questões conforme a proposta do PCNEM e as áreas do conhecimento da genética conforme o CNPq. A área do conhecimento da genética mais abordada no ENEM foi da

biotecnologia/engenharia genética com 35% das questões analisadas, seguida de genética molecular e de microrganismo com 30%. As leis mendelianas/probabilidade obtiveram apenas 7,5% das questões (Figura 2).

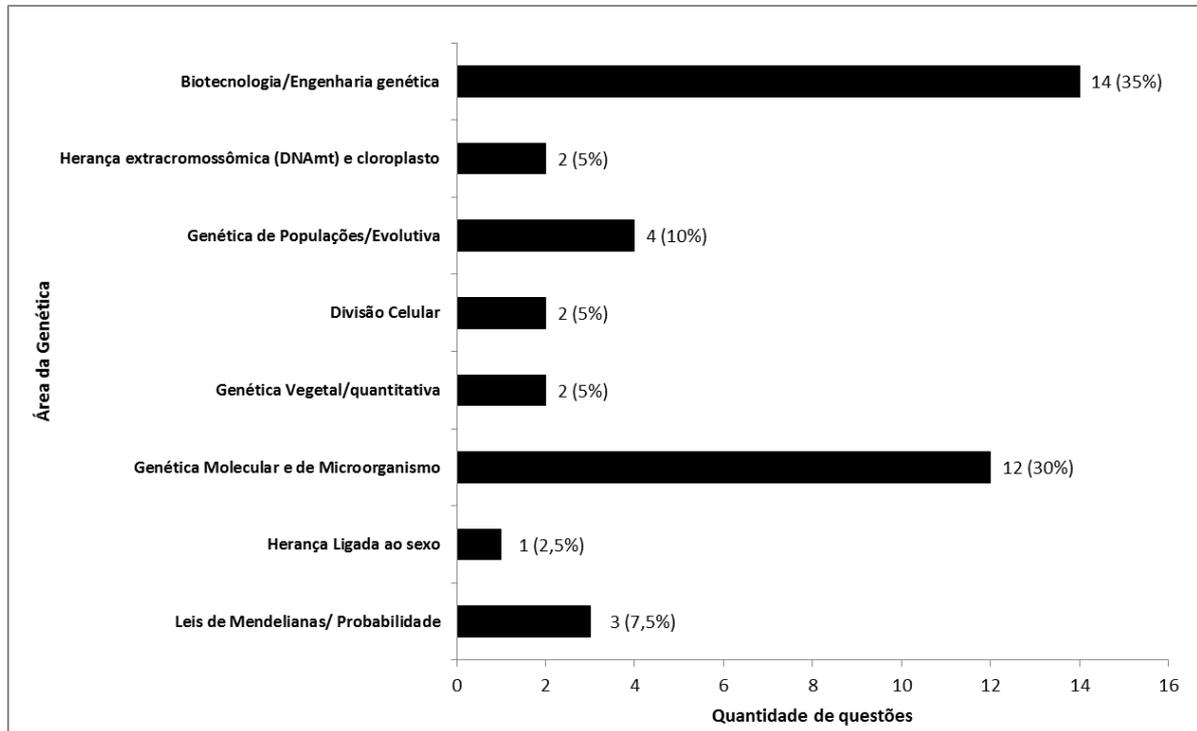


Figura 2 – Classificação das questões do ENEM (1998 a 2015) de acordo com os PCNEM e as áreas do conhecimento da genética conforme o CNPq.

O conteúdo de genética das questões analisadas foi comparado em quatro livros didáticos e dois livros apostilados utilizados em escolas públicas e privadas de Goiânia – Go (Tabela 1). A obra de Lopes; Rosso (2014) foi o livro que apresentou a maior frequência do conteúdo de genética abordado nas questões do ENEM (Tabela 5); em apenas três questões o livro não abordou o assunto, uma questão de genética molecular e de microrganismo e duas questões de biotecnologia/engenharia genética. Uzunian; Birner (2013) apresentou a menor frequência do conteúdo de genética abordado nas questões do ENEM. Foram oito questões cujos conteúdos não foram trabalhados na publicação, três de genética molecular e de microrganismo, uma questão de genética de populações/evolutiva, duas questões de herança extracromossômica (DNA mitocondrial) e duas questões de biotecnologia/engenharia genética. Porém, não houve diferença significativa entre os livros, em relação ao número de questões ausentes ( $p= 0,5266$ ).

Tabela 5. Quantidade de questões do ENEM com conteúdo ausente nos livros analisados.

Áreas da genética ausentes em algum livro / Autores	Linhares, S.; Gewandz najder, F. Amabis, J. M.; Martho, G. R. (a)*	Lopes, S.; Rosso, S.	Uzunian, A.; Birner, E.	Amabis, J. M.; Martho, G. R. (b)*	Artuso et al.	Total (%)	
Genética Molecular e de Microorganismo	3	2	1	3	3	2	14 (38)
Genética de Populações/Evolutiva Herança	1	1	0	1	1	1	5 (14)
extracromossômica (DNAMt) e cloroplasto	2	1	0	2	0	2	7 (19)
Biotecnologia/engenharia genética	1	2	2	2	2	2	11 (30)
<b>Total (%)</b>	<b>7 (19)</b>	<b>6 (16)</b>	<b>3 (8)</b>	<b>8 (22)</b>	<b>6 (16)</b>	<b>7 (19)</b>	<b>37 (100)</b>

\* $p = 0,5266$  (Kruskal-Wallis)

a\* - Livro Biologia em Contexto 2

b\* - Apostila UNO Internacional

No total dos temas da genética, alguns livros não abordaram quatro áreas, que ficaram com algum conteúdo ausente conforme as questões ENEM, sendo elas: genética molecular e de microrganismos, genética de populações/evolutiva, herança extracromossômica (DNA mitocondrial e cloroplasto) e biotecnologia/engenharia genética. O livro de Lopes; Rosso (2014) apresentou uma média de 99% dos conteúdos que foram abordados durante os 18 anos de ENEM, em segundo lugar ficou a obra Biologia em Contexto de Amabis; Martho (2013a) com média de 96%. O livro de Uzunian; Birner (2013) apresentou a menor média, com 89% (Tabela 6).

Tabela 6. Porcentagem do conteúdo de genética presente nos livros didáticos conforme as questões do ENEM.

Áreas da genética	Linhares, S.; Gewandz najder, F. Amabis, J. M.; Martho, G. R. (a)*	Lopes, S.; Rosso, S.	Uzunian, A.; Birner, E.	Amabis, J. M.; Martho, G. R. (b)*	Artuso et al.	p*
Leis de Mendelianas/ Probabilidade	100	100	100	100	100	
Alelos Múltiplos	100	100	100	100	100	
Herança Ligada ao sexo	100	100	100	100	100	
Genes ligados (Linkage)	100	100	100	100	100	
Genética Molecular e de Microrganismo	75	75	92	75	83	
Genética Vegetal/quantitativa	100	100	100	100	100	
Citogenética (morfologia e alterações cromossômicas)	100	100	100	100	100	
Divisão Celular	100	100	100	100	100	0,8741
Genética Humana e Médica (Doenças)	100	100	100	100	100	
Interação Gênica	100	100	100	100	100	
Genética de Populações/Evolutiva	75	75	100	75	75	
Mutações Gênicas	100	100	100	100	100	
Herança extracromossômica *(DNAm) e cloroplasto	0	100	100	0	50	0
Regulação da Expressão Gênica	100	100	100	100	100	
Biotecnologia/engenharia genética	93	86	86	86	86	
<b>Média</b>	<b>90</b>	<b>96</b>	<b>99</b>	<b>89</b>	<b>93</b>	<b>90</b>
<b>Variação</b>	<b>0 - 100</b>	<b>75 - 100</b>	<b>86 - 100</b>	<b>0 - 100</b>	<b>50 - 100</b>	<b>0 - 100</b>

\* *Kruskal-Wallis*; a\* - Livro Biologia em Contexto 2; b\* - Apostila UNO Internacional

\*DNA *mitochondrial*

Todos os livros didáticos e apostilados analisados adotados pelas escolas são de publicações recentes, tendo como parâmetro os últimos cinco anos. A publicação mais antiga é de 2013 (Tabela 7). Contudo, somente dois autores utilizaram referências atualizadas, Lopes; Rosso (2014) com apenas 5% das referências publicadas nos últimos cinco anos e os dois materiais didáticos analisados dos autores Amabis; Martho (2013a e 2013b), Biologia em Contexto 2 e UNO Internacional, apresentaram 14% das referências atualizadas. Os demais não apresentaram nenhuma referência publicada nos últimos cinco anos. Porém, os conteúdos de genética presentes nas obras analisadas se mostraram atualizados em relação à bibliografia científica utilizada como parâmetro avaliativo.

Tabela 7. Referência bibliográfica recente dos livros didáticos analisados.

Fonte (Ano)	Publicações recentes (últimos 5 anos)	Total de referências (%)
Linhares; Gewandsznajder (2015)	0	63 (0)
Amabis; Martho (2013a)	8	57 (14)
Lopes; Rosso (2014)	3	62 (5)
Uzunian; Birner (2013)	0	64 (0)
Amabis; Martho (2013b)	8	57 (14)
Artuso et al. (2015)	0	20 (0)

a - Livro Biologia em Contexto 2

b- Apostila UNO Internacional

Os autores cometem alguns erros ou apresentaram conceitos fragmentados sobre o conteúdo de genética (Tabela 8). O autor que apresentou mais erros ou conteúdo fragmentado foi Uzunian; Birner (2013), com quatro erros ou conteúdo fragmentado; sendo que 50% deles influenciam na compreensão do conteúdo analisado. Lopes; Rosso (2014) apresentaram somente um conteúdo fragmentado, os autores trazem o conceito incompleto de cromossomos homólogos.

Tabela 8. Erros conceituais ou fragmentados nos livros didáticos

Fontes	Total de erros	Proporção de erros que influenciam na compreensão do conteúdo de genética (%)
Linhares; Gewandsznajder (2015)	3	100
Amabis; Martho (2013a)	2	100
Lopes; Rosso (2014)	1	100
Uzunian; Birner (2013)	4	50
Amabis; Martho (2013b)	2	50
Artuso et al. (2015)	2	100
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>---</b>

a - Livro Biologia em Contexto 2

b - Apostila UNO Internacional

A única obra que traz o conceito completo sobre cromossomos homólogos foi de Artuso et al., (2015, p. 17),

Nas células somáticas dos organismos diploide, os cromossomos (filamentos nucleares) apresentam-se sempre aos pares (cromossomos homólogos). Cada cromossomo do par de homólogo é derivado de um genitor. Assim, para um dado

par cromossômico é formado pela célula reprodutora paterna; e o outro, pela célula reprodutora materna. Normalmente, exceto os cromossomos sexuais, os cromossomos homólogos apresentam aspecto morfológico semelhante. Durante a meiose (divisão reducional), os cromossomos homólogos separam-se, indo um de cada par para um gameta, originando células haploides.

As outras obras trouxeram conteúdos fragmentados que influenciam na compreensão do conteúdo (Tabela 9). Linhares; Gewandszajder (2015) além de trazer o conteúdo sobre cromossomos homólogos fragmentado também traz o conceito de Sistema MN sobre grupos sanguíneos de forma fragmentada. O livro de Uzunian; Birner (2013) apresenta de forma fragmentada a função dos cromossomos sexuais. Para Uzunian; Birner (2013) os cromossomos sexuais são responsáveis apenas pelas características sexuais do indivíduo.

Tabela 9. Conteúdo fragmentados nos livros didáticos

<b>Fontes</b>	<b>Quantidade de fragmentos</b>	<b>Proporção de conceitos fragmentados que influenciam na compreensão do conteúdo de genética</b>
Linhares; Gewandszajder (2015)	2	50
Amabis; Martho (2013a)	1	100
Lopes; Rosso (2014)	1	100
Uzunian; Birner (2013)	2	100
Amabis; Martho (2013b)	1	100
Artuso et al. (2015)	0	0
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>---</b>

a - Livro Biologia em Contexto 2

b - Apostila UNO Internacional

Quanto ao número de capítulos de genética, o livro Biologia 3 de Uzunian; Birner (2013) que traz os conteúdos de genética, evolução e ecologia apresentou o maior número de capítulos dedicado ao conteúdo com 62%. O livro Biologia em Contexto 2 – adaptação e continuidade da vida de Amabis; Martho (2013a) está dividido em reprodução e desenvolvimento, fundamentos da genética e evolução. O conteúdo de genética está presente em 55% dos capítulos desse livro (Tabela 10). Os livros apostilados de Amabis; Martho (2013b) e Artuso et al. (2015), apresentaram 100% porque as obras estão divididas em módulos ou livros dedicados somente ao conteúdo de genética.

Tabela 10. Quantidade de capítulos dedicados à genética em relação ao total de capítulos do livro.

Fontes	Quantidade de capítulos de conteúdo de genética	Quantidade de capítulos por livro	%
Linhares; Gewandsznajder (2015)	8	20	40
Amabis; Martho (2013a)	6	11	55
Lopes; Rosso (2014)	6	12	50
Uzunian; Birner (2013)	8	13	62
Amabis; Martho (2013b)	12	12	100
Artuso et al. (2015)	15	15	100
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>83</b>	<b>66</b>

a - Livro Biologia em Contexto 2

b - Apostila UNO Internacional

Outro item que se analisou nas obras foram as sugestões de leituras complementares por capítulo (Tabela 11). O livro que apresentou um maior número de sugestão de leitura por capítulo foi de Uzunian; Birner (2013) com média de 4 sugestão por capítulo. Amabis; Martho (2013a) apresentou a menor média de sugestão de leituras por capítulos com apenas 0,8 sugestões.

Tabela 11. Sugestão de leitura complementar nos livros didáticos nos capítulos de genética

Fontes	Quantidade de leitura complementar	Quantidade de capítulos do conteúdo de genética	Média de leitura complementar por capítulos de genética
Linhares; Gewandsznajder (2015)	14	8	1,8
Amabis; Martho (2013a)	5	6	0,8
Lopes; Rosso (2014)	14	6	2,3
Uzunian; Birner (2013)	32	8	4,0
Amabis; Martho (2013b)	18	12	1,5
Artuso et al. (2015)	33	15	2,2
<b>Total</b>	<b>116</b>	<b>55</b>	<b>---</b>

a - Livro Biologia em Contexto 2

b - Apostila UNO Internacional

Todas as obras trazem atividades resolvidas durante ou ao final dos capítulos (Tabela 12), propondo uma melhor compreensão do conteúdo exposto. Lopes; Rosso (2014) apresentou uma média 2,8 exercícios resolvidos por capítulos; seguido de Uzunian; Birner (2013) com 2,4. As duas obras analisadas de Amabis; Martho (2013a,b), Biologia em contexto 2 e Uno Internacional, apresentaram a menor média de exercícios resolvidos por capítulos, a primeira com 0,8 e o segunda com 0,4 exercícios resolvidos por capítulo, ou seja, alguns conteúdos de genética não tiveram exercícios resolvidos para demonstrar o raciocínio exigido nas questões propostas.

Tabela 12. Quantidade de exercícios resolvidos de genética por capítulo.

Fontes	Quantidade de exercícios de genética resolvidos	Quantidade de capítulos do conteúdo de genética	Média
Linhares; Gewandsznajder (2015)	9	8	1,1
Amabis; Martho (2013a)	5	6	0,8
Lopes; Rosso (2014)	17	6	2,8
Uzunian; Birner (2013)	19	8	2,4
Amabis; Martho (2013b)	5	12	0,4
Artuso et al. (2015)	21	15	1,4
<b>Total</b>	<b>76</b>	<b>55</b>	<b>---</b>
<b>Variação</b>	<b>5 - 21</b>	<b>6 - 15</b>	<b>0,4 - 2,8</b>

a - Livro Biologia em contexto

b - UNO Internacional

A análise dos quatro livros didáticos e dos dois livros apostilados foi realizada com ênfase no tema genética com o auxílio de uma ficha de avaliação para a coleta de dados (Tabela 2). O resultado dessa avaliação mostra que o livro de Lopes S; Rosso (2014), foi o único que apresentou escore com diferença significativa ( $p= 0,0411$ ), ou seja, pode-se dizer que esse é o melhor livro, pois apresentou maior número de escores 100%. Os demais não apresentaram diferença significativa entre os escores 100% e < 100% ( $p > 0,05$ ) (Figura 3).

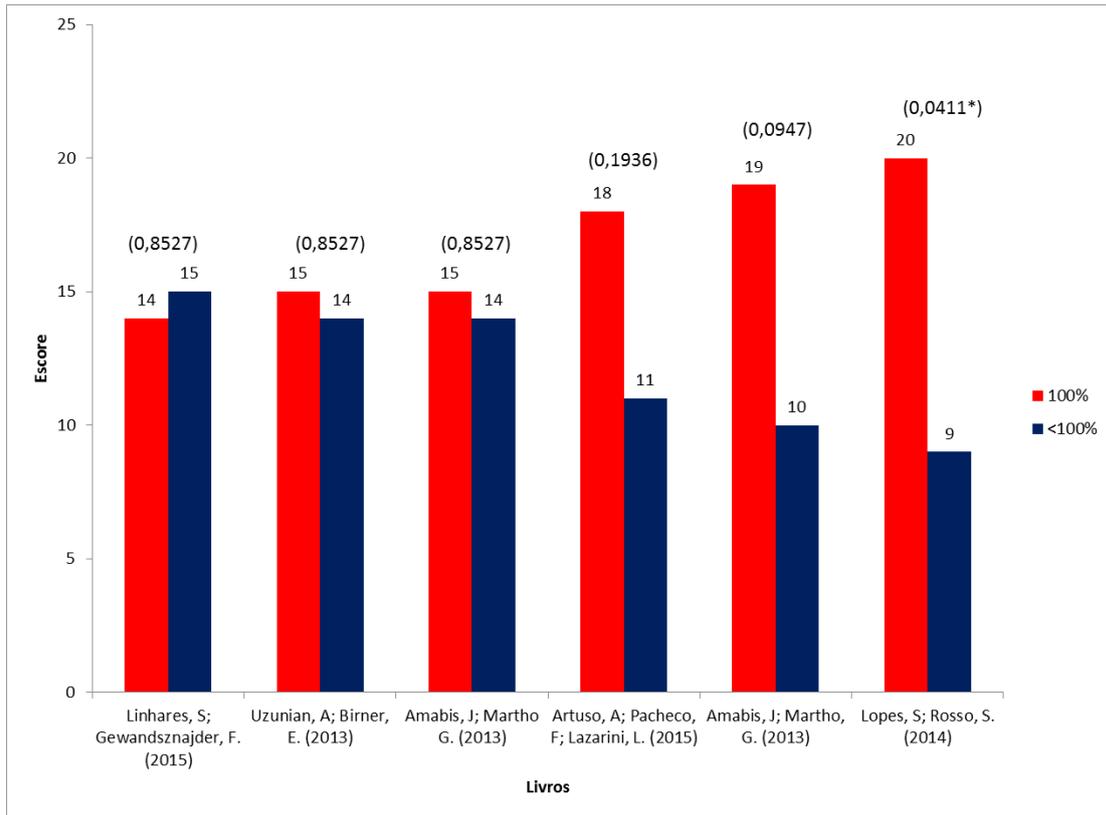


Figura 3. Escores (100% ou < 100%) da avaliação dos livros didáticos de Biologia acerca do assunto genética.  
\* teste do qui-quadrado

Foi comparado a média das quatro áreas do conhecimento do ENEM nos anos de 2013 e 2014, disponíveis no site do INEP (Tabela 13). Os estudantes do Colégio Poligonal que forneceu o livro apostilado do Sistema UNO dos autores Amabis; Martho (2013b), a primeira turma que participou do ENEM foi somente em 2015 e os microdados desse ano ainda não estão disponíveis no site, por isso não estão inclusos. Percebe-se que a média da área do conhecimento Ciências da Natureza e suas tecnologias foi a segunda menor média entre as outras áreas.

Tabela 13. Média dos alunos no ENEM por área nos dois últimos anos disponíveis no site do INEP

Escolas	Ciências da Natureza e suas tecnologias		Ciências humanas e suas tecnologias		Linguagem, códigos e suas tecnologias		Matemática e suas tecnologias	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Integrado Jaó	638,74	642,66	668,79	668,62	618,21	621,52	718,05	704,28
Colégio Agostiano Ns. de Fátima	612,69	612,98	633,08	657,63	587,41	600,78	694,28	693,96
Colégio Degraus	573,83	583,03	612,13	622,96	570,58	568,74	651,35	595,95
Escolas Estaduais	463,58	476,72	508,01	538,99	488,49	505,61	500,33	458,21
Média	572,21	578,85	605,50	622,05	566,17	574,16	641,00	613,10

## 6 DISCUSSÃO

A série histórica temporal de 1998 a 2015 compreendeu 18 anos. Foram identificadas 40 questões contendo o conteúdo de genética, distribuídas nas provas, de Ciências da Natureza e suas tecnologias do ENEM, correspondendo a uma média de 2,2 questões por ano e mediana de 2.5. A grandes avanços do conhecimento na área de Ciências Biológicas no século XXI ocorreram a partir da consolidação do conhecimento da genética (XAVIER et al., 2002; NASCIMENTO, 2003). Portanto, o ensino de genética e suas tecnologias no Ensino Médio é importante, pois o saber científico deve ser apropriado pela sociedade e o aprendizado dos estudantes acerca do conhecimento e dos avanços da ciência neste campo de saber são parâmetros importantes para a transformação social, na perspectiva amplamente discutida pelo Ministério da Educação para todo o território nacional.

Conforme a Tabela 3, as questões de genética no período estudado mostraram-se constantes em relação questões de biologia geral, não havendo uma associação significativa conforme a Correlação de Spearman ( $r = 0,2737$   $p = 0,2718$ ). No entanto, durante três anos (2000 a 2002) o conteúdo de genética não apareceu nas avaliações do ENEM. Esta observação é relevante, considerando que no triênio grandes avanços no conhecimento e na tecnologia ocorreram no mundo. A título de exemplo, pode ser considerado a divulgação final do sequenciamento do genoma humano amplamente divulgado na mídia leiga e nas revistas científicas. Em fevereiro de 2001, *Nature* e *Science*, duas revistas internacionalmente reconhecidas, com elevados fatores de impacto, publicaram um número exclusivo sobre o assunto. Seguindo-se as diretrizes para o ensino de temas atuais, os professores de biologia do ensino médio em todo o território nacional se debruçaram sobre o feito científico e discutiu conceitos e tecnologias com os estudantes. No entanto, no triênio crítico e bastante relevante para genética mundial, os comitês elaboradores não acharam interessante a inclusão da genética nas questões do ENEM. Considerando as horas de ensino-aprendizagem dedicadas ao assunto, as métricas do resultado do ENEM foram afetadas pela qualidade do instrumento avaliativo. Esta situação é crítica e não alinhada com as orientações do próprio INEP acerca dos objetivos gerais do ENEM e também em desconformidade com os parâmetros de elaboração dos instrumentos de avaliação dos estudantes do ensino médio brasileiro. Manzano; Lopes (2010), já haviam relatado esse fenômeno na pesquisa sobre os conteúdos de

biologia em vestibulares seriados. Dessa maneira, evidenciaram que há pouca concordância sobre o encadeamento ideal para o ensino de biologia.

Para Marques (2016), o ENEM propõem os conteúdos de genética, mais especificamente em biotecnologia, de forma contextualizada e interdisciplinar, inserindo o candidato em uma situação problema da atualidade e na maioria das vezes no contexto de seu cotidiano. Por outro lado, o conhecimento básico deixa de ser apreendido pelos estudantes e a transversalidade do ensino médio penaliza os estudantes da área ciências biológicas quando chegam às IES.

Indo contra essa vertente, nos anos de 2000, 2001 e 2002 não houve questões de Biologia que abordassem o conteúdo de genética, mesmo que no período tenha ocorrido vários debates com ressonância na mídia sobre a temática de genética, como o Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura, aprovado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (BRASIL, 2008) ou a criação da Agência Mundial Antidoping (Wada) em 2002 de métodos para acompanhar de perto os avanços de doping genético (BAIRROS, 2011); ou os trabalhos da Câmara Técnica Legislativa do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) em 2003 (BRASIL, 2015)

Contudo, percebe-se um aumento no número de questões de genética nas provas do ENEM a partir de 2007 com frequência de três questões por ano (Tabela 4). Por exemplo, os geneticistas Mario Capecchi, Oliver Smithies e Martin J. Evans foram os ganhadores do Prêmio Nobel de Medicina e Fisiologia 2007 por seus trabalhos em genética (NEWS, 2007). Os três cientistas receberam o prêmio por suas descobertas relacionadas às células-tronco embrionárias e a recombinação do DNA em mamíferos, nas edições seguintes do ENEM apareceram questões que abordassem DNA recombinante e clonagem.

As questões envolvendo leis mendelianas/probabilidade correspondem a apenas 7,5% do conjunto de questões no ENEM no período estudado. Dougherty (2009) afirmou que aos alunos não basta apenas dominar problemas que envolvam a genética mendeliana e que não há uma simples relação entre genótipo e fenótipo. Assim, é preciso que aluno tenha conhecimento do desenvolvimento da genética e da biologia molecular, das tecnologias de manipulações do DNA e da clonagem já que os PCNEM preconizam o conhecimento científico.

O Projeto Genoma Humano se mostrou um dos ícones de avanço científico e tecnológico em nível mundial (GÓES; OLIVEIRA, 2014). Desta forma, devido a necessidade e as recomendações do PCNEM, as áreas da genética estabelecidas que obtiveram o maior número de questões foram genética molecular e microrganismos com 30% e biotecnologia/engenharia genética com 35% das questões identificadas. Dougherty (2009) ainda afirma que com a criação do Projeto Genoma Humano, heranças que se julgavam simples, ou seja, determinada por apenas um par gene, hoje sabe-se que são complexas. Fato que faz com que haja maior necessidade de entendimento de todos sobre o conteúdo em questão para, seguindo os PCNEM, podermos acompanhar com entendimento crítico as discussões que são levantadas.

A importância observada no ENEM da biotecnologia nas questões de genética para Reigota (2010) pode ser explicado pelo grande apelo social e por sua influência direta na sociedade, como por exemplo, a utilização de células-tronco na medicina e a fabricação de alimentos transgênicos na agricultura, dessa forma, tornando-se um conteúdo de grande importância no ensino básico.

O conteúdo de genética observado nas questões analisadas foi comparado em quatro livros didáticos e dois livros apostilados utilizados em escolas públicas e privadas de Goiânia – Go. A obra de Lopes; Rosso (2014) foi o livro que apresentou a maior frequência, com 99%, do conteúdo de genética abordado nas questões do ENEM. Para Freitag et al. (1993), o professor deve ter consciência e responsabilidade no momento da escolha dos livros didáticos e paradidáticos. Na escolha do livro didático, o professor deve reconhecer que o livro didático será o instrumento para a elaboração do roteiro de estudar para o ano letivo e portanto, será a ferramenta do professor no planejamento escolar e no processo ensino-aprendizagem de seus estudantes (FREITAG et al., 1993). Desta forma, o livro didático e seus conteúdos é o companheiro constante subsidiando os temas para processo de ensino-aprendizagem dos estudantes.

O livro dos autores Uzunian; Birner (2013) apresentou a menor frequência, com 89%, do conteúdo de genética abordado nas questões do ENEM. Devetak et al., (2013) afirmou que os livros didáticos influenciam de forma significativa o conhecimento científico dos alunos nas avaliações externas, por exemplo, o ENEM. Por outro lado, as avaliações externas nacionais deveriam influenciar os autores na elaboração dos livros didáticos (DEVETAK et al., 2013).

O conhecimento biológico e principalmente da genética está em constante expansão devido às pesquisas voltadas para a área estudada (PEDRANCINI, 2007; SILVA et al., 2010). A produção do conhecimento científico é constante e as áreas estão sempre em desenvolvimento. Por exemplo, o conceito de gene adquiriu, ao longo dos anos, versões diferentes (FLODIN, 2009). Conforme Gericke et al. (2014), são raras as exceções de livros didáticos que não mantêm o conteúdo de genética atualizados com os novos achados da pesquisa científica, fato parcialmente observado neste estudo.

Entretanto, os livros didáticos analisados são de publicações recentes, mas, somente dois livros apresentaram uma bibliografia recente (Tabela 7). Lopes; Rosso (2014) com apenas 5% das referências publicadas nos últimos cinco anos e os materiais didáticos analisados dos autores Amabis; Martho (2013) com 14% das referências atualizadas. É necessário que os livros mantenham atualizado o seu conhecimento científico de acordo com o ano publicação, visto que o conhecimento científico está em rotineira transformação pelas pesquisas da área. A reedição de um livro atualiza a sua citação bibliográfica, mas o conteúdo só pode ser atualizado se novos conceitos e conhecimentos forem incorporados na nova edição.

Nesse panorama, entende-se que os livros didáticos necessitem de reformulação periódica. Eles são de extrema aplicabilidade e importância no contexto educacional público e privado. Assim, é necessário que sejam feitas atualizações e ampliação de conteúdos, lançamento de textos mais contextualizados, reestruturação de capítulos para promover novas formas de inserir os temas modernos (XAVIER et al., 2006).

O livro de Uzunian; Birner (2013) apresentou uma maior quantidade de erros ou conceitos fragmentados sobre o conteúdo de genética, sendo que 50% dessa informação equivocada no livro influencia no processo ensino-aprendizagem dos conceitos básicos da genética (Tabela 8). El-hani (2014) ratificou essa percepção em sua pesquisa verificando vários livros didáticos com informação superficial sobre as contribuições de Mendel para a genética.

Gericke (2014) também afirmou que alguns livros didáticos trazem alguns erros conceituais de genética e que na maioria das vezes esses conceitos são passados para os alunos da forma que está livro didático. Isso ocorre porque frequentemente, os professores tem conhecimento limitado sobre o assunto discutido em sala de aula e transmitem a informação por aluno forma equivocada (JUSTI, GILBERT 2003; VAN DRIEL, VERLOOP

1999). Nesse contexto, a atualização dos professores sobre os temas que lecionam é imperativo. O professor é antes de tudo o facilitador e seus conhecimentos sobre conceitos e conhecimentos deve ser crítico e atualizado. Ensinar é um ato de coragem.

Bastisti et al. (2010) apontaram também, em sua análise sobre livros didáticos, que a fragmentação dos conteúdos é frequentemente observada. Os conteúdos reduzidos e fragmentados dificultam a integração do aluno com os conceitos, contribuindo apenas para a memorização ou reprodução do assunto, que inviabiliza o processo de ensino aprendizagem dos estudantes (SANTOS; CORTELAZZO, 2012).

O livro de Lopes; Rosso (2014) apresentou somente um conteúdo fragmentado. Os autores trazem o conceito incompleto de cromossomos homólogos.

Os cromossomos homólogos possuem genes relacionados aos mesmo caracteres, situados em posições correspondentes. O lugar de cada gene ocupa nos cromossomos chama-se loco (do latim: *locus* = lugar) gênico. Assim, os cromossomos homólogos apresentam a mesma sequência de *locos* gênicos (LOPES; ROSSO, 2014, v 1, p. 353).

Comparando com leitura acadêmica o conceito de cromossomos homólogos, Snustad; Simmons (2013), abrange o seguinte:

Se analisarmos os cromossomos de uma célula diploide, constatamos que se apresentam em pares. [...] Os cromossomos de um par são denominados cromossomos homólogos, palavra de origem grega que significa ‘em acordo com’. Os cromossomos homólogos tem conjunto iguais de genes, embora, possa ter diferentes alelos nesses genes. [...] Durante a meiose, os cromossomos homólogos associam-se. Essa associação é a base de um processo organizado que acaba por reduzir o número de cromossomos ao estado haploide. A diminuição do número de cromossomos ocorre de maneira que cada uma das células haploides recebe exatamente um membro de cada par de cromossomos (SNUSTAD; SIMMONS, 2013, p 25).

É fundamental para o aluno entender o processo de divisão celular, a base da genética, compreender que os cromossomos homólogos se separam durante a meiose. Lopes; Rosso (2013), no volume 2 da mesma coleção, já explica que os cromossomos homólogos se separam durante a meiose:

Os cromossomos existem aos pares na células do corpo dos indivíduos (células somáticas diploides), e cada par é formado por cromossomos homólogos. Na meiose os cromossomos homólogos se separam, indo um cromossomo de cada par para uma célula-filha, que é, portanto, haploide (LOPES; ROSSO, 2013, v 2, p 200).

A biologia celular é de extrema importância para o aluno compreender as bases da genética. A divisão celular é um dos conteúdos-base para essa compreensão. É essencial quando o professor explica esse conteúdo esclarecendo que os cromossomos homólogos se

separam na meiose. A meiose pode ser considerada como um importante bloco conceitual para o aluno, o que impede uma compreensão significativa de conceitos dependentes dele (LONGDEN, 2010). Contribuindo para esse achado Balls; Godsell (1973) já afirmava que o ciclo celular e suas fases eram ignorados em quase todos os livros didáticos no ensino de biologia.

Para Gehard; Rocha Filho (2012), a fragmentação dos saberes consiste na divisão do conhecimento em pequenas parcelas. Assim, a fragmentação do conhecimento prejudica a educação científica, podendo gerar um ensino sem sentido para o aluno. “Dessa forma o aluno deixa de ser capaz de perceber as semelhanças e relações entre as diferentes áreas do conhecimento, o que acaba provocando um profundo desinteresse pela ciência” (GEHARD; ROCHA FILHO, 2012).

Gericke (2014), visando evitar que o professor passe conceitos fragmentados ou errados, sugeriu, que o discurso do livro didático se aproxime da estrutura de conhecimento das disciplinas acadêmicas de genética e biologia molecular. Reis et al. (2014), contribuíram com a discussão, enfatizando que as deficiências identificadas nas abordagens do livros didáticos devem ser complementadas pela ação do professor. Assim, o professor é o maestro para o processo de ensino-aprendizagem. Na sua prática docente, o professor deve se utilizar de outros recursos pedagógicos para potencializar o processo de ensino-aprendizagem de seus estudantes (AMARAL et al., 2009).

Conforme a Tabela 11, o livro didático que apresentou maior quantidade de sugestão de leituras complementares por capítulo foi de Uzunian; Birner (2013) com média de 4 sugestões por capítulo. Os livros didáticos geralmente incluem uma variedade de temas e perspectivas, em relação ao corpo principal do texto para a leitura complementar (MARTINS, 2012).

A leitura complementar nos livros didáticos é uma forma de atualização sobre o tema, ou avanços recentes na área de genética e biologia molecular (LOPES, 2012). Conforme foi identificado nos livros didáticos, as leituras complementares são uma forma do aluno ter conhecimento sobre temas relevantes, como pesquisas científicas, aplicabilidades do saber no seu dia a dia e curiosidades sobre o conteúdo principal do capítulo. Mas, para Lopes (2012), ainda faltam sugestões de leitura complementar nos livros didáticos. Amabis; Martho (2013a), apresentaram a menor média de sugestão de leituras por capítulos com apenas 0,8 sugestões; sendo que alguns capítulos não apresentaram leitura complementar.

Todos os livros didáticos trazem atividades resolvidas durante ou ao final dos capítulos (Tabela 12). “A resolução das questões de genética exige, além do conhecimento do conteúdo, a utilização de competências” (TEMP; BARTHOLOMEI-SANTOS, 2015). As questões de genética nos livros didáticos exigem que o aluno interprete dados, faça contextualização com outros assuntos, cálculos dentre outras habilidades.

Os exercícios resolvidos durante o capítulo estudado são fundamentais para o aluno compreender o raciocínio exigido no conteúdo apresentado e se apropriar da habilidade. Lopes (2012) diz que as atividades propostas ou recursos adicionais verificados na análise dos livros didáticos confirmaram basicamente que são exercícios de fixação e memorização, ou seja, faltam atividades criativas para estimular o desenvolvimento de habilidades e atitudes científicas diversificadas.

No presente estudo, Lopes; Rosso (2014) apresentaram uma média de 2,8 exercícios resolvidos por capítulos, seguido de Uzunian; Birner (2013) com 2,4. As duas obras analisadas de Amabis; Martho (2013), *Biologia em contexto 2* e *Uno Internacional*, apresentaram a menor média de exercícios resolvidos por capítulo, o primeiro com 0,8 e o segundo com 0,4 exercícios resolvidos por capítulo; ou seja, alguns conteúdos de genética não tiveram exercícios resolvidos para demonstrar o raciocínio exigido nas questões propostas.

A análise dos quatro livros didáticos e dos dois livros apostilados foi realizada com ênfase nos temas da genética com o auxílio de uma ficha de avaliação para a coleta de dados (Tabela 2). O resultado mostrou que o livro de Lopes; Rosso (2014) foi o único que apresentou escore com diferença significativa ( $p= 0,0411$ ); ou seja, pode-se dizer que esse é o melhor livro, pois apresentou maior número de escores 100%.

Um livro didático de qualidade é suposto por ser aquele que em seu conteúdo envolve todos os princípios didáticos da maneira mais eficiente possível para o estudante compreender o conteúdo proposto (DEVETAK et al., 2013). O resultado da análise do livro Lopes; Rosso (2014), é corroborado pelos resultados – a média do último ano (2014) disponível no site do INEP – da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do ENEM dos estudantes do Colégio Integrado Jaó de Goiânia, que forneceu o livro didático para a pesquisa. Dentre as escolas que forneceram os livros para a pesquisa, os alunos do Colégio Integrado Jaó obtiveram a maior média nessa área, com 642,66 pontos (Tabela 13). Um bom livro contribui de forma significativa para o processo de ensino-aprendizagem. Contudo, deve-se observar o contexto socioeconômico dos estudantes das escolas que forneceram os materiais; sabendo

que o mesmo influencia também no processo de ensino-aprendizagem e, conseqüentemente, nos resultados alcançados pelos egressos no ENEM.

Os resultados do presente estudo reforçam que o livro didático é um material que cumpre uma importante função no processo de ensino-aprendizagem (COUTINHO et al., 2014). Megid Neto; Francalanza (2003) e El-Hani et al (2011) afirmaram que comumente os professores extrapolam o uso livro didático como principal ferramenta da educação para definir os conteúdos, atividades e modos de avaliação. Mas, um bom livro pode trazer uma contribuição significativa para as aulas de biologia, desta forma, trazendo elementos para a leitura e para o desenvolvimento de atividades que constituem possibilidades de aprendizagem de conceitos, procedimentos, valores e atitudes (FRANZOLIN; BIZZO, 2007).

## 7 CONCLUSÕES

No presente estudo, verificou-se a dimensão da avaliação dos conteúdos de genética no ENEM durante 18 anos (1998 a 2015). No período foram aplicadas 40 questões que envolviam alguma temática da área da genética, com média de 2,2 questões por ano. Contudo, nos anos de 2000, 2001 e 2002 não houve questões de biologia que abordassem conteúdos de genética. A ausência da genética nesses três anos evidencia a falta de contextualização do ENEM, já que a genética é uma área do conhecimento que está em crescente ascensão nas pesquisas científicas. Em compensação, percebeu-se um aumento do conteúdo específico nas provas do ENEM a partir de 2007, com frequência de cerca de três questões por ano.

Com base na pesquisa, percebeu-se que a área do conhecimento da genética mais abordada no ENEM foi a da biotecnologia/engenharia genética com 35% das questões analisadas, seguida recomendações do PCNEM, ou seja, a biologia estar associada à tecnologia; e a genética é a área que está intimamente ligada a tecnologia principalmente quando aborda seus avanços na área de biotecnologia/engenharia genética.

Os livros didáticos geralmente abordam esse conteúdo no último ano do ensino médio. Na sequência didática, a genética molecular e a biotecnologia/engenharia genética são os últimos conteúdos da genética a serem abordados. Normalmente relegando esses conteúdos a serem apresentados de forma superficial ou mesmo não serem apresentados.

Os conteúdos de biotecnologia/engenharia genética normalmente trabalham com informações atuais, normalmente divulgadas na imprensa. Temas de repercussão midiática, que podem contribuir com o aumento do interesse dos estudantes pela área, aproximando a pesquisa e, por consequência, a própria genética da vida dos estudantes.

Um outro achado importante é que as leis mendelianas e probabilidade obtiveram apenas 7,5% das questões de genética identificadas. Ponto que gera uma contradição, pois a base da genética deve ser bem explorada no ensino básico para evitar dificuldades em conteúdo mais complexos. Os materiais didáticos, e em consonância os professores, dessa área do ensino dedicam um tempo maior na explicação da genética básica, que infelizmente é pouco cobrado no ENEM.

Como foi percebido, o ENEM preconiza o conteúdo mais avançado da genética. Sabe-se que o ENEM é uma avaliação que influencia o ensino básico, a seleção e a prioridade de conteúdos nas aulas. Diante dessa falha na seleção do conteúdo a ser avaliado, o ENEM pode

acabar gerando uma tendência ao ensino dos conteúdos mais avançados de genética, fato grave porque o estudante precisa entender a base da genética para compreender conteúdos mais avançados; ou mesmo focar nos temas transversais relegando a construção paulatina – e sólida – desse conhecimento. Nesse cenário, reforça-se aos professores que a genética básica continue tendo destaque durante as suas aulas para evitar dificuldades em outras áreas da genética.

Mesmo que o conteúdo genética básica seja pouco cobrado nas provas do ENEM o seu domínio facilita o entendimento das demais áreas desse saber; reforçando assim a necessidade intrínseca de que os estudantes tenham boa base da disciplina genética. A compreensão das bases teóricas propicia o adensamento do estudo dos campos mais avançados; uma vez que sem o domínio dos conteúdos iniciais, os estudantes sentem-se acuados e desmotivados perante novos e mais complexos conceitos.

Entre os seis materiais didáticos analisados, livros e apostilados, o livro Bio de Lopes; Rosso (2014) apresentou a maior média, com 99%, dos conteúdos de genética cobrados no ENEM. A aplicação dos escores para esse autor também demonstrou ser o melhor de todos os livros analisados nesta pesquisa. Em correlação a esse resultado, observou-se que o Colégio Integrado Jaó, que forneceu o livro para a análise, obteve o melhor resultado no ENEM de 2015 entre as escolas que forneceram os livros para este estudo.

Em contrapartida, foi observado que nos livros Bio 2 de Lopes; Rosso (2014) e no Biologia em Contexto 2 de Amabis; Martho (2013), o conteúdo de genética foi exposto no volume dois da coletânea de três volumes, já que geralmente o volume 2 dos livros didáticos são utilizados por estudantes do segundo ano do ensino médio. Isso é importante porque o aluno do ensino médio terá um período maior para estudar genética no ensino básico. Como já exposto por Duncan (2011) e El-Hani (2014), também sugerimos um tempo maior para o aprendizado de genética no ensino médio, evitando assim possíveis dificuldades nessa área.

Os livros didáticos e apostilados analisados apresentaram erros conceituais ou algum conteúdo fragmentado, que interferem no processo de aprendizagem, dos estudantes, que adquirem e consolidam conhecimento equivocado. Por certo, os livros didáticos e apostilados devem passar por constantes atualizações, por serem ferramentas do processo de ensino-aprendizagem. Também cabe aos professores sempre se manterem atualizados e, diante de um erro conceitual ou desatualizado no material didático, apresentar aos estudantes a forma

correta do mesmo. Os professores deve permanecer atentos, pois conceitos podem ter sofrido atualizações recentes, que na edição da bibliografia de referência das aulas.

Por ser um trabalho pioneiro sobre a análise das questões de genética presente no Exame Nacional do Ensino Médio, foi possível conhecer melhor quais as áreas da genética são mais requisitadas e exploradas nesse exame e, sobretudo perceber a importância do ensino de genética de qualidade para esta avaliação.

## REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, N. R.; MORAES FILHO, A. V. 2015. **Elaboração e utilização de um aplicativo como ferramenta no ensino de Bioquímica: carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos.** *Journal of Biochemistry Education*, v. 13, n. 3, p. 54–72.
- AMABIS MARIANO, José; MARTHO RODRIGUES, Gilberto. **Biologia em contexto – adaptação e continuação da vida.** Volume 2. São Paulo, Moderna, 2013a.
- AMABIS MARIANO, José; MARTHO RODRIGUES, Gilberto. **Sistema UNO Internacional.** Módulos 21, 22 e 23. São Paulo, Moderna, 2013b.
- AMARAL, C. L. C.; XAVIER, E. S.; MACIEL, M. L. 2009. **Abordagem das relações Ciência/Tecnologia/Sociedade nos conteúdos de funções orgânicas em livros didáticos de Química do Ensino Médio,** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 1, p. 101–114.
- ANDRIOLA, W. B. 2011. **Doze motivos favoráveis à adoção do Exame Nacional do Ensino Médio ( ENEM ) pelas Instituições Federais de Ensino Superior ( IFES ).** *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 19, n. 70, p. 107–120, 2011.
- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. 1994. **Mudança conceitual no Ensino de Ciências.** *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 11, n. 2 p. 88-99.
- ARTUSO, Alysson Ramos; PACHECO, Fernando; LAZARINI, Luciane. **Sistema Ari de Sá/SAS - Biologia.** Volumes 1, 2, 3, 4 e 5, Ceará, SAS, 2015.
- AYRES, M.; AYRES Jr., M.; AYRES, D.L.; SANTOS A. A. 2007. **Bioestat 5.0.** USP, São Paulo.
- BAHAR, M.; JOHNSTONE, A. H.; HANSELL, M. H. 1999. **Revisiting learning difficulties in biology.** *Journal of Biological Education*, v. 33 n. 2, p. 84-86.
- BAIROS, A. V; PREVEDELLO, A. A.; MORAES, L. S. 2011. **Doping Genético e possíveis metodologia de detecção.** *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, v. 33, n. 4, p. 1055-1069.
- BALL, D. L.; FEIMAN-NEMSER, S. 1988. **Using textbooks and teachers' guides: A dilemma for beginning teachers and teacher educators.** *Curriculum Inquiry*, v. 18, n. 4, p. 401-423.
- BALLS, M.; GODSELL, P. M. 1973. **The Life Cycle of the Cell.** *Journal of Biological Education*, v. 7, n. 3, p. 24–30.
- BARRIGA, Angel Díaz. Uma polêmica em relação ao exame. In: ESTEBAN, Maria Teresa (Org.). **Avaliação: uma prática em busca de novos sentidos.** 4º Edição. Rio de Janeiro: Ed. DP&A, 2003. p. 54-82.
- BATISTA, M. V. A.; CUNHA, M. M. S.; CÂNDIDO, A. L. 2010. **Análise do tema**

**virologia em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio.** *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v. 12, n. 1, p. 145–158.

BAUER, A.; PIMENTA, C. O.; HORTA NETO, J. L.; **Avaliação em larga escala em Municípios brasileiros: O que dizem os números?.** *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 26, n. 62, p. 326-352.

BERNSTEIN, Basil. **Class, codes and control: The structuring of pedagogic discourse.** Londres, Routledge, 1990.

BLACK, P.; WILIAM, D. 1998. **Assessment and classroom learning.** *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, v. 5, n. 1, p. 7-74.

BONAMINO, A.; FRANCO, C. 1999. **Avaliação e política educacional: o processo de institucionalização do SAEB.** *Cadernos de Pesquisa*, s/v. n. 108, p. 101-132.

BONAMINO, Alicia; BESSA, Nícia; FRANCO, Creso (Org.). **Avaliação da educação básica.** Rio de Janeiro, Loyola, 2004.

BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. R.; 2007. **Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil.** *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6 n. 1 p.165-175.

BORTOLOTTI, S. L. V.; MOREIRA JUNIOR, F. J.; BORNIA, A. C.; et al. 2012. **Avaliação do nível de satisfação de alunos de uma instituição de ensino superior: uma aplicação da Teoria da Resposta ao Item.** *Gestão & Produção*, v. 19, n. 2, p. 287–302.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 ago. 1998a

\_\_\_\_\_. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Brasília, DF, 2016. Disponível em:  
<<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico>> Acesso em 20 abr. 2016

\_\_\_\_\_. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Brasília, DF, 2015. Disponível em: < <http://portal.inep.gov.br/web/guest/enem>> Acesso em: 11 abr. 2016

\_\_\_\_\_. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Relatórios Pedagógicos, Brasília, DF, 2015. Disponível em:  
<<http://portal.inep.gov.br/web/guest/relatorios-pedagogicos>> Acesso em: 15 abr. 2016

\_\_\_\_\_. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Matriz de Referência - ENEM, Brasília, DF, 2015. Disponível em:  
<<http://portal.inep.gov.br/web/guest/matriz-de-referencia>> Acesso em: 22 abr. 2016

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação e Cultura /INEP, ENEM Documento Básico (MEC/INEP, Brasília, 2002) Disponível em: < <http://www.publicacoes.inep.gov.br/portal/download/265>>.

Acesso em: 15 mar 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação e Cultura. Programa Universidade para Todos (Prouni). Brasília, DF, 2016. Disponível em: <[http://siteprouni.mec.gov.br/tire\\_suas\\_duvidas.php#prouni\\_enem](http://siteprouni.mec.gov.br/tire_suas_duvidas.php#prouni_enem)> Acesso em: 15 abr. 2016

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/par/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em: 26 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho de Gestão do Patrimônio Genético, 2015. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/patrimonio-genetico/conselho-de-gestao-do-patrimonio-genetico>> . Acesso em: 4 jan. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação e Cultura. *Lei n. 9.394*, de 23 de dezembro de 1996. Fixa as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: Ministério da Educação e Cultura, 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm)> . Acesso em: 20 mar. 2016.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Lei n 11.096/2005, de 13 de janeiro de 2005. Institui o Programa Unidade para Todos – PROUNI. Brasília: Presidência da República, 2005.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Decreto n. 6.476, de 5 de junho de 2008, Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a agricultura, Brasília, DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20072010/2008/Decreto/D6476.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2008/Decreto/D6476.htm)> Acesso em: 25 jun. 2016.

BRITTO, T. F. 2011. **O livro didático, o mercado editorial e os sistemas de ensino apostilados**. *Centro de Estudos da Consultoria do Senador*, v. 1, n. 1, p. 3–13.

CARABETTA, V. J. 2010. **Uma investigação microgenética sobre a internalização de conceitos de biologia por alunos do ensino médio**. *Revista Contemporânea de Educação*, v. 5 n. 10, p. 1-10.

CASSIANO, C. C. F. 2004. **Aspectos políticos e econômicos da circulação do livro didático de História e suas implicações curriculares**. *Revista História*, v. 23, n. 1-2, p. 33-48.

CHOPPIN, A. 2004. **História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte**. *Educação e Pesquisa*, v. 30, n. 3, p. 549-566.

CHU, Y.; REID, N. 2012. **Genetics at school level: addressing the difficulties**. *Research in*

*Science & Technological Education*, v. 30, n. 3, p. 285–309.

CORAZZA-NUNES, M. J.; PEDRANCINI, V. D.; GALUCH, M. T. B. 2006. **Implicações da mediação docente nos processos de ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio.** *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5 n. 3 p. 522-533.

CORRÊA, R. L. T. 2000. **O livro escolar como fonte de pesquisa em História da Educação.** *Cadernos Cedes*, s/v. n. 52, p. 11-24.

COSTA, Carlos Eduardo Sousa. **Análise da dimensionalidade e modelagem multidimensional pela TRI no ENEM (1998-2008).** Dissertação (Mestrado em Métodos e Gestão em Avaliação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

COUTINHO, F. A.; SILVA, F. A. 2014. **Análise do texto de um livro didático de Biologia orientada pela teoria ator-rede: um estudo sobre o tema evolução biológica.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 19, n. 3, p. 531–539.

DALBEN, A.; ALMEIDA, L. C.; 2015. **Para uma avaliação de larga escala multidimensional.** *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 26, n. 61, p. 12.28.

REIGOTA, Marcos Antônio dos Santos. Natureza, Tecnologia e Educação Ambiental. In: DALBEN, Ângela; DINIZ, Júlio; LEAL, Leiva; SANTOS, Lucíola. (Org). **Coleção didática e prática de ensino: convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente.** Belo Horizonte: Ed. Autêntica, 2010. p. 89-105.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências: Fundamentos e métodos.** São Paulo, Ed. Cortez. 2002.

DEMARS, Christine. **Item Response Theory.** New York, Oxford University, 2010.

DEVETAK, Iztok; VOGRINC, Janez. The Criteria for Evaluating the Quality of the Science Textbooks. In: KHINE, Myint Swe. **Critical Analysis of Science Textbooks – Evaluating instructional effectiveness.** Perth: Springer, 2013. p. 3-16.

DIAS Sobrinho, José. **Universidade e avaliação: entre a ética e o mercado.** Florianópolis, Editora Insular, 2002.

DIREITO, I. C. N.; FIGUEIRÓ, R. ; ALVES, M. P.; et al. 2014. **Conhecimento Científico em Biotecnologia de estudantes do Ensino Médio de escolas públicas na Zona Oeste do Rio de Janeiro.** *Revista Práxis*, v. 6, n. 11, p. 115–124.

DOUGHERTY, M. J. 2009. **Closing the gap: Inverting the genetics curriculum to ensure an informed public.** *The American Journal of Human Genetics*, v. 85, n. 1, p. 6-12.

DUNCAN, R. G.; FREIDENREICH, H. B.; CHINN, C. A. et al. 2011. **Promoting Middle School Student’s Understandings of Molecular Genetics.** *Science Education*, v. 41, n. 2, p. 147-167.

- EL-HANI, C. N. 2014. **Mendel in Genetics Teaching: Some Contributions from History of Science and Articles for Teachers.** *Sci & Educ.* v. 24, n. 1, p. 173–204
- EL-HANI, C. N.; ROQUE, N.; ROCHA, P. L. B. 2011, **Livros didáticos de Biologia do Ensino Médio: resultados do PNLEM/2007.** *Educação em Revista,* v. 27 n. 1, p. 211-240.
- FALA, A. M.; CORREIA, E. M.; PEREIRA, H. M. 2010. **Atividades práticas no ensino médio: uma abordagem experimental para aulas de genética.** *Ciência e Cognição,* v. 15, n. 1, p. 137-154.
- FERNANDES, D. 2006. **Para uma teoria da avaliação formativa.** *Revista Portuguesa de Educação,* v. 19, n. 2, p. 21-50.
- FERNANDES, Domingos. **Avaliar para aprender: fundamentos, práticas e políticas.** São Paulo, Editora Unesp, 2009.
- FERREIRA, S.; MORAIS, A. M.; NEVES, I. P. 2010. **Concepção de Currículos de Ciências : análise dos princípios ideológicos e pedagógicos dos autores.** *Educação e Realidade,* v. 35, n. 1, p. 283–309.
- FLODIN, V. 2009. **The necessity of making visible concepts with multiple meanings in science education: the use of the gene concept in a biology textbook.** *Science & Education,* v. 18, n. 1, p. 73-94.
- FONSECA, V. B.; BOBROWSKI, V. L. 2015. **Biotecnologia na escola: a inserção do tema nos livros didáticos de Biologia.** *Resvista Acta Scientiae,* v. 7, n. 2, p. 496–509.
- FRANZOLIN, F.; BIZZO, N. Conceitos de biologia em livros didáticos de educação básica e na academia: uma metodologia de análise. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. Atas... Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. p. 1-12.
- FREITAG, Bárbara; MOTTA, Valéria Rodrigues; COSTA, Wanderly Ferreira da. **O Livro Didático em Questão.** 2º ed. São Paulo, Cortez, 1993.
- GARCIA, Tânia M. F. Braga. Cotidiano escolar, livros didáticos e formação docente. In: FONSECA, Selva Guimarães; GATTI JR., Décio. (Orgs.). **Perspectivas do ensino de História: ensino, cidadania e consciência histórica.** Uberlândia: Ed. Edufu, 2011, p. 361-371.
- GAYÁN, E.; GARCÍA, P. E. 1997. **Como escoger un libro de texto? Desarrollo de un instrumento para evaluar los libros de texto de ciencias experimentales.** *Enseñanza de las Ciencias,* s/v. n. extra, p. 249-250.
- GEHARD, A. C. ; ROCHA FILHO, J. 2012. **A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio.** *Investigações em Ensino de Ciências,* v. 17, n. 1, p. 125–145.

- GERICKE, N. M.; HAGBERG, M.; SANTOS, V. C.; et al. 2012. **Conceptual Variation or Incoherence? Textbook Discourse on Genes in Six Countries.** *Science and Education*, v. 23, n. 2, p. 381-416.
- GERICKE, N.; HAGBERG, M.; JORDE, D. 2012. **Upper Secondary Students' Understanding of the Use of Multiple Models in Biology Textbooks — The Importance of Conceptual Variation and Incommensurability.** *Research in Science Education*, v. 43, n. 2, p. 755-780.
- GIACÓIA, LUCIANO ROGÉRIO DESTRO. *Conhecimento básico de genética: concluintes do ensino médio e graduandos de Ciências Biológicas.* Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual de São Paulo, Bauru, 2006.
- GÓES, A.; OLIVEIRA, B. V. 2014. **Projeto Genoma Humano: um retrato da construção do conhecimento científico sob a ótica da revista Ciência Hoje.** *Ciência & Educação*, v. 20, n. 3, p. 561–577.
- GONÇALVES JR; W. P.; BARROSO, M. F. ENEM: Os itens e o desempenho dos estudantes em 2009. In: XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 14., 2012, Maresias. Anais... Maresias: Sociedade Brasileira de Física, 2012. p. 1-11.
- GONÇALVES JR; W. P.; BARROSO, M. F. 2014, **As questões de física e o desempenho dos estudantes no ENEM.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 1, p. 1-11.
- GONÇALVES, E. M. 2013. **Os discursos da divulgação científica: Um estudo de revistas especializadas em divulgar ciência para o público leigo.** *Brazilian Journalism Research*, v. 9 n. 2, p. 210-227.
- GOUVÊA, C. 2015. **Seminários: proposta didática para o ensino de Genética.** *Journal of Biochemistry Education*, v. 13, n. 3, p. 23–35.
- GRAEBIN, C. 2009. **Critérios pedagógicos, ambiente educacional, programa curricular e os aspectos didáticos: critérios relevantes na avaliação de softwares educacionais.** *Revista novas tecnologias na educação*, v. 7 n. 1 p. 1-10.
- GÜLLICH, R. I.; SILVA, L. H. 2013. **O enredo da experimentação no livro didático: construção de conhecimentos ou reprodução de teorias e verdades científicas?** *Revista Ensaio*, v. 15, n. 2, p. 155–167.
- HADJI, Charles. **Avaliação desmistificada.** Porto Alegre, Ed. ArtMed, 2001.
- HAMBLETON, Ronald K.; SWAMINATHAN, H.; ROGERS, H. Jane. **Fundamentals of item response theory.** Newbury Park, Ed. Sage, 1991.
- HATTIE, John. *Visible learning – a synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement.* New York, Ed. Routledge, 2009.

- IREZ, S. 2009. **Nature of science as depicted in Turkish biology textbooks.** *Science Education*, v. 93 n. 3, p. 422–447.
- JOHNSTONE, A. H.; MAHMOUD, N. A. 1980. **Isolating topics of high perceived difficulty school biology.** *Journal of Biological Education*, v. 14, n. 2, p. 163-166.
- JOSÉ, W. D.; BRAGA, G. R.; NASCIMENTO, A. Q. B.; et al. 2014. **ENEM, temas estruturadores e conceitos unificadores no ensino de Física.** *Revista Ensaio*, v. 16, n. 3, p. 171–188.
- JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. 2003. **Teachers' views on the nature of models.** *International Journal of Science Education*, v. 25 n. 11, p. 1369–1386.
- KLEIN, Ruben. 2009. **Utilização da Teoria da Resposta ao Item no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica – Saeb.** *Meta-Avaliação*, v. 1, n. 2, p. 125-140.
- KLEINKE, M. U. 2017. **Influência do status socioeconômico no desempenho dos estudantes nos itens de física do ENEM 2012.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 2, p. 02-19.
- KRASILCHIK, M. **Práticas de Ensino de Biologia.** 4<sup>a</sup> ed. ver. e amp., 1<sup>a</sup> reimp. - São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2005.
- LAZAROWITZ, R.; PENSO, S. 2010. **High school students' difficulties in learning biology concepts.** *Journal of Biological Education*, v. 26, n. 3, p. 215–223.
- LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. 2000a. **All in the genes? – young people's understanding of the nature of genes.** *Journal of Biological Education*, v. 34 n. 3, p. 74-79.
- LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. 2000b. **What's in a cell? - young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual.** *Journal of Biological Education*, v. 34 n. 3, p. 129-132.
- LINHARES, Sérgio.; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia Hoje: Genética, Evolução e Ecologia.** v. 3. São Paulo, Ed. Ática, 2015.
- LONGDEN, B. 2010. **Genetics — are there inherent learning difficulties ?** *Biological Education*, v. 16, n. 2, p. 135–140.
- LOPES, A. C.; LÓPEZ, S. B. 2010. **Performatividade nas políticas de currículo: caso do Enem.** *Educação em Revista*, v. 26, n. 1, p. 89-110.
- LOPES, Sônia; ROSSO, Sérgio. **Bio – volume 2.** São Paulo, Ed. Saraiva, 2014.
- LOPES, Valéria Virgínia. *Cartografia da avaliação educacional no Brasil.* 2007. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- LOPES, W. R.; VASCONCELOS, S. D. 2012. **Representação e distorções conceituais do**

**conteúdo de “Filogenia” em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio.** *Revista Ensaio*, v. 14, n. 3, p. 149–165.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Gestão e Avaliação da Educação Pública**, Ceará, Ed. CAEd, 1998.

LUIZ, E.; GEALH, A. M. 2013. **Análise do conteúdo de zoologia de vertebrados em livros didáticos aprovados pelo PNLEM 2009.** *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 1, p. 217–232.

MALAFAIA, G.; BÁRBARA, V. F.; RODRIGUES, A. S. L. 2010. **Análise das concepções e opiniões sobre o Ensino de Biologia.** *Revista Eletrônica de Educação*, v. 4, n. 2, p. 165–182.

MANZANO, M. E.; LOPES, S. B. C. 2010. **Conteúdos de biologia em vestibulares seriados.** *Cadernos de Pesquisas*, v. 40 n. 139, p. 199-211.

MARMITT, D. J.; FALEIRO, D.; KICH, D. M.; et al. 2016. **Oficinas de Biotecnologia para o Ensino Médio: Antioxidantes, a Fonte da juventude?.** *Journal of Biochemistry Education*, v. 14, n. 3, p. 46-56.

MARQUES, N. N. C. F.; RIBEIRO, R. P.; 2016. **Uma análise dos conteúdos de biotecnologia nas provas do Exame Nacional do Ensino Médio.** *Pesquisa em Foco*, v. 21, n. 2, p. 104-117.

MARTINS, I.; NASCIMENTO, T.; ABREU, T. 2004. **Clonagem na sala de aula: um exemplo de uso didático de um texto de divulgação científica.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9 n. 1, p. 95-111.

MARTINS, L.; SANTOS, G. S.; EL-HANI, C. N. 2012. **Abordagens de saúde em um livro didático de Biologia largamente utilizado no Ensino Médio Brasileiro.** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 1, p. 249–283.

MEGID-NETO, J.; FRACALANZA, H. 2003. **O livro didático de Ciências: Problemas e Soluções.** *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 147-157.

MELLO, J. C. D. Os livros didáticos nas políticas curriculares para o Ensino Médio. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, GT, 12., 2005. Rio de Janeiro, Anais... Rio de Janeiro, Ed. ANPEd, 2005. p. 1-17. Disponível em:  
<<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:EE0FOsAhmeAJ:28reuniao.anped.org.br/textos/gt12/gt121379int.rtf+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>> Acessado em: 15/10/2016.

MELO; J. R.; CARMO, E. M.; 2009. **Investigações sobre o ensino de Genética e Biologia Molecular no Ensino Médio Brasileiro: Reflexões sobre as publicações.** *Revista Ciência e Educação*, v. 15, n. 3, p. 593-611.

MINHOTO, M. A. P. 2015. **Políticas de avaliação em larga escala e institucional: perfil**

**da produção na pós-graduação.** *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 26, n. 62, p. 294-324.

MINHOTO, Maria Angélica Pedra. Política de avaliação da educação brasileira: limites e perspectivas. In: SOUZA, Ângelo Ricardo; GOUVEIA, Andrea Barbosa; TAVARES, Taís Moura (Org.). **Políticas educacionais: conceitos e debates**. 2. ed. Curitiba, Ed. Appris, 2013. v. 1, p. 1-216.

MOEHLECKE, S. 2012. **O ensino médio e as novas diretrizes curriculares nacionais: entre recorrências e novas inquietações.** *Revista Brasileira de Educação*, v. 17, n. 49, p. 39-59.

MORAES, C. R.; VARELA, S. 2007. **Motivação do aluno durante o processo de ensino-aprendizagem.** *Revista Eletrônica de Educação*, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2007. Disponível em <[http://web.unifil.br/docs/revista\\_eletronica/educacao/Artigo\\_06.pdf](http://web.unifil.br/docs/revista_eletronica/educacao/Artigo_06.pdf)> Acessado em 10/10/2016.

NASCIMENTO, Janice Ferreira de Macedo. *A Genética se faz presente no vestibular*. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

Nature. **The human genome**. 2001. Disponível em: <http://www.nature.com/nature/journal/v409/n6822/index.html>. Acesso em: 5 mar. 2017.

NEWS, med. **Nobel de Medicina 2007: cientistas que criaram ratos transgênicos, ampliando a pesquisa sobre doenças, são agraciados com o prêmio**, Goiânia, 08 out. 2007. Disponível em: <<http://www.news.med.br/p/saude/11919/nobel-de-medicina-2007-cientistas-que-criaram-ratos-transgenicos-ampliando-a-pesquisa-sobre-doencas-sao-agraciados-com-o-premio.htm>>. Acesso em: 5 mar. 2017.

NÚÑES, I. B.; RAMALHO, B. L.; SILVA, I. K. P.; et al. 2003. **A seleção dos livros didáticos: Um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências.** *Revista Iberoamericana de Educación*, s/v. s/n. p. 1-12.

OCCELLI, M.; VILAR, T.; VALEIRAS, N. 2011. **Conocimientos y actitudes de estudiantes de la ciudad de Córdoba (Argentina) en relación a la Biotecnología.** *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 2, p. 227-242.

PEDRANCINI, V. D.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; et al. 2007. **Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e apropriação do saber científico e biotecnológico.** *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6 n. 2, p. 299-309.

PEIXOTO, K. C. Q. C.; LINHARES, M. P. Novo Enem: o que mudou? Uma investigação dos conceitos de física abordados no exame. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 12., 2010, Águas de Lindóia. Atas... São Paulo: SBF, 2010. p. 1-10. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xii/sys/resumos/T0058-1.pdf>> Acesso em: 10 jul. de 2016.

- PEREIRA, L. R.; SCHUHMACHER, V. R. N.; SHUHMACHER, E.; et al. O uso da tecnologia na educação, priorizando a tecnologia móvel. In: SENEPT SEMINÁRIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLOGIA. 4. 2012, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: CEFET-MG, 2012. p. 1-17. Disponível em: <[http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais\\_2012/GT-02/GT02-014.pdf](http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais_2012/GT-02/GT02-014.pdf)> Acesso em: 16 jul. de 2015.
- PINTO, G. A.; MARTINS, I. 2000, Retóricas dos textos didáticos: o caso do ensino de evolução. In: ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA. 7. 2000, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 2000. p. 285-287.
- RAMALHO, I. B.; NÚÑEZ, B. L. (Org.). **Aprendendo com o Enem: reflexões para melhor se pensar o ensino e a aprendizagem das ciências naturais e da matemática.** Brasília, Ed. Liber Livro, 2011.
- REIS, D. B.; ALBUQUERQUE, T. S.; SOARES, M. R. A. 2014. **As leishmanioses e o livro didático: como as doenças endêmicas são abordadas no ensino público?** *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 19, n. 1, p. 91–98.
- ROCHA, M. B. 2010. **Textos de divulgação científica na sala de aula: a visão do professor de ciências.** *Revista Augustus*, v. 14, n. 29, p. 24-34.
- ROLDÃO, M. C.; FERRO, N. 2015. **O que é avaliar? Reconstrução de práticas e concepções de avaliação.** *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 26, n. 63, p. 570–594.
- ROSA, R. T. D.; VEIT, M. H. D. 2011. Estágio Docente : análise de interações sociais em sala de aula. **Educação e Realidade**, v. 36, n. 1, p. 295–316, 2011.
- SALIM, D.C.; AKIMOTO, A. K.; RIBEIRO, G. B. L.; et al. 2007. **O baralho como ferramenta no ensino de genética.** *Genética na Escola*, v. 2 n. 1, p. 6- 9.
- SANTOS, E.; MARTINS, I. P.; 2009. **Ensinar sobre alimentos geneticamente modificados. Contribuições para uma cidadania responsável.** *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 3, p. 834–858.
- SANTOS, J. S.; CORTELAZZO, Â. L. 2012. **Os conteúdos de Biologia Celular no Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM.** *Revista da Avaliação da Educação Superior*, v. 18, n. 3, p. 591–612.
- Science. **A sequência do genoma humano.** 2001. Disponível em: <http://science.sciencemag.org/content/291/5507/1304.full>. Acesso em: 5, mar. 2017.
- SHEID, N. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. 2005. **A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA.** *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 223–233.
- SILVA, A. M. M.; PRESTES, R. F. Conhecimentos de física nas questões do Exame Nacional do Ensino Médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (SNEF)

- 18., 2009, Vitória. Atas... São Paulo: SBF, 2009. p. 1-7. Disponível em: <<http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/conhecimentosdefisicanas.trabalho.pdf>> Acesso em: 22 ago. 2016.
- SILVA, G. B.; FREITAS, D. S. 2006. **Quando a genética vira notícia: o uso de textos de divulgação científica (TDC) em aulas de biologia.** *Revista Didática Sistêmica*, v. 3 s/n. p. 41-56.
- SILVA, J. M. A.; CANEDO, R. V.; ABRANTEs, T. S.; et al. 2010. **Quiz: um Questionário Eletrônico para Autoavaliação e Aprendizagem em Genética e Biologia Molecular.** *Revista Brasileira de Educação Médica*, v. 34, n. 4, p. 607-614.
- SILVA, M. I.; ORLANDO, T. C.; MORENO-COTULIO, V. R.; 2014. **Os conceitos de gene e DNA por alunos ingressantes na UNIFAL-MG e a efetividade da dramatização como estratégia de ensino de Biologia Molecular.** *Revista de Ensino de Bioquímica*, v. 12, n. 2, p. 24-36.
- SNUSTAD, D. Peter; SIMMONS, Michael J.; **Fundamentos de Genética.** 6ª Edição. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 2013.
- SOARES, C. R.; OLIVEIRA, M. C. A. Avaliações externas no Brasil: uma análise entre Enem, Simave e vestibulares. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (Ciaem), 13., 2011, Recife. Atas... 2011. Recife: Ciaem. p. 1-12. Disponível em: <[http://ciaemredumate.org/ocs/index.php/xiii\\_ciaem/xiii\\_ciaem/paper/viewFile/1229/443](http://ciaemredumate.org/ocs/index.php/xiii_ciaem/xiii_ciaem/paper/viewFile/1229/443)> Acesso em: 11 mar. de 2016.
- SORDI, M. R. L.; OLIVEIRA, S. B.; SILVA, M. M.; et al., 2016. **Indicadores de qualidade social da escola pública: avançando no campo avaliativo.** *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 27, n. 66, p. 716-753.
- TAVARES JR; Fernando; NEUBERT, L. F. 2014. **A qualidade da educação e da disseminação de sistemas de avaliação.** *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 25, n. 59, p. 22-48.
- TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. 2015. **Genética e ingresso nas Universidades: quais conteúdos e habilidades são exigidos?** *Revista Ensino de Ciências*, v. 6, n. 1, p. 67-84.
- UZUNIAN, Armênio; BIRNER, Ernesto. **Biologia – volume 3.** São Paulo, Ed. Harbra, 2013.
- VAN, J. H. D.; VERLOOP, N. 1999. **Teachers' knowledge of models and modelling in science.** *International Journal of Science Education*, v. 21 n. 11, p. 1141-1153.
- VIANNA, H. M. 2003, **Avaliações nacionais em larga escala: análises e propostas.** *Estudos em Avaliação Educacional*, s/ v. n. 27, p. 41-76
- VIGGIANO, E.; GUARIGLIA, C. E.; MATTOS, C. R. O Exame Nacional do Ensino Médio: avaliação institucional ou seleção para o ensino superior? In: COLÓQUIO

SOBREQESTÕES CURRICULARES, 9., 2010, Porto, Portugal. Atas... Braga: debater o currículo e seus campos. Braga: Instituto de Educação da Universidade do Minho, 2010. v. 9, p. 5000-5015.

VIGGIANO, E.; GUARIGLIA, C. E.; MATTOS, C. R. Uma investigação sobre o impacto do sistema de seleção unificada nas questões sobre energia no Exame Nacional do Ensino Médio. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., Campinas, 2011. Atas... Rio de Janeiro, Abrapec, 2011. p. 1-12.

VIGGIANO, E.; MATTOS, C. 2013. **O desempenho de estudantes no Enem 2010 em diferentes regiões brasileiras.** *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 94, n. 237, p. 417–438.

VIGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem.** Tradução: Paulo Bezerra. São Paulo, Ed. Martins Fontes, 2000.

VILHERNA, L.; MOTA, F. N. N.; OLIVEIRA, F. C.; et al. 2016. **Jogo Bozó Genético: uma proposta didática como alternativa para o ensino da replicação do DNA no ensino médio.** *Journal of Biochemistry Education*, v. 14, n. 3, p. 59–67.

XAVIER FILHO, Lauro; RODRIGUES, Sheyla Alves; CAVALCANTI, Socrates C. H.; MATOS, Eduardo Lima. **Transgênicos.** Rio de Janeiro, Ed. Âmbito Cultural, 2002.

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

ZABALZA, Miguel A. **Planificação e desenvolvimento curricular.** Porto, Ed. ASA, 1992.



31- Analisando-se o DNA de um animal, detectou-se que 40% de suas bases nitrogenadas eram constituídas por Adenina. Relacionando esse valor com o emparelhamento específico das bases, os valores encontrados para as outras bases nitrogenadas foram:

- (A) T = 40%; C = 20%; G = 40%
  - (B) T = 10%; C = 10%; G = 40%
  - (C) T = 10%; C = 40%; G = 10%
  - (D) T = 40%; C = 10%; G = 10%
  - (E) T = 40%; C = 60%; G = 60%
- 

32- Em **I** está representado o trecho de uma molécula de DNA. Observando o quadro, pode-se concluir que:

- (A) a molécula de DNA é formada por 2 cadeias caracterizadas por seqüências de bases nitrogenadas.
  - (B) na molécula de DNA, podem existir diferentes tipos de complementação de bases nitrogenadas.
  - (C) a quantidade de **A** presente em uma das cadeias é exatamente igual à quantidade de **A** da cadeia complementar.
  - (D) na molécula de DNA, podem existir 5 diferentes tipos de bases nitrogenadas.
  - (E) no processo de mitose, cada molécula de DNA dá origem a 4 moléculas de DNA exatamente iguais.
- 

### 1999

A seqüência abaixo indica de maneira simplificada os passos seguidos por um grupo de cientistas para a clonagem de uma vaca:

- I.** Retirou-se um óvulo da vaca Z. O núcleo foi desprezado, obtendo-se um óvulo anucleado.
- II.** Retirou-se uma célula da glândula mamária da vaca W. O núcleo foi isolado e conservado, desprezando-se o resto da célula.
- III.** O núcleo da célula da glândula mamária foi introduzido no óvulo anucleado. A célula reconstituída foi estimulada para entrar em divisão.
- IV.** Após algumas divisões, o embrião foi implantado no útero de uma terceira vaca Y, mãe de aluguel. O embrião se desenvolveu e deu origem ao clone.

28 Considerando-se que os animais Z, W e Y não têm parentesco, pode-se afirmar que o animal resultante da clonagem tem as características genéticas da vaca

- (A) Z, apenas.
  - (B) W, apenas.
  - (C) Y, apenas.
  - (D) Z e da W, apenas.
  - (E) Z, W e Y.
- 

29- Se a vaca Y, utilizada como “mãe de aluguel”, for a mãe biológica da vaca W, a porcentagem de genes da “mãe de aluguel”, presente no clone será

- (A) 0%

- (B) 25%
- (C) 50%
- (D) 75%
- (E) 100%

### 2003

26- A biodiversidade é garantida por interações das várias formas de vida e pela estrutura heterogênea dos habitats. Diante da perda acelerada de biodiversidade, tem sido discutida a possibilidade de se preservarem espécies por meio da construção de “bancos genéticos” de sementes, óvulos e espermatozoides.

Apesar de os “bancos” preservarem espécimes (indivíduos), sua construção é considerada questionável do ponto de vista ecológico-evolutivo, pois se argumenta que esse tipo de estratégia

- I. não preservaria a variabilidade genética das populações;
- II. dependeria de técnicas de preservação de embriões, ainda desconhecidas;
- III. não reproduziria a heterogeneidade dos ecossistemas.

Está correto o que se afirma em

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III

### 2004

31-

**O que têm em comum Noel Rosa, Castro Alves, Franz Kafka,  
Álvares de Azevedo, José de Alencar e Frédéric Chopin?**

Todos eles morreram de tuberculose, doença que ao longo dos séculos fez mais de 100 milhões de vítimas. Aparentemente controlada durante algumas décadas, a tuberculose voltou a matar. O principal obstáculo para seu controle é o aumento do número de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos usados para combatê-la. Esse aumento do número de linhagens resistentes se deve a

- (A) modificações no metabolismo das bactérias, para neutralizar o efeito dos antibióticos e incorporá-los à sua nutrição.
- (B) mutações selecionadas pelos antibióticos, que eliminam as bactérias sensíveis a eles, mas permitem que as resistentes se multipliquem.
- (C) mutações causadas pelos antibióticos, para que as bactérias se adaptem e transmitam essa adaptação a seus descendentes.
- (D) modificações fisiológicas nas bactérias, para torná-las cada vez mais fortes e mais agressivas no desenvolvimento da doença.

(E) modificações na sensibilidade das bactérias, ocorridas depois de passarem um longo tempo sem contato com antibióticos.

57 - A identificação da estrutura do DNA foi fundamental para compreender seu papel na continuidade da vida. Na década de 1950, um estudo pioneiro determinou a proporção das bases nitrogenadas que compõem moléculas de DNA de várias espécies.

Exemplos de materiais analisados	BASES NITROGENADAS			
	ADENINA	GUANINA	CITOSINA	TIMINA
Espermatozóide humano	30,7%	19,3%	18,8%	31,2%
Fígado humano	30,4%	19,5%	19,9%	30,2%
Medula óssea de rato	28,6%	21,4%	21,5%	28,5%
Espermatozóide de ouriço-do-mar	32,8%	17,7%	18,4%	32,1%
Plântulas de trigo	27,9%	21,8%	22,7%	27,6%
Bactéria <i>E. coli</i>	26,1%	24,8%	23,9%	25,1%

A comparação das proporções permitiu concluir que ocorre emparelhamento entre as bases nitrogenadas e que elas formam

- (A) pares de mesmo tipo em todas as espécies, evidenciando a universalidade da estrutura do DNA.
- (B) pares diferentes de acordo com a espécie considerada, o que garante a diversidade da vida.
- (C) pares diferentes em diferentes células de uma espécie, como resultado da diferenciação celular.
- (D) pares específicos apenas nos gametas, pois essas células são responsáveis pela perpetuação das espécies.
- (E) pares específicos somente nas bactérias, pois esses organismos são formados por uma única célula.

## 2005

37 - A Embrapa possui uma linhagem de soja transgênica resistente ao herbicida IMAZAPIR. A planta está passando por testes de segurança nutricional e ambiental, processo que exige cerca de três anos. Uma linhagem de soja transgênica requer a produção inicial de 200 plantas resistentes ao herbicida e destas são selecionadas as dez mais “estáveis”, com maior capacidade de gerar descendentes também resistentes. Esses descendentes são submetidos a doses de herbicida três vezes superiores às aplicadas nas lavouras convencionais. Em seguida, as cinco melhores são separadas e apenas uma delas é levada a testes de segurança. Os riscos ambientais da soja transgênica são pequenos, já que ela não tem possibilidade de cruzamento com outras plantas e o perigo de polinização cruzada com outro tipo de soja é de apenas 1%.

A soja transgênica, segundo o texto, apresenta baixo risco ambiental porque

- (A) a resistência ao herbicida não é estável e assim não passa para as plantas-filhas.
- (B) as doses de herbicida aplicadas nas plantas são 3 vezes superiores às usuais.
- (C) a capacidade da linhagem de cruzar com espécies selvagens é inexistente.
- (D) a linhagem passou por testes nutricionais e após três anos foi aprovada.
- (E) a linhagem obtida foi testada rigorosamente em relação a sua segurança.

41- Um fabricante afirma que um produto disponível comercialmente possui DNA vegetal, elemento que proporcionaria melhor hidratação dos cabelos.

Sobre as características químicas dessa molécula essencial à vida, é correto afirmar que o DNA

- (A) de qualquer espécie serviria, já que têm a mesma composição.  
 (B) de origem vegetal é diferente quimicamente dos demais pois possui clorofila.  
 (C) das bactérias poderia causar mutações no couro cabeludo.  
 (D) dos animais encontra-se sempre enovelado e é de difícil absorção.  
 (E) de características básicas, assegura sua eficiência hidratante.



44- Os transgênicos vêm ocupando parte da imprensa com opiniões ora favoráveis ora desfavoráveis. Um organismo ao receber material genético de outra espécie, ou modificado da mesma espécie, passa a apresentar novas características. Assim, por exemplo, já temos bactérias fabricando hormônios humanos, algodão colorido e cabras que produzem fatores de coagulação sanguínea humana.

O belga René Magritte (1896 – 1967), um dos pintores surrealistas mais importantes, deixou obras enigmáticas. Caso você fosse escolher uma ilustração para um artigo sobre os transgênicos, qual das obras de Magritte, abaixo, estaria mais de acordo com esse tema tão polêmico?



(A)



(B)



(C)



*Ceci n'est pas une pipe.*

(D)



(E)

## 2006

34- Em certas localidades ao longo do rio Amazonas, são encontradas populações de determinada espécie de lagarto que se reproduzem por partenogênese. Essas populações são constituídas, exclusivamente, por fêmeas que procriam sem machos, gerando apenas gêmeas. Isso se deve a mutações que ocorrem ao acaso nas populações bissexuais. Avalie as afirmações seguintes, relativas a esse processo de reprodução.

I Na partenogênese, as fêmeas dão origem apenas a fêmeas, enquanto, nas populações bissexuadas, cerca de 50% dos filhotes são fêmeas.

II Se uma população bissexuada se mistura com uma que se reproduz por partenogênese, esta última desaparece.

III Na partenogênese, um número  $x$  de fêmeas é capaz de produzir o dobro do número de descendentes de uma população bissexuada de  $x$  indivíduos, uma vez que, nesta, só a fêmea põe ovos.

É correto o que se afirma

- A) apenas em I.
- B) apenas em II.
- C) apenas em I e III.
- D) apenas em II e III.
- E) em I, II e III.

2007

33-



Fernando Gonsales. *Vá Pentear Macacos!* São Paulo: Devir, 2004.

São características do tipo de reprodução representado na tirinha:

- A) simplicidade, permuta de material gênico e variabilidade genética.
- B) rapidez, simplicidade e semelhança genética.
- C) variabilidade genética, mutação e evolução lenta.
- D) gametogênese, troca de material gênico e complexidade.
- E) clonagem, gemulação e partenogênese.

55- As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos. É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:

A movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.

B sobrevivência de indivíduos portadores de determinadas características genéticas em ambientes específicos.

C aparecimento, por geração espontânea, de novos indivíduos adaptados ao ambiente.

D aquisição de características genéticas transmitidas aos descendentes em resposta a mudanças ambientais.

E recombinação de genes presentes em cromossomos do mesmo tipo durante a fase da esporulação.

56- Todas as reações químicas de um ser vivo seguem um programa operado por uma central de informações. A meta desse programa é a auto-replicação de todos os componentes do sistema, incluindo-se a duplicação do próprio programa ou mais precisamente do material no qual o programa está inscrito. Cada reprodução pode estar associada a pequenas modificações do programa.

M. O. Murphy e I. O’neill (Orgs.). **O que é vida? 50 anos depois — especulações sobre o futuro da biologia**. São Paulo: UNESP. 1997 (com adaptações).

São indispensáveis à execução do “programa” mencionado acima processos relacionados a metabolismo, auto-replicação e mutação, que podem ser exemplificados, respectivamente, por:

A fotossíntese, respiração e alterações na sequência de bases nitrogenadas do código genético.

B duplicação do RNA, pareamento de bases nitrogenadas e digestão de constituintes dos alimentos.

C excreção de compostos nitrogenados, respiração celular e digestão de constituintes dos alimentos.

D respiração celular, duplicação do DNA e alterações na sequência de bases nitrogenadas do código genético.

E fotossíntese, duplicação do DNA e excreção de compostos nitrogenados.

## 2008

52- Define-se genoma como o conjunto de todo o material genético de uma espécie, que, na maioria dos casos, são as moléculas de DNA. Durante muito tempo, especulou-se sobre a possível relação entre o tamanho do genoma — medido pelo número de pares de bases (pb) —, o número de proteínas produzidas e a complexidade do organismo. As primeiras respostas começam a aparecer e já deixam claro que essa relação não existe, como mostra a tabela abaixo.

espécie	nome comum	tamanho estimado do genoma (pb)	n.º de proteínas descritas
<i>Oryza sativa</i>	arroz	5.000.000.000	224.181
<i>Mus musculus</i>	camundongo	3.454.200.000	249.081
<i>Homo sapiens</i>	homem	3.400.000.000	459.114
<i>Rattus norvegicus</i>	rato	2.900.000.000	109.077
<i>Drosophila melanogaster</i>	mosca-da-fruta	180.000.000	86.255

Internet: [www.cbs.dtu.dk](http://www.cbs.dtu.dk) e [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov).

De acordo com as informações acima,

- A) o conjunto de genes de um organismo define o seu DNA.
- B) a produção de proteínas não está vinculada à molécula de DNA.
- C) o tamanho do genoma não é diretamente proporcional ao número de proteínas produzidas pelo organismo.
- D) quanto mais complexo o organismo, maior o tamanho de seu genoma.
- E) genomas com mais de um bilhão de pares de bases são encontrados apenas nos seres vertebrados.

53- Durante muito tempo, os cientistas acreditaram que variações anatômicas entre os animais fossem consequência de diferenças significativas entre seus genomas. Porém, os projetos de sequenciamento de genoma revelaram o contrário. Hoje, sabe-se que 99% do genoma de um camundongo é igual ao do homem, apesar das notáveis diferenças entre eles. Sabe-se também que os genes ocupam apenas cerca de 1,5% do DNA e que menos de 10% dos genes codificam proteínas que atuam na construção e na definição das formas do corpo. O restante, possivelmente, constitui DNA não-codificante. Como explicar, então, as diferenças fenotípicas entre as diversas espécies animais? A resposta pode estar na região não-codificante do DNA.

S. B. Carroll *et al.* **O jogo da evolução.** In: **Scientific American Brasil**, jun./2008 (com adaptações).

A região não-codificante do DNA pode ser responsável pelas diferenças marcantes no fenótipo porque contém

- A) as sequências de DNA que codificam proteínas responsáveis pela definição das formas do corpo.
- B) uma enzima que sintetiza proteínas a partir da sequência de aminoácidos que formam o gene.
- C) centenas de aminoácidos que compõem a maioria de nossas proteínas.
- D) informações que, apesar de não serem traduzidas em sequências de proteínas, interferem no fenótipo.
- E) os genes associados à formação de estruturas similares às de outras espécies.

2009

4- Em um experimento, preparou-se um conjunto de plantas por técnica de clonagem a partir de uma planta original que apresentava folhas verdes. Esse conjunto foi dividido em dois grupos, que foram tratados de maneira idêntica, com exceção das condições de iluminação, sendo um grupo exposto a ciclos de iluminação solar natural e outro mantido no escuro. Após alguns dias, observou-se que o grupo exposto à luz apresentava folhas verdes como a planta original e o grupo cultivado no escuro apresentava folhas amareladas.

Ao final do experimento, os dois grupos de plantas apresentaram

- A) os genótipos e os fenótipos idênticos.
- B) os genótipos idênticos e os fenótipos diferentes.
- C) diferenças nos genótipos e fenótipos.
- D) o mesmo fenótipo e apenas dois genótipos diferentes.
- E) o mesmo fenótipo e grande variedade de genótipos.

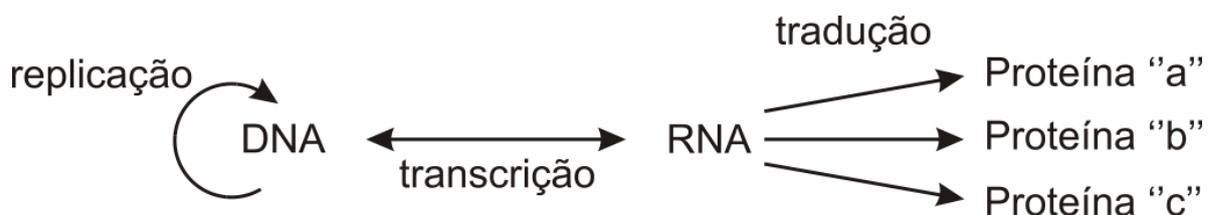
6- Um novo método para produzir insulina artificial que utiliza tecnologia de DNA recombinante foi desenvolvido por pesquisadores do Departamento de Biologia Celular da Universidade de Brasília (UnB) em parceria com a iniciativa privada. Os pesquisadores modificaram geneticamente a bactéria *Escherichia coli* para torná-la capaz de sintetizar o hormônio. O processo permitiu fabricar insulina em maior quantidade e em apenas 30 dias, um terço do tempo necessário para obtê-la pelo método tradicional, que consiste na extração do hormônio a partir do pâncreas de animais abatidos. *Ciência Hoje*, 24 abr. 2001.

Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br> (adaptado).

A produção de insulina pela técnica do DNA recombinante tem, como consequência,

- A) o aperfeiçoamento do processo de extração de insulina a partir do pâncreas suíno.
- B) a seleção de microrganismos resistentes a antibióticos.
- C) o progresso na técnica da síntese química de hormônios.
- D) impacto favorável na saúde de indivíduos diabéticos.
- E) a criação de animais transgênicos.

16 A figura seguinte representa um modelo de transmissão da informação genética nos sistemas biológicos. No fim do processo, que inclui a replicação, a transcrição e a tradução, há três formas proteicas diferentes denominadas a, b e c.

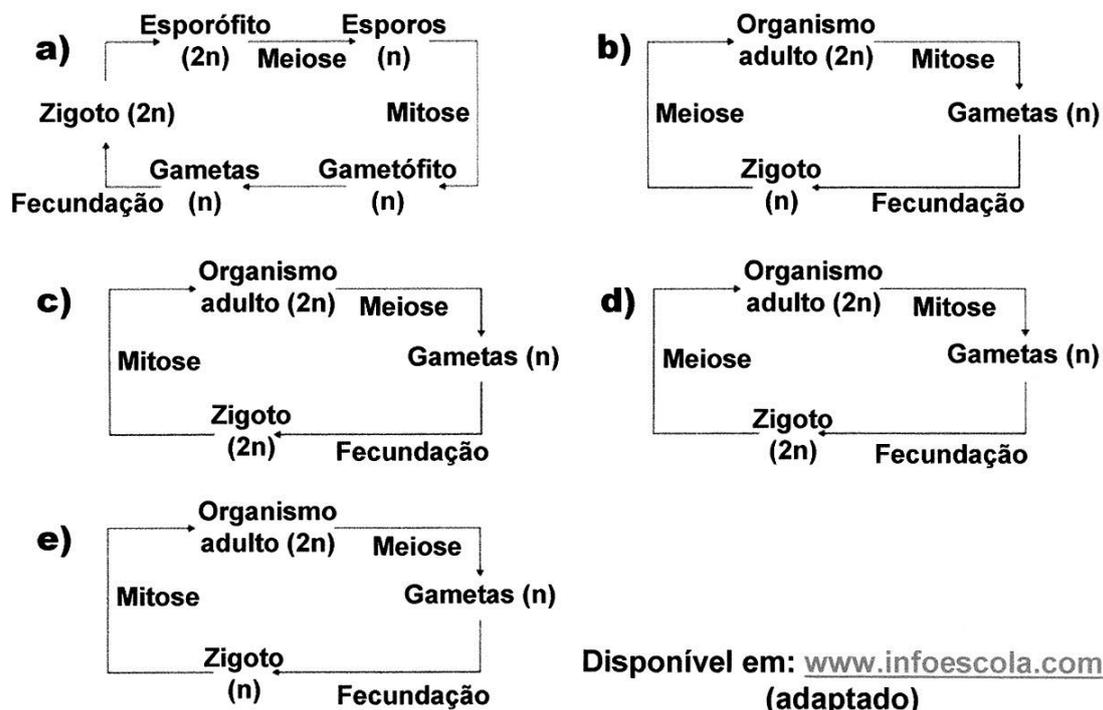


Depreende-se do modelo que

- A) a única molécula que participa da produção de proteínas é o DNA.
- B) B o fluxo de informação genética, nos sistemas biológicos, é unidirecional.

- C) C as fontes de informação ativas durante o processo de transcrição são as proteínas.  
 D) D é possível obter diferentes variantes proteicas a partir de um mesmo produto de transcrição.  
 E) E a molécula de DNA possui forma circular e as demais moléculas possuem forma de fita simples linearizadas.

22- Os seres vivos apresentam diferentes ciclos de vida, caracterizados pelas fases nas quais gametas são produzidos e pelos processos reprodutivos que resultam na geração de novos indivíduos. Considerando-se um modelo simplificado padrão para geração de indivíduos viáveis, a alternativa que corresponde ao observado em seres humanos é:



40- Uma vítima de acidente de carro foi encontrada carbonizada devido a uma explosão. Indícios, como certos adereços de metal usados pela vítima, sugerem que a mesma seja filha de um determinado casal. Uma equipe policial de perícia teve acesso ao material biológico carbonizado da vítima, reduzido, praticamente, a fragmentos de ossos. Sabe-se que é possível obter DNA em condições para análise genética de parte do tecido interno de ossos. Os peritos necessitam escolher, entre cromossomos autossômicos, cromossomos sexuais (X e Y) ou DNAm (DNA mitocondrial), a melhor opção para identificação do parentesco da vítima com o referido casal. Sabe-se que, entre outros aspectos, o número de cópias de um mesmo cromossomo por célula maximiza a chance de se obter moléculas não degradadas pelo calor da explosão.

Com base nessas informações e tendo em vista os diferentes padrões de herança de cada fonte de DNA citada, a melhor opção para a perícia seria a utilização

- A) do DNAMt, transmitido ao longo da linhagem materna, pois, em cada célula humana, há várias cópias dessa molécula.
  - B) do cromossomo X, pois a vítima herdou duas cópias desse cromossomo, estando assim em número superior aos demais.
  - C) do cromossomo autossômico, pois esse cromossomo apresenta maior quantidade de material genético quando comparado aos nucleares, como, por exemplo, o DNAMt.
  - D) do cromossomo Y, pois, em condições normais, este é transmitido integralmente do pai para toda a prole e está presente em duas cópias em células de indivíduos do sexo feminino.
  - E) de marcadores genéticos em cromossomos autossômicos, pois estes, além de serem transmitidos pelo pai e pela mãe, estão presentes em 44 cópias por célula, e os demais, em apenas uma.
- 

## 2010

69- O uso prolongado de lentes de contato, sobretudo durante a noite, aliado a condições precárias de higiene representam fatores de risco para o aparecimento de uma infecção denominada ceratite microbiana, que causa ulceração inflamatória na córnea. Para interromper o processo da doença, é necessário tratamento antibiótico. De modo geral, os fatores de risco provocam a diminuição da oxigenação corneana e determinam mudanças no seu metabolismo, de um estado aeróbico para anaeróbico. Como decorrência, observa-se a diminuição no número e na velocidade de mitoses do epitélio, o que predispõe ao aparecimento de defeitos epiteliais e à invasão bacteriana.

CRESTA, F. Lente de contato e infecção ocular. **Revista Sinopse de Oftalmologia**. São Paulo: Moreira Jr., v.04, n.04, 2002 (adaptado).

A instalação das bactérias e o avanço do processo infeccioso na córnea estão relacionados a algumas características gerais desses micro-organismos, tais como:

A grande capacidade de adaptação, considerando as constantes mudanças no ambiente em que se reproduzem e o processo aeróbico como a melhor opção desses micro-organismos para a obtenção de energia.

- A) A grande capacidade de sofrer mutações, aumentando a probabilidade do aparecimento de formas resistentes e o processo anaeróbico da fermentação como a principal via de obtenção de energia.
- B) A diversidade morfológica entre as bactérias, aumentando a variedade de tipos de agentes infecciosos e a nutrição heterotrófica, como forma de esses micro-organismos obterem matéria-prima e energia.
- C) O alto poder de reprodução, aumentando a variabilidade genética dos milhares de indivíduos e a nutrição heterotrófica, como única forma de obtenção de matéria-prima e energia desses micro-organismos.
- D) O alto poder de reprodução, originando milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si e a diversidade metabólica, considerando processos aeróbicos e anaeróbicos para a obtenção de energia.

---

76- Investigadores das Universidades de Oxford e da Califórnia desenvolveram uma variedade de *Aedes aegypti* geneticamente modificada que é candidata para uso na busca de redução na transmissão do vírus da dengue. Nessa nova variedade de mosquito, as fêmeas não conseguem voar devido à interrupção do desenvolvimento do músculo das asas. A modificação genética introduzida é um gene dominante condicional, isso é, o gene tem expressão dominante (basta apenas uma cópia do alelo) e este só atua nas fêmeas.

FU, G. et al. Female-specific flightless phenotype for mosquito control. PNAS 107 (10): 4550-4554, 2010.

Prevê-se, porém, que a utilização dessa variedade de *Aedes Aegypti* demore ainda anos para ser implementada, pois há demanda de muitos estudos com relação ao impacto ambiental. A liberação de machos de *Aedes Aegypti* dessa variedade geneticamente modificada reduziria o número de casos de dengue em uma determinada região porque

- A) diminuiria o sucesso reprodutivo desses machos transgênicos.
- B) restringiria a área geográfica de voo dessa espécie de mosquito.
- C) dificultaria a contaminação e reprodução do vetor natural da doença.
- D) tornaria o mosquito menos resistente ao agente etiológico da doença.
- E) dificultaria a obtenção de alimentos pelos machos geneticamente modificados.

---

## 2011

62- Nos dias de hoje, podemos dizer que praticamente todos os seres humanos já ouviram em algum momento falar sobre o DNA e seu papel na hereditariedade da maioria dos organismos. Porém, foi apenas em 1952, um ano antes da descrição do modelo do DNA em dupla hélice por Watson e Crick, que foi confirmado sem sombra de dúvidas que o DNA é material genético. No artigo em que Watson e Crick descreveram a molécula de DNA, eles sugeriram um modelo de como essa molécula deveria se replicar. Em 1958, Meselson e Stahl realizaram experimentos utilizando isótopos pesados de nitrogênio que foram incorporados às bases nitrogenadas para avaliar como se daria a replicação da molécula. A partir dos resultados, confirmaram o modelo sugerido por Watson e Crick, que tinha como premissa básica o rompimento das pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas.

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

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

- A) a replicação do DNA é conservativa, isto é, a fita dupla filha é recém sintetizada e o filamento parental é conservado.

- B) a replicação de DNA é dispersiva, isto é, as fitas filhas contêm DNA recém-sintetizado e parentais em cada uma das fitas.
  - C) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita parental e uma recém-sintetizada.
  - D) a replicação do DNA é conservativa, isto é, as fitas filhas consistem de moléculas de DNA parental.
  - E) a replicação é semiconservativa, isto é, as fitas filhas consistem de uma fita molde e uma fita codificadora.
- 

66- Em 1999, a geneticista Emma Whitelaw desenvolveu um experimento no qual ratas prenhes foram submetidas a uma dieta rica em vitamina B12, ácido fólico e soja. Os filhotes dessas ratas, apesar de possuírem o gene para obesidade, não expressaram essa doença na fase adulta. A autora concluiu que a alimentação da mãe, durante a gestação, silenciou o gene da obesidade. Dez anos depois, as geneticistas Eva Jablonka e Gal Raz listaram 100 casos comprovados de traços adquiridos e transmitidos entre gerações de organismos, sustentando, assim, epigenética, que estuda as mudanças na atividade dos genes que não envolvem alterações na sequência do DNA.

A reabilitação do herege. Época. no 610, 2010 (adaptado).

**Alguns cânceres esporádicos representam exemplos de alteração epigenética, pois são ocasionados por**

- A) aneuploidia do cromossomo sexual X.
  - B) poliploidia dos cromossomos autossômicos.
  - C) mutação em genes autossômicos com expressão dominante.
  - D) substituição no gene da cadeia beta da hemoglobina.
  - E) inativação de genes por meio de modificações nas bases nitrogenadas.
- 

67- Um instituto de pesquisa norte-americano divulgou recentemente ter criado uma “célula sintética”, uma bactéria chamada de *Mycoplasma mycoides*. Os pesquisadores montaram uma sequência de nucleotídeos, que formam o único cromossomo dessa bactéria, o qual foi introduzido em outra espécie de bactéria, a *Mycoplasma capricolum*. Após a introdução, o cromossomo da *M. capricolum* foi neutralizado e o cromossomo artificial da *M. mycoides* começou a gerenciar a célula, produzindo suas proteínas.

GILBSON et al. Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically synthesized Genome. Science v. 329, 2010 (adaptado).

A importância dessa inovação tecnológica para a comunidade científica se deve à

- A) possibilidade de sequenciar os genomas de bactérias para serem usados como receptoras de cromossomos artificiais.
- B) capacidade de criação, pela ciência, de novas formas de vida, utilizando substâncias como carboidratos e lipídios.

- C) possibilidade de produção em massa da bactéria *Mycoplasma capricolum* para sua distribuição em ambientes naturais.
  - D) possibilidade de programar geneticamente microrganismos ou seres mais complexos para produzir medicamentos, vacinas e combustíveis.
  - E) capacidade da bactéria *Mycoplasma capricolum* de expressar suas proteínas na bactéria sintética e estas serem usadas na indústria.
- 

**2012**

47- Não é de hoje que o homem cria, artificialmente, variedades de peixes por meio da hibridação. Esta é uma técnica muito usada pelos cientistas e pelos piscicultores porque os híbridos resultantes, em geral, apresentam maior valor comercial do que a média de ambas as espécies parentais, além de reduzir a sobrepesca no ambiente natural.

**Terra da Gente**, ano 4, n. 47, mar. 2008  
(adaptado).

Sem controle, esses animais podem invadir rios e lagos naturais, se reproduzir e

- A) originar uma nova espécie poliploide.
  - B) substituir geneticamente a espécie natural.
  - C) ocupar o primeiro nível trófico no hábitat aquático.
  - D) impedir a interação biológica entre as espécies parentais.
  - E) produzir descendentes com o código genético modificado.
- 

48- Há milhares de anos o homem faz uso da biotecnologia para a produção de alimentos como pães, cervejas e vinhos. Na fabricação de pães, por exemplo, são usados fungos unicelulares, chamados de leveduras, que são comercializados como fermento biológico. Eles são usados para promover o crescimento da massa, deixando-a leve e macia.

O crescimento da massa do pão pelo processo citado é resultante da

- A) liberação de gás carbônico.
  - B) formação de ácido láctico.
  - C) formação de água.
  - D) produção de ATP.
  - E) liberação de calor.
- 

60- O milho transgênico é produzido a partir da manipulação do milho original, com a transferência, para este, de um gene de interesse retirado de outro organismo de espécie diferente.

A característica de interesse será manifestada em decorrência

- A) do incremento do DNA a partir da duplicação do gene transferido.
- B) da transcrição do RNA transportador a partir do gene transferido.
- C) da expressão de proteínas sintetizadas a partir do DNA não hibridizado.
- D) da síntese de carboidratos a partir da ativação do DNA do milho original.

E) da tradução do RNA mensageiro sintetizado a partir do DNA recombinante.

---

63- Os vegetais biossintetizam determinadas substâncias (por exemplo, alcaloides e flavonoides), cuja estrutura química e concentração variam num mesmo organismo em diferentes épocas do ano e estágios de desenvolvimento. Muitas dessas substâncias são produzidas para a adaptação do organismo às variações ambientais (radiação UV, temperatura, parasitas, herbívoros, estímulo a polinizadores etc.) ou fisiológicas (crescimento, envelhecimento etc.).

As variações qualitativa e quantitativa na produção dessas substâncias durante um ano são possíveis porque o material genético do indivíduo

- A) sofre constantes recombinações para adaptar-se.
  - B) muda ao longo do ano e em diferentes fases da vida.
  - C) cria novos genes para biossíntese de substâncias específicas.
  - D) altera a sequência de bases nitrogenadas para criar novas substâncias.
  - E) possui genes transcritos diferentemente de acordo com cada necessidade.
- 

## 2013

50- A estratégia de obtenção de plantas transgênicas pela inserção de transgenes em cloroplastos, em substituição à metodologia clássica de inserção do transgene no núcleo da célula hospedeira, resultou no aumento quantitativo da produção de proteínas recombinantes com diversas finalidades biotecnológicas. O mesmo tipo de estratégia poderia ser utilizada para produzir proteínas recombinantes em células de organismos eucarióticos não fotossintetizantes, como as leveduras, que são usadas para produção comercial de várias proteínas recombinantes e que podem ser cultivadas em grandes fermentadores.

Considerando a estratégia metodológica descrita, qual organela celular poderia ser utilizada para inserção de transgenes em leveduras?

- A) Lisossomo.
  - B) Mitocôndria.
  - C) Peroxissomo.
  - D) Complexo golgiense.
  - E) Retículo endoplasmático.
- 

73- Cinco casais alegavam ser os pais de um bebê. A confirmação da paternidade foi obtida pelo exame de DNA. O resultado do teste está esquematizado na figura, em que cada casal apresenta um padrão com duas bandas de DNA (faixas, uma para o suposto pai e outra para a suposta mãe), comparadas à do bebê.

Bebê	1		2		3		4		5	
	Pai	Mãe								
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

- A) 1
- B) 2
- C) 3
- D) 4
- E) 5

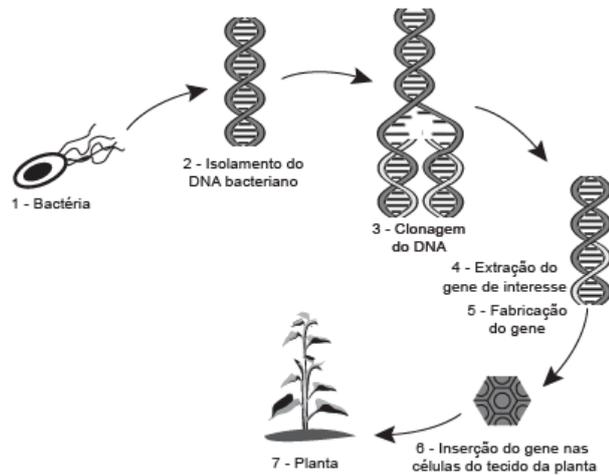
75- Para a identificação de um rapaz vítima de acidente, fragmentos de tecidos foram retirados e submetidos à extração de DNA nuclear, para comparação com o DNA disponível dos possíveis familiares (pai, avô materno, avó materna, filho e filha). Como o teste com o DNA nuclear não foi conclusivo, os peritos optaram por usar também DNA mitocondrial, para dirimir dúvidas.

Para identificar o corpo, os peritos devem verificar se há homologia entre o DNA mitocondrial do rapaz e o DNA mitocondrial do(a)

- A) pai.
- B) filho.
- C) filha.
- D) avó materna.
- E) avô materno.

2014

48- Em um laboratório de genética experimental, observou-se que determinada bactéria continha um gene que conferia resistência a pragas específicas de plantas. Em vista disso, os pesquisadores procederam de acordo com a figura.



Disponível em: <http://ciencia.hsw.ucl.com.br>. Acesso em: 22 nov. 2013 (adaptado).

Do ponto de vista biotecnológico, como a planta representada na figura é classificada?

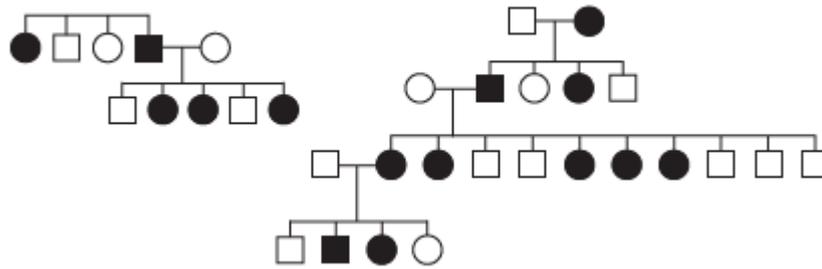
- A) Clone
- B) Híbrida
- C) Mutante
- D) Adaptada
- E) Transgênica

51- Na década de 1990, células do cordão umbilical de recém-nascidos humanos começaram a ser guardadas por criopreservação, uma vez que apresentam alto potencial terapêutico em consequência de suas características peculiares.

O poder terapêutico dessas células baseia-se em sua capacidade de

- A) multiplicação lenta.
- B) comunicação entre células.
- C) adesão a diferentes tecidos.
- D) diferenciação em células especializadas.
- E) reconhecimento de células semelhantes.

57-



No heredograma, os símbolos preenchidos representam pessoas portadoras de um tipo raro de doença genética. Os homens são representados pelos quadrados e as mulheres, pelos círculos. Qual é o padrão de herança observado para essa doença?

- a) Dominante autossômico, pois a doença aparece em ambos os sexos.
- b) Recessivo ligado ao sexo, pois não ocorre a transmissão do pai para os filhos.
- c) Recessivo ligado ao Y, pois a doença é transmitida dos pais heterozigotos para os filhos.
- d) Dominante ligado ao sexo, pois todas as filhas de homens afetados também apresentam a doença.
- e) Codominante autossômico, pois a doença é herdada pelos filhos de ambos os sexos, tanto do pai quanto da mãe.

2015

64- A fenilcetonúria é uma doença hereditária autossômica recessiva, associada à mutação do gene PAH, que limita a metabolização do aminoácido fenilalanina. Por isso, é obrigatório, por lei, que as embalagens de alimentos, como refrigerantes dietéticos, informem a presença de fenilalanina em sua composição. Uma mulher portadora de mutação para gene PAH tem três filhos normais com um homem normal, cujo pai sofria de fenilcetonúria, devido à mesma mutação no gene PAH encontrada em um dos alelos da mulher.

Qual a probabilidade de a quarta criança gerada por esses pais apresentar fenilcetonúria?

- A) 0%
- B) 12,5%
- C) 25%
- D) 50%
- E) 75%

71- Um gel vaginal poderá ser um recurso para as mulheres na prevenção contra a aids. Esse produto tem como princípio ativo um composto que inibe a transcriptase reversa viral. Essa ação inibidora é importante, pois a referida enzima

- A) corta a dupla hélice do DNA, produzindo um molde para o RNA viral.
  - B) produz moléculas de DNA viral que vão infectar células sadias.
  - C) polimeriza molécula de DNA, tendo como molde o RNA viral.
  - D) promove a entrada do vírus da aids nos linfócitos T.
  - E) sintetiza os nucleotídeos que compõem o DNA viral.
- 

75- A reprodução vegetativa de plantas por meio de estacas é um processo natural. O homem, observando esse processo, desenvolveu uma técnica para propagar plantas em escala comercial.

A base genética dessa técnica é semelhante àquela presente no(a)

- A) transgenia.
- B) clonagem.
- C) hibridização.
- D) controle biológico.
- E) melhoramento genético.

## ANEXO B

COLÉGIOS ESTADUAIS DE GOIÂNIA-GO QUE ADOTARAM OS LIVROS ANALISADOS  
NA PESQUISA

---

COLEGIO ESTADUAL NOVO HORIZONTE  
COLEGIO DA POLICIA MILITAR DE GOIAS UNIDADE HUGO DE CARVALHO  
COLEGIO ESTADUAL ARY RIBEIRO VALADAO FILHO  
COLEGIO ESTADUAL OLAVO BILAC  
IEC PRESIDENTE CASTELLO BRANCO  
COLEGIO ESTADUAL SENADOR TEOTONIO VILELA  
COLEGIO ESTADUAL TANCREDO DE ALMEIDA NEVES  
COLEGIO ESTADUAL JOAO JOSE COUTINHO  
COLEGIO ESTADUAL JARDIM BALNEARIO MEIA PONTE  
COLEGIO ESTADUAL LUIS PERILLO  
COLEGIO ESTADUAL SEBASTIAO ALVES DE SOUZA  
COLEGIO ESTADUAL DEPUTADO JOSE DE ASSIS  
COLEGIO ESTADUAL ALBERT SABIN  
COLEGIO ESTADUAL POLIVALENTE PROFESSOR GOIANY PRATES  
COLEGIO ESTADUAL CORACAO DE JESUS  
COLEGIO ESTADUAL PROFESSOR WILMAR GONCALVES DA SILVA  
COLEGIO ESTADUAL SOLON AMARAL  
COLEGIO ESTADUAL PROFESSOR PEDRO GOMES  
COLEGIO ESTADUAL CARLOS ALBERTO DE DEUS  
COLEGIO ESTADUAL PREUNIVERSITARIO  
COLEGIO ESTADUAL PROFESSOR JOAQUIM CARVALHO FERREIRA  
COLEGIO DA POLICIA MILITAR DE GOIAS UNIDADE HUGO DE CARVALHO  
COLEGIO ESTADUAL ARY RIBEIRO VALADAO FILHO  
COLEGIO ESTADUAL NOVO HORIZONTE  
COLEGIO ESTADUAL OLAVO BILAC  
COLEGIO ESTADUAL SENADOR TEOTONIO VILELA  
COLEGIO ESTADUAL TANCREDO DE ALMEIDA NEVES  
IEC PRESIDENTE CASTELLO BRANCO  
COLEGIO ESTADUAL NOSSA SENHORA DE LOURDES  
COLEGIO ESTADUAL DAMIANA DA CUNHA  
COLEGIO ESTADUAL DOM FERNANDO I  
COLEGIO ESTADUAL FRANCISCO MARIA DANTAS  
COLEGIO ESTADUAL JARDIM VILA BOA  
COLEGIO ESTADUAL COLEMAR NATAL E SILVA  
COLEGIO POLIVALENTE TRIBUTARIO HENRIQUE SILVA  
COLEGIO ESTADUAL MAJOR OSCAR ALVELOS  
COLEGIO ESTADUAL DOM ABEL SPL  
COLEGIO ESTADUAL JARDIM EUROPA  
COLEGIO ESTADUAL VERANY MACHADO DE OLIVEIRA

COLEGIO ESTADUAL DAMIANA DA CUNHA  
COLEGIO ESTADUAL DOM FERNANDO I  
COLEGIO ESTADUAL NOSSA SENHORA DE LOURDES  
COLEGIO ESTADUAL COLEMAR NATAL E SILVA  
COLEGIO ESTADUAL FRANCISCO MARIA DANTAS  
COLEGIO ESTADUAL JARDIM VILA BOA  
COLEGIO POLIVALENTE TRIBUTARIO HENRIQUE SILVA

---