

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - COMISSÃO DE GRADUAÇÃO
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Exame Nacional do Ensino Médio: uma análise comparativa entre as questões de Biologia de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e os Livros Didáticos

PEDRO HENRIQUE PEZZI

Janeiro/2018

PEDRO HENRIQUE PEZZI

Exame Nacional do Ensino Médio: uma análise comparativa entre as questões de Biologia de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e os Livros Didáticos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Ciências Biológicas - Licenciatura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial e obrigatório para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Heloisa Junqueira

Janeiro/2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Tita e Felipe, pelo grande apoio, companhia, ensinamentos e amor que recebi durante toda a minha vida.

À minha irmã, Thay, por sua amizade, apoio e risadas compartilhadas.

À minha professora-orientadora Heloisa Junqueira por ter me acompanhado durante o Estágio de Docência em Ciências e a jornada do Trabalho de Conclusão de Curso. Vejo em ti uma inspiração e uma amiga.

Aos colegas do Laboratório de Carcinologia da UFRGS pela companhia e cafés compartilhados durante todos esses anos que estive com vocês.

Aos amigos que fiz durante minha graduação, Amanda Vargas, Bruna Minuzzi, Bruna Schallenberger, Luana Vasconcellos, Mark Adriano e Stéphanie Pedrotti, por toda ajuda e companhia nestes cinco anos que passamos juntos.

Aos amigos Aislan König, Clarissa Bueno, Danielle Frizzo, Júlia Tonet, Juliana Motter, Leonardo Silveira, Luis Notari, Madiara Manfro, Matheus Magnani, Nilton Dondé, Rafaela Fontoura, Tatiana Piccin, Sérgio Molon e Vinicius Vergani pelas alegrias compartilhadas durante todos esses anos de amizade.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	3
Sumário.....	4
Resumo.....	5
1 Introdução.....	6
1.1 O Exame Nacional do Ensino Médio: pequeno histórico.....	6
1.2 Histórico do livro didático e o Programa Nacional do Livro Didático.....	10
1.3 Objetivos.....	13
2 Metodologia.....	14
3 Resultados.....	16
3.1 O ENEM.....	16
3.2 Livro A.....	16
3.3 Livro B.....	18
3.4 Livro C.....	18
4 Análise e Discussão.....	20
5 Considerações Finais.....	24
Referências.....	25
Anexos.....	27
Anexo A.....	27

RESUMO

O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) foi criado em 1998 para avaliar o desempenho dos alunos egressos do Ensino Médio. Porém, em 2009, o exame passou por uma reformulação e passou a ser uma forma de ingresso ao Ensino Superior, complementando ou substituindo os exames vestibulares. Com o resultado do ENEM, estudantes podem concorrer a vagas em Instituições Federais de Ensino Superior em todas as regiões do Brasil, através do programa Sisu, além de concorrer a bolsas de estudos em Instituições Privadas pelo ProUni e financiar seus estudos pelo FIES. Aos livros didáticos (LD), utilizados pelos estudantes do Ensino Médio, são atribuídas diversas funções, uma delas é a preparação para os exames de ingresso ao Ensino Superior, como o ENEM. Os LD devem ser aprovados pelo MEC e as escolas podem escolher uma coleção entre estas. O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) é o responsável pela distribuição destes livros para todas as escolas de Ensino Médio do Brasil, a cada três anos. Devido à grande importância do ENEM na vida dos estudantes, e a ampla utilização do LD nas escolas públicas, o objetivo deste trabalho foi comparar e analisar as questões de genética e evolução das provas do ENEM com os livros didáticos do 3º Ano, aprovados pelo MEC. Ao total, foram analisadas 15 provas de diferentes aplicações do ENEM, de 2009 a 2016 e, também, três livros didáticos do 3º Ano do Ensino Médio, ano que aborda os conteúdos de genética e evolução. As questões apresentaram contextualização no enunciado e abordaram temas diversos, em sua maioria assuntos relacionados às aplicações do conhecimento da genética molecular. Os LD abordaram a maioria dos conteúdos necessários para responder as questões do ENEM, além de conterem um capítulo que trata somente das aplicações da genética. Alguns temas que não foram abordados pelos livros analisados podem ter sido abordados em livros de outros anos escolares. Podemos concluir que há uma sintonia entre os documentos que avaliam os livros didáticos que farão parte do PNLD, a Matriz de Referência que regulamenta o ENEM, os LD propriamente ditos e as questões de genética e evolução das provas do ENEM de 2009 a 2016.

Palavras-chave: ENEM; PNLD; Livros Didáticos; genética; evolução.

1 INTRODUÇÃO

Durante minha vida como estudante do Ensino Médio, eu pude perceber as grandes oportunidades que a prova do Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM) pode fornecer para os estudantes que pretendem ingressar no Ensino Superior. Durante meu último ano no Ensino Médio, minha professora de Português e Redação oferecia nota extra para os alunos que realizassem a prova, assim fornecendo um incentivo para que mais alunos a fizessem. A nota do ENEM configurava uma nota extra no vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e foi de extrema importância para que eu pudesse ingressar nesta Universidade.

Além disso, uma nota de no mínimo 600 pontos na média no ENEM era um dos requerimentos exigidos para realizar a inscrição no Programa Ciências Sem Fronteiras, que pude participar em 2015. Ademais, pude perceber como o ENEM é importante para a vida acadêmica de muitos outros estudantes durante a graduação, já que muitos conseguiram ingressar em Universidades Federais devido a esta prova durante os últimos anos.

Também, ao longo da minha graduação, tive a oportunidade de observar várias aulas em escolas da Educação Básica, através da realização das disciplinas Introdução aos Estágios Docentes em Ciências e Biologia e dos dois Estágios de Docência e percebi que em muitas delas havia algo em comum: a presença marcante de Livros Didáticos (LD). Ele é utilizado de diversas formas: como um guia, material de consulta, lista de exercícios, textos complementares e atividades e dinâmicas e, muitas vezes, pode ser a única referência de estudo para os estudantes.

Devido à importância da prova do ENEM na vida de milhares de estudantes e a significativa utilização do livro didático na Educação Básica brasileira, esta pesquisa intencionou realizar uma análise comparativa entre estes dois materiais, especificamente, dos conteúdos de genética e evolução, com os quais tive afinidade durante a graduação em Ciências Biológicas na UFRGS.

1.1 O Exame Nacional do Ensino Médio: pequeno histórico

O ENEM, coordenado e aplicado pelo Ministério da Educação (MEC) e pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Anísio Teixeira (Inep), foi criado pelo

governo federal em 1998 como uma forma de avaliação do desempenho dos alunos egressos do Ensino Médio e da qualidade do ensino nas escolas de Educação Básica. Entretanto, a partir de 2009, o resultado obtido pelos alunos e alunas no ENEM, por medidas governamentais, passou a ser utilizado como outra forma de ingressar no ensino superior, substituindo ou complementando o desempenho no vestibular.

Com a reestruturação do ENEM, em 2009, as provas foram categorizadas em quatro *áreas*: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências Humanas e suas Tecnologias e Ciências da Natureza e suas Tecnologias, na qual se encontram as questões de Biologia, além da prova de redação. Cada área possui 45 questões para testar as competências estabelecidas pela Matriz de Referência (MR).

A Matriz de Referência estabelece cinco *eixos* cognitivos que são comuns às quatro áreas do exame: 1) Dominar linguagens; 2) Compreender fenômenos; 3) Enfrentar situações-problemas; 4) Construir argumentação e 5) Elaborar propostas (BRASIL, 2009). Para a prova da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a MR estabelece 30 *habilidades* distribuídas em oito *competências* da área. Segundo o Documento Básico do ENEM (INEP 2002), competências “são modalidades da inteligência, isto é, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas” e as habilidades referem-se ao que seria um “plano imediato do saber fazer”. Essas oito competências são assim definidas:

Competência 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.

Competência 2 Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos.

Competência 3 Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Competência 4 Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Competência 5 Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Competência 6 Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problemas, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Competência 7 Apropriar-se de conhecimentos de química para, em situações problemas, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Competência 8 Apropriar-se de conhecimentos de biologia para, em situações problemas, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Além de estabelecer as habilidades e competências que estarão presentes na prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a MR também indica os *objetos* de conhecimento de cada área. Para Biologia, a MR determina os seguintes temas: Moléculas, células e tecidos; Hereditariedade e diversidade da vida; Identidade dos seres vivos; Ecologia e ciências ambientais; Origem e evolução da vida; Qualidade de vida das populações humanas (BRASIL, 2009).

Ademais de o ENEM ser o primeiro exame nacional para ingresso em Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), permite ainda uma mobilidade de estudantes dos diferentes estados brasileiros e uma maior diversidade sociocultural nas universidades públicas (SILVEIRA et al., 2015). Entretanto, este mesmo estudo mostra que a maior mobilidade acontece principalmente entre os estados mais ricos¹ e os estudantes de São Paulo são dominantes no quesito de mobilidade. Também, o ENEM permite que estudantes concorram a bolsas de estudos em Instituições de Ensino Superior privadas, através do Programa Universidade para Todos (ProUni), e financiar o curso superior pelo Programa Fundos de Financiamento Estudantil (FIES).

Desde 2009, o número de inscritos vem crescendo a cada edição. Na edição deste ano, foram 4,5 milhões de inscritos. Já em 2016, foram inscritos mais de 9,2 milhões. Isso mostra o valor que a prova carrega e o aumento do número de estudantes envolvidos com o passar do tempo, a cada edição². Em 2017, a prova apresentou uma redução de inscritos: 7,6 milhões. A hipótese mais provável desta

¹ Referência: Produto Interno Bruto (PIB)

² Fonte: <http://www.brasil.gov.br/educacao/2016/05/mais-de-9-2-milhoes-de-candidatos-se-inscreveram-no-enem>

diminuição relaciona-se com a decisão do Inep em não mais considerar o resultado do ENEM como um comprovante de finalização do Ensino Médio.

O número de inscritos acompanha também o crescimento do Sistema de Seleção Unificada (Sisu). Na edição de 2009, foram disponibilizadas 47,9 mil vagas para Instituições Públicas de Ensino³. Na edição de 2016, foram 2.712.937 candidatos inscritos concorrendo a 228 mil vagas em 6.323 cursos de 131 instituições públicas⁴. Para a edição de 2018, mais de 239 mil vagas serão ofertadas em 130 instituições públicas de todo o país⁵. Os estudantes que realizaram o ENEM de 2017 poderão concorrer a estas vagas. A UFRGS ofertou 30% de suas vagas para ingressos pelo Sisu, isto é, 1654 vagas para o ano de 2018⁵.

O desempenho dos estudantes varia muito entre regiões e em cada área do conhecimento. Uma análise dos resultados da prova do ENEM de 2010 mostrou que há diferenças no resultado entre regiões do Brasil, sendo esses maiores no Sul e Sudeste, intermediários no Centro-Oeste e menores no Norte e Nordeste. Entretanto, todas as regiões apresentaram baixos resultados, menores que 58% (VIGIANNI e MATTOS, 2013). Esse mesmo estudo mostrou que, no ano de 2010, a prova de Ciências da Natureza, entre as áreas do conhecimento do exame, foi a que apresentou média mais baixa, em todas as regiões do Brasil, o que pode demonstrar que a relação de ensino-aprendizagem não está sendo efetiva nas disciplinas biologia, química e física do EM.

Uma análise na prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, do ENEM de 2009, mostrou que as questões da prova apresentavam uma contextualização nos conteúdos de Ecologia, Genética e Fisiologia (MIRANDA et al., 2011). Ademais, entre as questões analisadas nesta pesquisa, apenas 45% das questões apresentaram interdisciplinaridade e, quando esta era detectada, o conteúdo de Biologia relacionava-se principalmente com os conteúdos de Geografia, Matemática e Física (MIRANDA et al., 2011). Outra análise da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, focando nas questões de química, apresentou uma contradição entre a MR e seus anexos, isto é, documento que representa o currículo atual brasileiro (MACENO et al., 2011).

³ Fonte: <http://portal.mec.gov.br/component/tags/tag/34519-sisu>

⁴ Fonte: <http://g1.globo.com/educacao/noticia/2016/01/sisu-2016-tera-228-mil-vagas-em-instituicoes-do-ensino-superior.html>

⁵ Fonte: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/educacao-e-emprego/noticia/2017/12/sisu-2018-tera-mais-de-17-mil-vagas-em-cursos-de-graduacao-no-rs-cjb50qypj0c0q01mk5p2p9sj4.html>

1.2 Histórico do livro didático e o Programa Nacional do Livro Didático

O Livro Didático (LD) é concebido como um material impresso destinado/adequado aos processos de ensino-aprendizagem (CASSIANO, 2007). Historicamente, o livro didático tem sido um condutor dos trabalhos nas escolas, sendo utilizado pelos professores e professoras como um roteiro de trabalho e/ou planejamento.

O LD pode ser a única referência bibliográfica de certos estudantes e ele também assegura uma referência para o(a) professor(a), já que nem sempre este tem acesso a outras fontes. Mesmo que a aula do(a) professor(a) não seja baseada apenas em LD, muitas vezes, ele torna-se uma fonte complementar aos conteúdos do professor. Também, o livro didático sistematiza os conteúdos trabalhados em sala de aula e é um instrumento de apoio, tanto para os estudantes, quanto para o(a)s professore(a)s. Neste sentido, e ainda que vários estudos, pesquisas e publicações já tenham divulgado críticas contundentes a este material didático histórico, ele continua sendo uma referência fundamental na escolarização básica, no Brasil.

Se considerarmos as relações sociais de produção, edição e distribuição dos livros didáticos, se pode afirmar que este material didático tem um grande poder social, cultural e de mercado. Nos seus conteúdos e formatos, o livro mostra e reproduz os valores da sociedade atual, indicando assim seu grande valor político e social. Choppin (2002) diz que o LD evidencia os valores morais, religiosos e políticos, ajudando, assim, no processo de culturação e socialização do jovem. Representa também um poder comercial expressivo, girando uma grande quantidade de dinheiro.

Em 1937, foi criado o Instituto Nacional do Livro (INL), programa que deu origem ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)⁶. Este é o programa mais antigo de distribuição de livros didáticos no Brasil e é o maior programa em relação aos investimentos econômico-financeiros internacionais. Já em 1971, o INL começa a desenvolver o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (Plidef), administrando e gerenciando as verbas. Em 1976, o INL é extinto e a Fundação Nacional do Livro Escolar (Fename) fica responsável pelo programa. Neste ano, uma

⁶ Fonte: <http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/historico>

quantia significativa de livros é comprada e distribuída às escolas, porém nem todas foram beneficiadas através do programa devido à falta de recursos.

Em 1983, a Fename é extinta e substituída pela Fundação de Assistência ao Estudante (FAE), que se tornou responsável pelo Plidef. Em 1985, o Plidef é substituído pelo PNLD. Nesta outra versão do Programa, aos professores e professoras foi permitido que indicassem livros didáticos e, também, os livros começaram a ser reutilizados por mais de um ano. De forma gradativa, foram aumentando o número de séries escolares beneficiadas e o das matérias escolares abrangidas. Em 1996, Livros Didáticos de Ciências começaram a serem distribuídos.

Em 1997, a FAE é extinta e a gerência e controle do PNLD passou a ser do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). Neste ano, o Programa é ampliado para atender às séries do Ensino Fundamental público e, somente em 2004, o Ensino Médio foi inserido no PNLD, resultante de um processo gradativo. No início, foram distribuídos livros apenas para algumas disciplinas e somente em certas regiões do país. O ano de 2006 foi o primeiro em que os LD de Biologia foram adquiridos e, em 2007, distribuídos para o Ensino Médio. A partir deste ano, o programa expandiu e gradativamente aumentou a distribuição dos livros de todos os componentes curriculares. Em 2010, foram investidos R\$893 milhões na compra de 120 mil livros para o Ensino Fundamental e, para o Ensino Médio, foram investidos R\$184 milhões na aquisição de 17 milhões de livros.

Atualmente, o PNLD tem como objetivo “subsidiar o trabalho pedagógico dos professores por meio da distribuição de coleções de livros didáticos aos alunos da Educação Básica”⁷. Os livros utilizados são de escolha da escola, desde que estes estejam inscritos e aprovados pelo PNLD. Os autores inscrevem o LD que será avaliado por especialistas e, se aprovado, fará parte do Guia do Livro Didático, que servirá de orientação para a escolha do LD pela escola.

Os critérios de avaliação das obras são: respeito à legislação, observância de princípios éticos, adequação da abordagem teórico-metodológica, correção e atualização de conceitos, características e finalidades específicas do Manual do Professor e da estrutura editorial aos objetivos didático-pedagógicos (BRASIL, 2011). Além desses critérios, há também outros mais específicos aos LD de

⁷ Fonte: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12391&

Biologia, que são: interdisciplinaridade, debate de temas atuais e polêmicos, desconstrução da biologia antropocêntrica, entre outros (BRASIL, 2011).

Na edital de seleção de LD de Biologia para o Ensino Médio no PNLD de 2012, foram submetidas 16 obras para avaliação e oito (08) foram aprovadas para a distribuição nas escolas (BRASIL, 2011). Na edição seguinte do PNLD, em 2015, também, 16 obras também foram enviadas para avaliação, e oito (08) foram aprovadas para constar no Guia do Livro Didático (BRASIL, 2014).

Documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), as Orientações Curriculares Nacionais (OCN) e as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) são utilizados para a preparação e avaliação dos livros didáticos, além de serem considerados como balizas e ajustes do currículo escolar nacional. Por isso, autores como Leão e Megid-Neto (2006) afirmam que o livro precisa ser articulado e em sintonia com estes documentos, além das relações de coerência com o Sistema Nacional de Avaliação Escolar (SINAE). Ademais, os Livros Didáticos de Biologia devem ser ensinados sob uma perspectiva da evolução e da ecologia, relacionando-se com outras disciplinas (BRASIL, 2006).

Um trabalho de análise do conteúdo de evolução de vertebrados nos LD do Ensino Médio mostrou que a abordagem desse tema ainda é superficial e fragmentada e que há diferenças significativas na abordagem em diferentes livros didáticos (DALAPICOLLA et al. 2015). Vasconcelos e Souto (2003) realizaram uma análise do conteúdo de insetos no Livro Didático do Ensino Médio e observaram a falta de contextualização e exemplos na abordagem dos conteúdos. Os autores também observaram a falta de incentivo à investigação, com predomínio da fixação dos conteúdos científicos. Corroborando com estes dados, Zamberlan e Rodrigues da Silva (2012) evidenciaram problemas nas conceituações de *evolução* nos livros didáticos e que muitas vezes o conteúdo não está explícito, sendo necessário que o professor evidencie a relação entre o texto e o conteúdo de evolução. Estes trabalhos exemplificam como os livros didáticos podem apresentar deficiências na abordagem de conteúdos e, assim, prejudicar o processo de ensino-aprendizagem.

Como mencionado anteriormente, o livro é a principal fonte de estudo para os alunos e uma referência para o professor. Os livros são avaliados por um time de especialistas que escolhem quais livros serão aprovados, tendo nos critérios já definidos a chance de aprovação ou não. Somente a partir dessa avaliação, os livros poderão ser distribuídos às escolas. Eles são nacionalmente distribuídos, sendo um

direito de todos os estudantes brasileiros. Sendo assim, o diálogo entre o LD e as provas do ENEM é extremamente necessário, pois tanto o LD quanto as provas do ENEM são baseados nos mesmos documentos curriculares, os quais devem estar relacionados entre si (LEÃO E MEGID-NETO, 2006), na medida em que a possibilidade de realizar o ENEM depende dos conhecimentos provenientes do Ensino Médio, que tem nos livros didáticos um suporte de trabalho fundamental.

1.4 Objetivos

Os objetivos desta pesquisa foram assim definidos:

- a) Identificar e entender a estruturação das questões de biologia da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, especificamente àquelas relacionadas à *genética e evolução*;
- b) Comparar os conteúdos desta prova com os dos LD distribuídos através do Plano Nacional do Livro Didático;
- c) Analisar as relações entre os distintos documentos.

2 Metodologia

Nesta pesquisa, concebida epistemologicamente como qualitativa, utilizamos o procedimento de análise documental para investigar as relações entre as provas do ENEM e os livros didáticos de 3º ano do Ensino Médio. No caso do ENEM, foram escolhidas as questões relacionadas ao conteúdo de genética e de evolução das provas de 2009 a 2016, disponíveis no site do Inep⁸. A definição deste período de tempo relaciona-se com dois critérios: a) 2009 foi o ano em que o ENEM sofreu uma reformulação e começou a ser utilizado como uma alternativa de ingresso ao ensino superior; e 2016 é o ano antecedente ao desta pesquisa. Foram analisadas as provas das primeiras aplicações, das segundas aplicações para pessoas privadas de liberdade (2010-2016) e também a terceira aplicação de 2016, decorrente das ocupações ocorridas naquele ano. As questões das provas foram categorizadas por assuntos com a ajuda do índice dos livros didáticos e também com meus conhecimentos prévios. As categorias não foram determinadas *a priori*, elas foram emergindo das leituras sucessivas das provas e dos livros didáticos.

Os conteúdos de genética e evolução são apresentados nos livros didáticos de Biologia do 3º ano do Ensino Médio. Assim, três livros aprovados pelo PNLD foram selecionados para esta investigação, sendo dois livros do PNLD 2015 e um do PNLD 2012. Os critérios de seleção dos livros utilizados foram o ano de sua publicação e a possibilidade de acesso às obras. Na comparação entre os LD e as questões do ENEM, levamos em consideração as datas de edição dos LD, bem como a Matriz de Referência do ENEM. Na análise, foram observados os textos, exercícios, esquemas e ilustrações para entender como o conteúdo é abordado nesses livros e se fornecem o necessário para que os estudantes sejam capazes de responder as questões presentes na prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do ENEM. Os três livros pesquisados e analisados estão listados no Quadro 1.

No ano de 2013, foram distribuídos mais de 700 mil exemplares do Livro A⁹, sendo a coleção que mais foi distribuída naquele ano. Foram distribuídos mais de

⁸ Fonte: <http://inep.gov.br/provas-e-gabaritos>

⁹ Fonte: <http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/guia-do-livro-didatico/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-m%C3%A9dio>

260 mil exemplares do Livro B, sendo este o terceiro mais distribuído em 2015¹⁰. O livro C foi o livro mais distribuído pela PNLD 2015, aproximadamente 540 mil exemplares distribuídos para o 3º ano do Ensino Médio¹⁰.

Quadro 1 - Livros selecionados e pesquisados

Livro	Nome do Livro	Autores	Edição/Ano	Editora	PNLD
A	Biologia V.3 Biologia das Populações	José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho	3ª/2010	Moderna	2012
B	Biologia: o ser humano, genética, evolução: volume 3	Vivian L. Mendonça	2ª/2013	AJS	2015
C	Biologia Hoje 3 v.	Sérgio Linhares e Fernando Gewandsznajder	2ª/2013	Ática	2015

Fonte: Colegas da Universidade e da Profª do Colégio Estadual Coronel Afonso Emilio Massot, onde realizei Estágio de Docência em Biologia

¹⁰ Fonte: <http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/dados-estatisticos>

3 Resultados

3.1 O ENEM

Ao total, foram analisadas 43 questões relacionadas à genética e evolução em 15 versões diferentes da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do ENEM, de 2009 a 2016 (Anexo A). Isto resulta em uma média de três questões por prova. As categorias utilizadas para analisar as questões foram, em ordem de maior número de questões, aplicações da genética molecular (13), padrão de herança (4), controle da expressão gênica (3), DNA mitocondrial e cloroplastidial (3), conceito de espécie e especiação (2), teorias de Lamarck e Darwin (2), seleção natural e artificial (2), monoidrismo e diíbrido (2), sistema ABO/Rh (2), mutações (2), árvores filogenéticas (2), variabilidade genética (1), epigenética (1), embriologia comparada (1), alterações cromossômicas (1), recombinação e permutação (1) e conceitos básicos de genética (1).

Durante a leitura das questões, pudemos observar a tentativa de contextualizá-las com a ajuda de textos jornalísticos e introdutórios. Também foi possível perceber um número elevado de atividades que tratam da aplicabilidade das descobertas científicas relacionadas à biotecnologia e genética molecular, como transgenia e clonagem, na sociedade atual. A maioria das questões destes conteúdos requerem interpretação e conhecimentos prévios relacionados ao assunto, sendo raramente necessário o uso de cálculos e estatística, muitas vezes comum nos exercícios desses conteúdos.

3.2 Livro A

O livro A, dos autores José Mariano Amabis e Gilberto Rodrigues Martho, é o livro mais antigo analisado neste trabalho, publicado em 2010. A terceira edição desta coleção é intitulada *Biologia das Populações* e está dividido em três unidades: Genética, Evolução e Ecologia. O conteúdo de genética, unidade A do livro, compõe cinco capítulos: 1) A descoberta da segregação dos genes; 2) Relação entre genótipo e fenótipo; 3) Genes com segregação independente; 4) Genética relacionada ao sexo e ligação gênica e 5) Aplicações do conhecimento genético. A unidade B, sobre evolução, é dividida em três capítulos: 1) Breve história das ideias

evolucionistas; 2) Teoria moderna da evolução e 3) Origem das espécies e dos grandes grupos de seres vivos. Estes capítulos estão distribuídos em 227 páginas.

O índice deste livro é bastante detalhado e fácil de encontrar as informações necessárias. As ilustrações dos livros são interessantes e ajudam a explicar conceitos e temas propostos nos capítulos. Como este livro foi publicado em 2010, e neste trabalho analisamos somente provas a partir de 2009, apenas questões da prova do ano de 2009, ano anterior à publicação do livro, foram encontradas como atividades a serem realizadas como exemplos no livro didático. Além das questões do ENEM, também estão presentes várias questões de outros vestibulares de Universidades Públicas Brasileiras.

A comparação entre os exercícios da prova e o livro mostrou que este livro não abordou o tema de nove questões entre as analisadas. As atividades que não foram abordadas ou não suficientemente abordadas no livro foram as questões 41 da versão I de 2009, 62 e 65 da versão I de 2012, 62, 70 e 88 da versão I de 2013, 66 e 87 da versão I de 2015 e a questão 85 da versão III de 2016.

O Livro Didático A não abordou o tema dos exercícios do ENEM que envolviam o assunto herança materna, isto é, herança genética de mitocôndrias e cloroplastos (questões 41 de 2009.I e 62 e 88 de 2013.I) As questões 70 de 2013.I e 85 2016.III são exemplos de atividades sobre teste de paternidade com exame genético. Este livro aborda somente o assunto de paternidade com a abordagem dos grupos sanguíneos e não fornece exemplo de comparação entre bandas de DNA de diferentes indivíduos, somente como um exercício extra no manual do professor.

Os temas de controle da expressão gênica e como o mesmo DNA pode gerar diferentes fenótipos, também, não foram abordados no livro (questões 65 de 2012.I e 87 de 2015.I). A questão 62 de 2012.I é sobre as aplicações da genética molecular, mais especificamente sobre hibridização, porém o livro não aborda as consequências e perigos de algumas técnicas moleculares como hibridização, transgênicos e clonagem. Outro assunto que é abordado no ENEM são as alterações cromossômicas e algumas síndromes genéticas (questão 66 de 2015.I), assunto que foi pouco mencionado no Livro A. Os assuntos de herança genética, epigenética, seleção natural e artificial, teorias da evolução, monoidrismo e diidrismo, especiação, sistema ABO/Rh, recombinação e mutação foi bastante abordado no livro, com muitos exercícios e exemplos, além de uma explicação clara e direta.

3.3 Livro B

O livro escrito por Vivian L. Mendonça é intitulado Biologia volume 3, publicado em 2013 e faz parte do PNLD de 2015. Este livro é composto por três unidades: 1) O ser humano: evolução, fisiologia e saúde; 2) Genética e 3) Evolução. A unidade sobre Genética é composta dos capítulos sobre a Primeira Lei de Mendel, Polialelia, Segunda Lei de Mendel, Genética pós-Mendel e Biologia Molecular do gene: síntese proteica e engenharia genética. Já a unidade sobre Evolução tem apenas dois capítulos: Evolução: conceitos e evidências e Teoria sintética da evolução, especiação e genética de populações. Estes tópicos preenchem 144 páginas.

O índice deste livro é colorido e com desenhos para ilustrar alguns dos capítulos. Como o livro anterior, o Livro B possui diversas ilustrações para exemplificar certos conteúdos. Ademais, ele também apresenta diversos exercícios provenientes de provas do ENEM e também de outros vestibulares nacionais. Por ser mais recente que o livro anterior, este livro traz questões do ENEM até 2012.

Este livro apresentou deficiências na abordagem dos mesmos conteúdos que o livro anterior como o controle da expressão gênica, teste de paternidade, herança genética de mitocôndrias e cloroplastos, os efeitos negativos de algumas aplicações genéticas e alterações cromossômicas. Entretanto, este livro apresenta um exemplo de clonagem em plantas, o mesmo tema da questão 82 de 2015.II, mudando assim um pouco a abordagem, já que nos outros livros esse assunto é abordado em bactérias e animais.

3.4 Livro C

O livro C é intitulado Biologia Hoje 3 foi escrito pelos autores Sérgio Linhares e Fernando Gewandsznajder. Este exemplar é da segunda edição, publicado em 2013, fazendo parte do PNLD de 2015. O livro é composto por quatro unidades: 1) Genética: o trabalho de Mendel; 2) A genética depois de Mendel; 3) Evolução e 4) Ecologia. As três primeiras unidades formam o total de 11 capítulos, distribuídos em 179 páginas.

O livro, como os outros, também possui muitas imagens para exemplificar alguns exercícios e ilustrar técnicas moleculares. Os exercícios presentes no final de

cada capítulo são de vestibulares de universidades de todo o Brasil e, também, algumas questões do ENEM. O livro também apresenta vários pequenos textos que relacionam o conteúdo do capítulo com o nosso cotidiano e assuntos atuais.

Na comparação com as questões do ENEM, o livro não abordou o conteúdo das questões 65 de 2011.I sobre epigenética, 62 de 2012.II sobre as consequências de algumas técnicas moleculares usadas atualmente, 65 de 2012.I e 87 de 2015.I sobre o controle da expressão gênica e a questão 66 de 2015.I sobre alterações cromossômicas.

4 Análise e Discussão

A análise dos exercícios de genética e evolução das provas do ENEM, a partir de 2009, mostrou que a maioria destas questões estão incluídas na competência 8 da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias da Matriz de Referência. Esta competência tem como objetivo “Apropriar-se de conhecimentos da biologia para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.” (BRASIL, 2009). As atividades sobre as aplicações da genética molecular pertencem à habilidade 29: “interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias primas ou produtos industriais” (BRASIL, 2009). Estes exercícios mostram o objetivo da prova de tentar aproximar as questões do cotidiano e da atualidade, já que temas como transgênicos, clonagem e testes de DNA (entre outros) estão sempre presentes na mídia e discussões atuais.

Além de trazer temas atuais, a prova do ENEM tem também o objetivo de contextualizar suas questões, muitas vezes apresentando um texto inicial para que o aluno interprete-o e, junto com conhecimentos prévios, responda a questão. Um estudo de Jaloto e Martins (2014) evidenciou que a contextualização dessas questões é principalmente pelo conhecimento científico e elementos epistemológicos. Apesar de focar nos elementos epistemológicos, a prova também traz referências culturais por meio de narrativas de contingentes abrangentes e referências pedagógicas por meio de textos com estilo do livro didático (JALOTO E MARTINS, 2014).

Uma pesquisa sobre a prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, de 2009, revelou que as atividades do conteúdo genética, fisiologia e ecologia apresentaram contextualização (MIRANDA et al. 2011), para ilustrar o conhecimento científico ou como uma parte de seu cotidiano. Este resultado vai ao encontro do que observamos na nossa análise, onde a maioria dos exercícios apresenta um texto introdutório para contextualizar o assunto que está sendo questionado. Dos Santos e Cortelazzo (2013), em uma análise do conteúdo de biologia celular nas provas do ENEM, também encontraram certo grau de contextualização e questões que incentivava o raciocínio e interpretação. Estes poucos estudos levam-nos a considerar que a contextualização está presente na maioria das atividades de

Biologia na prova do ENEM, objetivando aproximar o conteúdo da questão com a vida do aluno que realizará a prova.

Uma pesquisa com alunos do 2º ano do Ensino Médio, sobre a contextualização e interdisciplinaridade das questões de Química nas provas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do ENEM mostrou que os exercícios tinham uma contextualização com a vida extraescolar e certo grau de interdisciplinaridade (COSTA et al. 2011). Entretanto, devido ao baixo aproveitamento dos alunos nestas questões, os autores comentam que a contextualização ocorre somente no texto do enunciado para familiarizar o aluno ao conteúdo abordado, assim servindo mais como “um pré-texto do que um contexto” (COSTA et al. 2011), Este pode ser, também, o caso nas atividades de genética e evolução, porém, uma análise mais profunda precisa ser realizada para podermos assim inferir.

Além disso, o trabalho de Miranda e colaboradores (2011) mostrou que não há muita interdisciplinaridade nas questões da prova de Ciências da Natureza e suas Tecnologias na prova do ENEM 2009, o que também foi observado nas questões de genética e evolução analisadas nos anos de 2009 a 2016. Apesar de não observamos interdisciplinaridade, pudemos identificar questões que abordam mais de um assunto de biologia, relacionando um ao outro para que o aluno chegue à resposta. Este é também o que observamos na questão 71 da versão I de 2010, com os assuntos de microbiologia e reprodução; na questão 62 da versão I de 2013, sobre transgenia e herança de DNA mitocondrial e, também, na questão 90 da versão I de 2016, sobre a origem da vida e mecanismos comuns a todos os organismos vivos. Ainda que estas ocorrências sejam infrequentes, vale a presença de relações entre conteúdos biológicos, cotidianos sociais e conhecimentos científicos atuais.

Ao analisarmos a prova do ENEM, constatamos que, nas questões de genética, a inserção de cálculos matemáticos na resolução de problemas de monoidrismo, diíbrido, herança quantitativa e outras questões é menos frequente do que se esperaria para essas temáticas. Como exemplo, citamos as poucas atividades do ENEM que precisaram de cálculos matemáticos para a obtenção das suas respostas: as questões 54 da versão II de 2011, 68 da versão II de 2012 e 59 da versão II de 2013. Considerando os pressupostos da Matriz de Referência (BRASIL, 2009), a prova do ENEM intenciona avaliar as condições

cognitivas dos estudantes no que diz respeito ao domínio de linguagens, à compreensão de fenômenos, ao enfrentamento de situações-problemas, à construção de argumentos e elaboração de propostas. Sendo assim, os exemplos acima permitem elaborar a hipótese que afirma ser mais importante aos alunos interpretar textos e aplicar os conhecimentos adquiridos durante o Ensino Médio, do que fazer cálculos matemáticos e decorar conceitos.

Quando comparamos os livros didáticos analisados neste trabalho e a prova do ENEM dos anos de 2009 a 2016, os livros A, B e C abordaram a maioria dos temas necessários para responder as questões do ENEM sobre genética e evolução. Os conteúdos que não foram apresentados por todos os livros, e que eram necessários para responder no ENEM, são herança de DNA mitocondrial e cloroplastidial, controle da expressão gênica e alterações cromossômicas, epigenética e alguns aspectos das aplicações da genética molecular.

Os temas de DNA mitocondrial e cloroplastidial foram tratados apenas no livro C, e foi abordado em quatro questões das 43 analisadas. Uma possibilidade é que esse tema seja abordado nos livros do 1º ano do EM, quando o conteúdo de organelas celulares é estudado, e por isso não apareça nos livros do 3º ano. Já o tema de epigenética, apesar de aparecer em somente uma questão da prova, foi tratado nos livros A e B, porém não no C. O assunto sobre teste de paternidade foi abordado pelo livro C da mesma forma em que apareceu nas provas do ENEM, inclusive com exercícios parecidos, como atividade ao fim do capítulo. Este assunto não foi abordado da mesma forma nos outros dois livros. No livro A, o tema apareceu na explicação do conteúdo do sistema ABO/Rh, mas não da forma de bandas de DNA, como este aparece nas questões do ENEM. Entretanto, no Manual do Professor, existe um exercício para ser ensinado nas escolas, porém o aluno dependerá do professor para que possa ver este exemplo.

Algumas atividades que poderiam estar relacionadas ao assunto de genética são as de Biologia Molecular, como replicação de DNA, transcrição e tradução. Entretanto, os livros trataram deste tema resumidamente quando explicavam o assunto de como eram inseridos genes em outros vetores, como bactérias. Por isso, as questões sobre biologia molecular não foram incluídas nessa análise, por tratarem-se de conteúdos do 1º ano do EM, principalmente. Entretanto, acredito que este tópico deveria ser revisado durante o último ano do Ensino Médio, por se tratar

de um assunto complexo e ajudar a interpretar os exercícios relacionados às aplicações genéticas.

Os três livros analisados apresentam um capítulo específico para tratar o tema das aplicações da genética molecular, como os transgênicos, clonagem, melhoramento genético, aconselhamento genético e outros temas atuais. Um dos critérios para a escolha do livro didático de Biologia, no PNLD de 2012 foi:

Possibilitar ao aluno a participação no debate de temas polêmicos contemporâneos que envolvem os conhecimentos da área de Biologia em articulação com outros saberes (filosófico, sociológico e outros), como o uso de transgênicos, clonagem, reprodução assistida entre outros assuntos, visando contribuir para que o aluno se posicione frente a essas questões e outras do seu dia a dia¹¹.

Já no PNLD de 2015, um dos critérios de escolha do livro era se “possibilita a participação no debates de temas contemporâneos que envolvam conhecimentos biológicos”¹². Estes critérios evidenciam o valor dos livros de tratarem esses temas atuais e contemporâneos, como as aplicações dos conhecimentos genéticos para melhoria de alimentos, tratamento de doenças, clonagens e entre outros assuntos abordados nos livros. Isto mostrou uma estreita relação entre os livros didáticos e a prova do ENEM, já que esta relação pode ser observada nos critérios de seleção dos LD, na Matriz de Referência do ENEM e nas questões analisadas, mostrando que há uma sintonia entre a seleção dos LD e a realização da prova, como era esperado por Leão e Megid-Neto (2006), e mencionado anteriormente.

O trabalho de Vieira et al. (2010), sobre os conteúdos de paleontologia em comparação com as provas do ENEM, evidenciou que os LD investigados não abordavam de forma adequada estes conteúdos. Os autores argumentam que é possível que este tema não seja devidamente explorado no LD porque não é um assunto muito recorrente nos exames vestibulares e ENEM. Este não é o caso para os conteúdos de genética e evolução, pois estão bem representados nas avaliações nacionais e nos livros didáticos também.

¹¹ Fonte: <http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/guia-do-livro-didatico/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-m%C3%A9dio>

¹² Fonte: <http://www.fnde.gov.br/programas/programas-do-livro/livro-didatico/guia-do-livro-didatico/item/5940-guia-pnld-2015>

5 Considerações Finais

Com esta pesquisa, observamos que o tema genética e evolução apareceu em todas as provas do ENEM analisadas, durante o período de 2009 a 2016. As questões analisadas apresentam contextualização com textos no enunciado para familiarizar o/a aluno/a ao conteúdo que será abordado na questão. Ademais, uma grande porcentagem das questões tratam de temas relacionados às aplicações dos conhecimentos de genética molecular, como transgênicos, clonagens, testes de DNA e outros temas, de acordo com o que foi proposto pela Matriz de Referência do ENEM na competência 8, habilidade 29.

Os livros didáticos analisados trataram da maioria dos temas referentes às questões do ENEM, mostrando uma sintonia entre a prova e o livro didático. Além disso, todos os livros continham um capítulo específico para tratar das aplicações dos conhecimentos de genética, o assunto mais abordado nas provas do ENEM. Alguns conteúdos, como biologia molecular e herança de DNA mitocondrial e cloroplastidial, podem ter sido abordados em outros livros da mesma coleção, porém não os do 3º ano do Ensino Médio que foram analisados neste trabalho.

Pudemos concluir que há uma sintonia entre os documentos que regulam a avaliação dos livros didáticos e os documentos que são responsáveis pela formulação das questões do ENEM. Apesar de observamos algumas incongruências ou lacunas nos conteúdos abordados nos livros didáticos, estes são de extrema importância na formação dos estudantes brasileiros por ser a única fonte de estudo da maioria dos estudantes e tratarem da maioria dos assuntos necessários à resolução da prova do ENEM, em relação aos conteúdos de genética e evolução.

Referências

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio**; volume 2 – Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília, Ministério da Educação/Secretaria de Educação Básica, 2006.

_____. Ministério da Educação e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Matriz de Referência para o ENEM 2009**. Brasília, Distrito Federal, 2009. 26p.

_____. **Guia de livros didáticos**: PNLD 2012: Biologia. Brasília, Ministério da Educação/Secretaria de Educação Básica, 2011.

_____. **Guia de livros didáticos**: PNLD 2015: Biologia. Brasília, Ministério da Educação/Secretaria de Educação Básica, 2014.

CASSIANO, Célia Cristina de Figueiredo. **O mercado do livro didático no Brasil: da criação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) à entrada do capital internacional espanhol (1985-2007)**. 2007. 252 f. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

CHOPPIN, Alain. O historiador e o livro escolar. FAE/UFPEL: **História da Educação**, n.11. p.1-28, 2002.

COSTA, Demétrio A. Sena; SILVA, D. C.; SILVA, Penha Souza. A percepção dos alunos do Ensino Médio sobre a interdisciplinaridade e a contextualização nas questões do ENEM. **Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências. Campinas: ABRAPEC**, 2011.

DALAPICOLLA, Jeronymo; DE ALMEIDA SILVA, Victor; FREGUGLIA MACHADO GARCIA, Junia. Evolução biológica como eixo integrador da biologia em livros didáticos do ensino médio. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 1, 2015.

DOS SANTOS, Julio Sergio; CORTELAZZO, Ângelo Luiz. Os conteúdos de biologia celular no Exame Nacional do Ensino Médio-ENEM. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, v. 18, n. 3, 2013.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **ENEM: documento básico**. Brasília, 2002.

JALOTO, Alexandre; MARTINS, Isabel. Sentidos de Contextualização no ENEM: uma análise de questões a partir da relação com a noção de contexto. **Revista SBENBio**, n. 7, p. 224-235, 2014.

LEÃO, F. B. F.; MEGID-NETO, J. Avaliações oficiais sobre o livro didático de Ciências. In: FRACALANZA, H.; MEGID-NETO, J. (orgs.) **O livro didático de Ciências no Brasil. 1. ed. Campinas: Editora Komedi**, 2006. p. 35-79.

MACENO, Nicole Glock; RITTER-PEREIRA, J.; MALDANER, O. A. & GUIMARÃES, O. M. A matriz de referência do Enem 2009 e o desafio de recriar o currículo de química na educação básica. **Química nova na escola**, v. 33, n. 3, p. 153-159, 2011.

MIRANDA, Elisangela Matias; ALVES, Alini Roberta; MACHADO, Maria Luiza. ENEM 2009: articulações entre CTS, interdisciplinaridade e contextualização evidenciadas nas questões das Ciências da Natureza. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, VIII, 2011.

SILVEIRA, Fernando Lang da; BARBOSA, Marcia Cristina Bernardes; SILVA, Roberto da. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): uma análise crítica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 1101, 2015.

VASCONCELOS, Simão Dias; SOUTO, Emanuel. O livro didático de ciências no ensino fundamental—proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003.

VIEIRA, Fabiana Silva; ZUCON, Maria Helena; SANTANA, W. dos S. Análise dos conteúdos de paleontologia nos livros didáticos de biologia e nas provas de vestibular da UFS e do ENEM. **EDUCON Colóq. Intern. Educação e Contemporaneidade**, v. 4, n. 2010, p. 1-10, 2010.

VIGGIANO, Esdras; MATTOS, Cristiano. O desempenho de estudantes no Enem 2010 em diferentes regiões brasileiras. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 94, n. 237, 2013.

ZAMBERLAN, Edmara Silvana Joia; RODRIGUES DA SILVA, Marcos. O ensino de Evolução Biológica e sua abordagem em livros didáticos. **Educação & Realidade**, v. 37, n. 1, 2012.

ANEXOS

Anexo A

Enem 2009 – Aplicação única

Questão 4

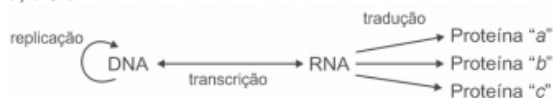
Em um experimento, preparou-se um conjunto de plantas por técnica de clonagem a partir de uma planta original que apresentava folhas verdes. Esse conjunto foi dividido em dois grupos, que foram tratados de maneira idêntica, com exceção das condições de iluminação, sendo um grupo exposto a ciclos de iluminação 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.

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

Questão 7

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).

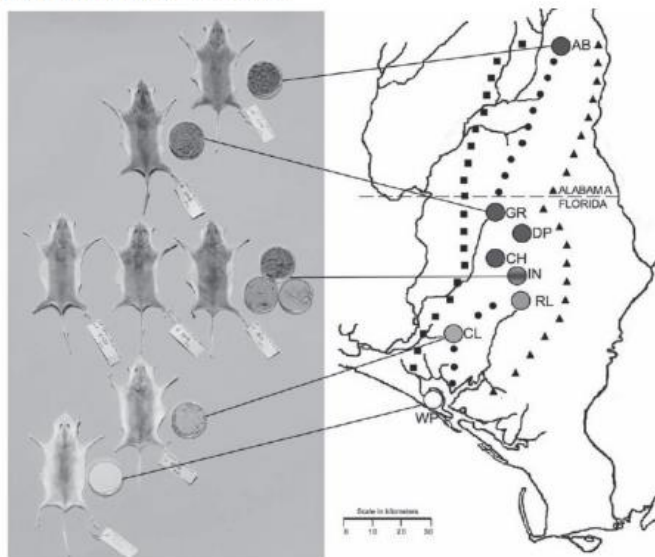
A produção de insulina pela técnica do DNA recombinante tem, como consequência,

- 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.

Enem 2009 – Aplicação Única

Questão 33

Os ratos *Peromyscus polionotus* encontram-se distribuídos em ampla região na América do Norte. A pelagem de ratos dessa espécie varia do marrom claro até o escuro, sendo que os ratos de uma mesma população têm coloração muito semelhante. Em geral, a coloração da pelagem também é muito parecida à cor do solo da região em que se encontram, que também apresenta a mesma variação de cor, distribuída ao longo de um gradiente sul-norte. Na figura, encontram-se representadas sete diferentes populações de *P. polionotus*. Cada população é representada pela pelagem do rato, por uma amostra de solo e por sua posição geográfica no mapa.



MULLEN, L. M.; HOEKSTRA, H. E. Natural selection along an environmental gradient: a classic cline in mouse pigmentation. *Evolution*, 2008.

O mecanismo evolutivo envolvido na associação entre cores de pelagem e de substrato é

- A a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.
- B o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.
- C a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.
- D a mutação genética, que, em certos ambientes, como os de solo mais escuro, têm maior ocorrência e capacidade de alterar significativamente a cor da pelagem dos animais.
- E a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.

Questão 41

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 DNAm, 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 DNAm.
- 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.

ENEM 2010 – 1ª Aplicação

Questão 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.

ENEM 2010 – 2ª Aplicação

Questão 68

Experimentos realizados no século XX demonstraram que hormônios femininos e mediadores químicos atuam no comportamento materno de determinados animais, como cachorros, gatos e ratos, reduzindo o medo e a ansiedade, o que proporciona maior habilidade de orientação espacial. Por essa razão, as fêmeas desses animais abandonam a prole momentaneamente, a fim de encontrar alimentos, o que ocorre com facilidade e rapidez. Ainda, são capazes de encontrar rapidamente o caminho de volta para proteger os filhotes.

VARELLA, D. *Borboletas da alma: escritos sobre ciência e saúde*.
Companhia das Letras, 2006 (adaptado).

Considerando a situação descrita sob o ponto de vista da hereditariedade e da evolução biológica, o comportamento materno decorrente da ação das substâncias citadas é

- A** transmitido de geração a geração, sendo que indivíduos portadores dessas características terão mais chance de sobreviver e deixar descendentes com as mesmas características.
- B** transmitido em intervalos de gerações, alternando descendentes machos e fêmeas, ou seja, em uma geração recebem a característica apenas os machos e, na outra geração, apenas as fêmeas.
- C** determinado pela ação direta do ambiente sobre a fêmea quando ela está no período gestacional, portanto todos os descendentes receberão as características.
- D** determinado pelas fêmeas, na medida em que elas transmitem o material genético necessário à produção de hormônios e dos mediadores químicos para sua prole de fêmeas, durante o período gestacional.
- E** determinado após a fecundação, pois os espermatozoides dos machos transmitem as características para a prole e, ao nascerem, os indivíduos são selecionados pela ação do ambiente.

ENEM 2011 – 1ª Aplicação

QUESTÃO 65

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, a 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.

QUESTÃO 68

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.

ENEM 2011 – 2ª Aplicação

QUESTÃO 46

Os materiais radioativos emitem diferentes tipos de radiação. A radiação gama, por exemplo, por sua alta energia e penetração, consegue remover elétrons dos átomos dos tecidos internos e romper ligações químicas por ionização, podendo causar mutação no DNA. Já as partículas beta têm o mesmo efeito ionizante, mas atuam sobre as células da pele.

RODRIGUES JR., A. A. O que é radiação? E contaminação radioativa? Vamos esclarecer. Física na Escola. V. 8, nº 2, 2007. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física (adaptado).

Segundo o texto, um indivíduo irradiado por uma fonte radioativa é exposto ao risco de

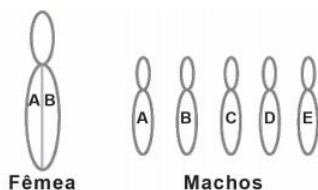
- A transformar-se em um corpo radioativo.
- B absorver a radiação e armazená-la.
- C emitir radiação e contaminar outras pessoas.
- D sofrer alterações gênicas e desenvolver câncer.
- E transportar a radiação e contaminar outros ambientes.

QUESTÃO 54

Em abelhas, *Apis mellifera*, os ovos não fertilizados originam machos haploides. Experimentos em laboratório têm obtido machos diploides e demonstram que os machos têm de ser homocigotos para um gene, enquanto as fêmeas têm de ser heterocigotas.

Disponível em: <http://www.nature.com> (adaptado).

Supondo que uma fêmea com genótipo AB se acasale com cinco machos com genótipos diferentes A, B, C, D e E, conforme o esquema. Qual a porcentagem de machos na prole desta fêmea?



- A 40%, pois a fêmea teria descendentes machos apenas nos cruzamentos com os machos A e B.
- B 20%, pois a fêmea produz dois tipos de gameta com relação a esse gene, e os machos, cinco tipos no total.
- C 20%, pois a fêmea produz um tipo de gameta com relação a esse gene, e os machos, cinco tipos no total.
- D 50%, pois a fêmea produz dois tipos de gametas com relação a esse gene, e os machos, um tipo.
- E 50%, pois a fêmea produz um tipo de gameta com relação a esse gene, e os machos, cinco tipos.

QUESTÃO 89

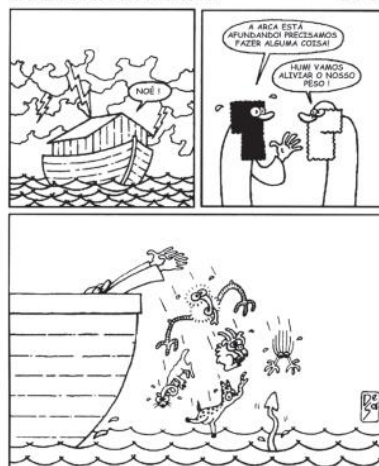
A tecnologia do DNA recombinante tem sido utilizada na produção animal, vegetal e microbiana para a obtenção de substâncias usadas, por exemplo, no processamento de alimentos e na produção de medicamentos.

As bactérias são os organismos mais comumente utilizados nessa técnica, pois apresentam uma série de características propícias para essa tecnologia, como o

- A cromossomo linear e a reprodução via cissiparidade.
- B cromossomo circular e a reprodução assexuada do tipo bipartição.
- C cromossomo circular associado com histonas e a reprodução via meiose.
- D cromossomo circular isolado por uma membrana e a reprodução assexuada.
- E cromossomo linear isolado por uma membrana e a reprodução assexuada.

QUESTÃO 67

BANZÉ NA ARCA DE NOÉ De Sá



Revista Mad. Nº 68, 1980.

O ser humano é responsável pela seleção de características, por exemplo, tipo e cor da pelagem dos animais domésticos, muitas das quais não eram observadas nos indivíduos selvagens das espécies. Cientistas das universidades de Uppsala (Suécia) e Durham (Reino Unido) explicam que o homem selecionou de forma ativa e proposital os animais domésticos com pelagens curiosas.

Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br>. Acesso em: 7 abr. 2010 (adaptado).

A partir de suportes diferentes, os quadrinhos e o texto apresentado abordam o mesmo tema, que se refere à seleção

- A natural.
- B direcional.
- C artificial.
- D estabilizadora.
- E cromatográfica.

QUESTÃO 74

A recapitulação é uma ideia audaciosa e influente, associada especialmente a Ernst Haeckel. Segundo a teoria da recapitulação, as fases de desenvolvimento de um organismo (ontogenia) correspondem à história de sua espécie (filogenia). A aparência transitória de estruturas semelhantes a fendas branquiais no desenvolvimento de humanos e outros mamíferos é um exemplo notável. Os mamíferos evoluíram de um estágio ancestral de peixe e suas fendas branquiais embrionárias recapitulam tal ancestralidade.

REDLEY, M. Evolução. Porto Alegre: Artmed, 2006 (adaptado).

Com base nos pressupostos da teoria da recapitulação, a assertiva que melhor a resume é:

- A "A ontogenia recapitula a filogenia".
- B "A vida recapitula a morte dos antepassados".
- C "A teoria da vida recapitula a história da vida".
- D "A aparência transitória é um exemplo notável".
- E "A ontogenia consiste na formação das brânquias dos peixes".

ENEM 2012 – 1ª Aplicação

QUESTÃO 48

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.

QUESTÃO 65

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.

QUESTÃO 62

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 habitat aquático.
- D impedir a interação biológica entre as espécies parentais.
- E produzir descendentes com o código genético modificado.

ENEM 2012 – 2ª Aplicação

QUESTÃO 51

Charles R. Darwin (1809-1882) apresentou em 1859, no livro *A origem das espécies*, suas ideias a respeito dos mecanismos de evolução pelo processo da seleção natural. Ao elaborar a Teoria da Evolução, Darwin não conseguiu obter algumas respostas aos seus questionamentos.

O que esse autor não conseguiu demonstrar em sua teoria?

- A A sobrevivência dos mais aptos.
- B A origem das variações entre os indivíduos.
- C O crescimento exponencial das populações.
- D A herança das características dos pais pelos filhos.
- E A existência de características diversas nos seres da mesma espécie.

QUESTÃO 68

Após a redescoberta do trabalho de Gregor Mendel, vários experimentos buscaram testar a universalidade de suas leis. Suponha um desses experimentos, realizado em um mesmo ambiente, em que uma planta de linhagem pura com baixa estatura (0,6 m) foi cruzada com uma planta de linhagem pura de alta estatura (1,0 m). Na prole (F1) todas as plantas apresentaram estatura de 0,8 m. Porém, na F2 (F1 × F1) os pesquisadores encontraram os dados a seguir.

Altura da planta (em metros)	Proporção da prole
1,0	63
0,9	245
0,8	375
0,7	255
0,6	62
Total	1 000

Os pesquisadores chegaram à conclusão, a partir da observação da prole, que a altura nessa planta é uma característica que

- A não segue as leis de Mendel.
- B não é herdada e, sim, ambiental.
- C apresenta herança mitocondrial.
- D é definida por mais de um gene.
- E é definida por um gene com vários alelos.

ENEM 2013 – 1ª Aplicação

QUESTÃO 62

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 Reticulo endoplasmático.

QUESTÃO 88

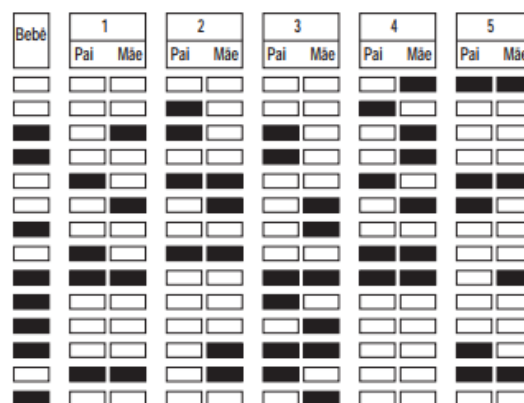
Para a identificação de um rapaz vítima de acidente, fragmentos de tecidos foram retirados e submetidos à extração de DNA nuclear, para comparação com o DNA disponível dos possíveis familiares (pai, avô materno, avó materna, filho e filha). Como o teste com o DNA nuclear não foi conclusivo, os peritos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

QUESTÃO 70

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.



Que casal pode ser considerado como pais biológicos do bebê?

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

ENEM 2013 – 2ª Aplicação

QUESTÃO 50

Lobos da espécie *Canis lycaon*, do leste dos Estados Unidos, estão intercruzando com coiotes (*Canis latrans*). Além disso, indivíduos presentes na borda oeste da área de distribuição de *C. lycaon* estão se acasalando também com lobos cinzentos (*Canis lupus*). Todos esses cruzamentos têm gerado descendentes férteis.

Scientific American Brasil, Rio de Janeiro, ano II, 2011 (adaptado).

Os animais descritos foram classificados como espécies distintas no século XVIII. No entanto, aplicando-se o conceito biológico de espécie, proposto por Ernst Mayr em 1942, e ainda muito usado hoje em dia, esse fato não se confirma, porque

- A** esses animais são morfologicamente muito semelhantes.
- B** o fluxo gênico entre as três populações é mantido.
- C** apresentam nichos ecológicos muito parecidos.
- D** todos têm o mesmo ancestral comum.
- E** pertencem ao mesmo gênero.

QUESTÃO 59

A mosca *Drosophila*, conhecida como mosca-das-frutas, é bastante estudada no meio acadêmico pelos geneticistas. Dois caracteres estão entre os mais estudados: tamanho da asa e cor do corpo, cada um condicionado por gene autossômico. Em se tratando do tamanho da asa, a característica asa vestigial é recessiva e a característica asa longa, dominante. Em relação à cor do indivíduo, a coloração cinza é recessiva e a cor preta, dominante.

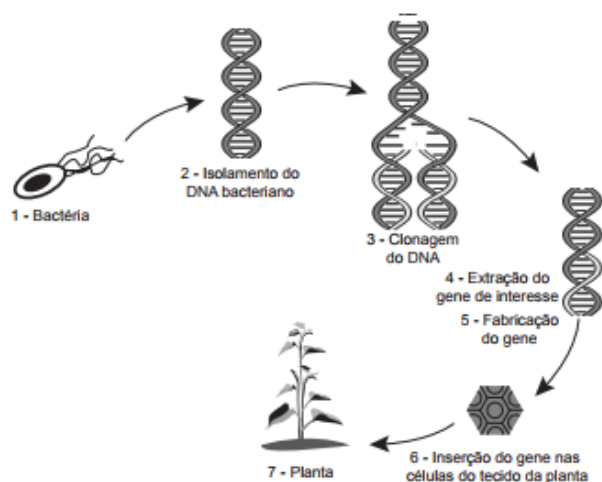
Em um experimento, foi realizado um cruzamento entre indivíduos heterozigotos para os dois caracteres, do qual foram geradas 288 moscas. Dessas, qual é a quantidade esperada de moscas que apresentam o mesmo fenótipo dos indivíduos parentais?

- A** 288
- B** 162
- C** 108
- D** 72
- E** 54

ENEM 2014 – 1ª Aplicação

QUESTÃO 69

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.uol.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.

QUESTÃO 73

Segundo a teoria evolutiva mais aceita hoje, as mitocôndrias, organelas celulares responsáveis pela produção de ATP em células eucariotas, assim como os cloroplastos, teriam sido originados de procariontes ancestrais que foram incorporados por células mais complexas.

Uma característica da mitocôndria que sustenta essa teoria é a

- A capacidade de produzir moléculas de ATP.
- B presença de parede celular semelhante à de procariontes.
- C presença de membranas envolvendo e separando a matriz mitocondrial do citoplasma.
- D capacidade de autoduplicação dada por DNA circular próprio semelhante ao bacteriano.
- E presença de um sistema enzimático eficiente às reações químicas do metabolismo aeróbio.

QUESTÃO 74



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.

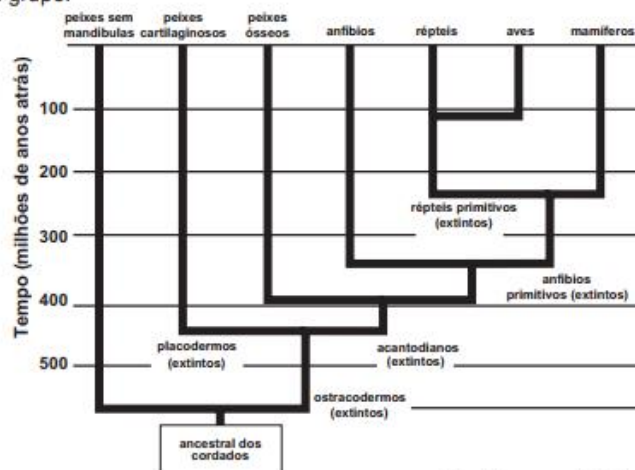
Qual é o padrão de herança observado para essa doença?

- 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.

ENEM 2014 – 2ª Aplicação

QUESTÃO 49

A classificação dos seres vivos permite a compreensão das relações evolutivas entre eles. O esquema representa a história evolutiva de um grupo.



Disponível em: www.sobiologia.com.br. Acesso em: 22 jan. 2012 (adaptado).

Os animais representados nesse esquema pertencem ao filo dos cordados, porque

- A** possuem ancestrais que já foram extintos.
- B** surgiram há mais de 500 milhões de anos.
- C** evoluíram a partir de um ancestral comum.
- D** deram origem aos grupos de mamíferos atuais.
- E** vivem no ambiente aquático em alguma fase da vida.

QUESTÃO 68

Antes de técnicas modernas de determinação de paternidade por exame de DNA, o sistema de determinação sanguínea ABO foi amplamente utilizado como ferramenta para excluir possíveis pais. Embora restrito à análise fenotípica, era possível concluir a exclusão de genótipos também. Considere que uma mulher teve um filho cuja paternidade estava sendo contestada. A análise do sangue revelou que ela era tipo sanguíneo AB e o filho, tipo sanguíneo B.

O genótipo do homem, pelo sistema ABO, que exclui a possibilidade de paternidade desse filho é

- A** $I^A I^A$.
- B** $I^A i$.
- C** $I^B I^B$.
- D** $I^B i$.
- E** ii.

ENEM 2015 – 1ª Aplicação

QUESTÃO 54 ◇◇◇◇◇

Um importante princípio da biologia, relacionado à transmissão de caracteres e à embriogênese humana, foi quebrado com a descoberta do microquimerismo fetal. Microquimerismo é o nome dado ao fenômeno biológico referente a uma pequena população de células ou DNA presente em um indivíduo, mas derivada de um organismo geneticamente distinto. Investigando-se a presença do cromossomo Y, foi revelado que diversos tecidos de mulheres continham células masculinas. A análise do histórico médico revelou uma correlação extremamente curiosa: apenas as mulheres que antes tiveram filhos homens apresentaram microquimerismo masculino. Essa correlação levou à interpretação de que existe uma troca natural entre células do feto e maternas durante a gravidez.

MUOTRI, A. Você não é só você: carregamos células maternas na maioria de nossos órgãos. Disponível em: <http://g1.globo.com>. Acesso em: 4 dez. 2012 (adaptado).

O princípio contestado com essa descoberta, relacionado ao desenvolvimento do corpo humano, é o de que

- A** o fenótipo das nossas células pode mudar por influência do meio ambiente.
- B** a dominância genética determina a expressão de alguns genes.
- C** as mutações genéticas introduzem variabilidade no genoma.
- D** as mitocôndrias e o seu DNA provêm do gameta materno.
- E** as nossas células corporais provêm de um único zigoto.

QUESTÃO 74 ◇◇◇◇◇

A palavra "biotecnologia" surgiu no século XX, quando o cientista Herbert Boyer introduziu a informação responsável pela fabricação da insulina humana em uma bactéria, para que ela passasse a produzir a substância.

Disponível em: www.brasil.gov.br. Acesso em: 28 jul. 2012 (adaptado).

As bactérias modificadas por Herbert Boyer passaram a produzir insulina humana porque receberam

- A** a sequência de DNA codificante de insulina humana.
- B** a proteína sintetizada por células humanas.
- C** um RNA recombinante de insulina humana.
- D** o RNA mensageiro de insulina humana.
- E** um cromossomo da espécie humana.

QUESTÃO 56 ◇◇◇◇◇

Algumas raças de cães domésticos não conseguem copular entre si devido à grande diferença em seus tamanhos corporais. Ainda assim, tal dificuldade reprodutiva não ocasiona a formação de novas espécies (especiação).

Essa especiação não ocorre devido ao(à)

- A** oscilação genética das raças.
- B** convergência adaptativa das raças.
- C** isolamento geográfico entre as raças.
- D** seleção natural que ocorre entre as raças.
- E** manutenção do fluxo gênico entre as raças.

QUESTÃO 66 ◇◇◇◇◇

A cariotipagem é um método que analisa células de um indivíduo para determinar seu padrão cromossômico. Essa técnica consiste na montagem fotográfica, em sequência, dos pares de cromossomos e permite identificar um indivíduo normal (46, XX ou 46, XY) ou com alguma alteração cromossômica. A investigação do cariótipo de uma criança do sexo masculino com alterações morfológicas e comprometimento cognitivo verificou que ela apresentava fórmula cariotípica 47, XY, +18.

A alteração cromossômica da criança pode ser classificada como

- A** estrutural, do tipo deleção.
- B** numérica, do tipo euploidia.
- C** numérica, do tipo poliploidia.
- D** estrutural, do tipo duplicação.
- E** numérica, do tipo aneuploidia.

QUESTÃO 87 ◇◇◇◇◇

O formato das células de organismos pluricelulares é extremamente variado. Existem células discoides, como é o caso das hemácias, as que lembram uma estrela, como os neurônios, e ainda algumas alongadas, como as musculares.

Em um mesmo organismo, a diferenciação dessas células ocorre por

- A** produzirem mutações específicas.
- B** possuírem DNA mitocondrial diferentes.
- C** apresentarem conjunto de genes distintos.
- D** expressarem porções distintas do genoma.
- E** terem um número distinto de cromossomos.

ENEM 2015 – 2ª Aplicação

QUESTÃO 83

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.

ENEM 2016 – 1ª Aplicação

QUESTÃO 83

O Brasil possui um grande número de espécies distintas entre animais, vegetais e microrganismos envolvidos em uma imensa complexidade e distribuídas em uma grande variedade de ecossistemas.

SANDES, A. R. R.; BLASI, G. Biodiversidade e diversidade química e genética. Disponível em: <http://novastecnologias.com.br>. Acesso em: 22 set. 2015 (adaptado).

O incremento da variabilidade ocorre em razão da permuta genética, a qual propicia a troca de segmentos entre cromátides não irmãs na meiose.

Essa troca de segmentos é determinante na

- A** produção de indivíduos mais férteis.
- B** transmissão de novas características adquiridas.
- C** recombinação genética na formação dos gametas.
- D** ocorrência de mutações somáticas nos descendentes.
- E** variação do número de cromossomos característico da espécie.

QUESTÃO 90

Apesar da grande diversidade biológica, a hipótese de que a vida na Terra tenha tido uma única origem comum é aceita pela comunidade científica. Uma evidência que apoia essa hipótese é a observação de processos biológicos comuns a todos os seres vivos atualmente existentes.

Um exemplo de tal processo é o(a)

- A** desenvolvimento embrionário.
- B** reprodução sexuada.
- C** respiração aeróbica.
- D** excreção urinária.
- E** síntese proteica.

ENEM 2016 – 2ª Aplicação

QUESTAO 50

Um jovem suspeita que não é filho biológico de seus pais, pois descobriu que o seu tipo sanguíneo é O Rh negativo, o de sua mãe é B Rh positivo e de seu pai é A Rh positivo.

A condição genotípica que possibilita que ele seja realmente filho biológico de seus pais é que

- A** o pai e a mãe sejam heterozigotos para o sistema sanguíneo ABO e para o fator Rh.
- B** o pai e a mãe sejam heterozigotos para o sistema sanguíneo ABO e homozigotos para o fator Rh.
- C** o pai seja homozigoto para as duas características e a mãe heterozigota para as duas características.
- D** o pai seja homozigoto para as duas características e a mãe heterozigota para o sistema ABO e homozigota para o fator Rh.
- E** o pai seja homozigoto para o sistema ABO e heterozigoto para o fator Rh e a mãe homozigota para as duas características.

QUESTÃO 74

Darwin, em viagem às Ilhas Galápagos, observou que os tentilhões apresentavam bicos com formatos diferentes em cada ilha, de acordo com o tipo de alimentação disponível. Lamarck, ao explicar que o pescoço da girafa teria esticado para colher folhas e frutos no alto das árvores, elaborou ideias importantes sobre a evolução dos seres vivos.

O texto aponta que uma ideia comum às teorias da evolução, propostas por Darwin e por Lamarck, refere-se à interação entre os organismos e seus ambientes, que é denominada de

- A** mutação.
- B** adaptação.
- C** seleção natural.
- D** recombinação gênica.
- E** variabilidade genética.

QUESTÃO 79

Em um hospital, acidentalmente, uma funcionária ficou exposta a alta quantidade de radiação liberada por um aparelho de raios X em funcionamento. Posteriormente, ela engravidou e seu filho nasceu com grave anemia. Foi verificado que a criança apresentava a doença devido à exposição anterior da mãe à radiação.

O que justifica, nesse caso, o aparecimento da anemia na criança?

- A** A célula-ovo sofreu uma alteração genética.
- B** As células somáticas da mãe sofreram uma mutação.
- C** A célula gamética materna que foi fecundada sofreu uma mutação.
- D** As hemácias da mãe que foram transmitidas à criança não eram normais.
- E** As células hematopoiéticas sofreram alteração do número de cromossomos.

ENEM 2016 – 3ª Aplicação

QUESTÃO 60

Nem sempre é seguro colocar vírus inteiros numa vacina. Alguns são tão perigosos que os cientistas preferem usar só um de seus genes – aquele que fabrica o antígeno, proteína que é reconhecida pelas células de defesa. Uma dessas vacinas de alta tecnologia é a anti-hepatite B. Um gene do vírus é emendado ao DNA de um fungo inofensivo, que passa, então, a produzir uma substância que é injetada no corpo humano.

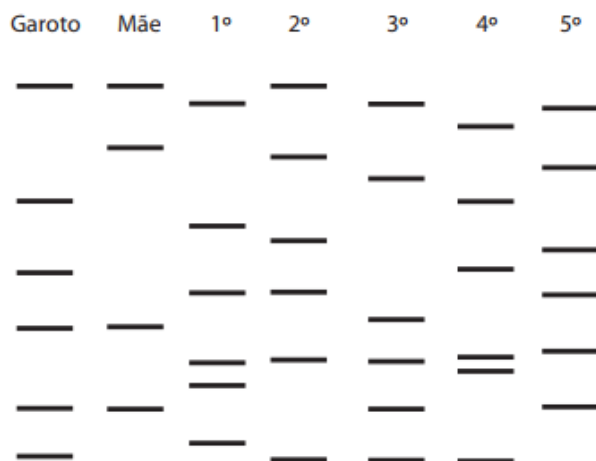
Vírus: guerra silenciosa. *Superinteressante*, n. 143, ago. 1999 (adaptado).

A função dessa substância, produzida pelo fungo, no organismo humano é

- A** neutralizar proteínas virais.
- B** interromper a ação das toxinas.
- C** ligar-se ao patógeno já instalado.
- D** reconhecer substâncias estranhas.
- E** desencadear a produção de anticorpos.

QUESTÃO 85

Para verificar a eficácia do teste de DNA na determinação de paternidade, cinco voluntários, dentre eles o pai biológico de um garoto, cederam amostras biológicas para a realização desse teste. A figura mostra o resultado obtido após a identificação dos fragmentos de DNA de cada um deles.



OLIVEIRA, F. B.; SILVEIRA, R. M. V. O teste de DNA na sala de aula: é possível ensinar biologia a partir de temas atuais. *Revista Genética na Escola*, abr. 2010.

Após a análise das bandas de DNA, pode-se concluir que o pai biológico do garoto é o

- A** 1º voluntário.
- B** 2º voluntário.
- C** 3º voluntário.
- D** 4º voluntário.
- E** 5º voluntário.

QUESTÃO 80

Os indivíduos de uma população de uma pequena cidade, fundada por uma família de europeus, são, frequentemente, frutos de casamentos consanguíneos. Grande parte dos grupos familiares dessa localidade apresenta membros acometidos por uma doença rara, identificada por fraqueza muscular progressiva, com início aos 30 anos de idade. Em famílias com presença dessa doença, quando os pais são saudáveis, somente os filhos do sexo masculino podem ser afetados. Mas em famílias cujo pai é acometido pela doença e a mãe é portadora do gene, 50% da descendência, independentemente do sexo, é afetada.

Considerando as características populacionais, o sexo e a proporção dos indivíduos afetados, qual é o tipo de herança da doença descrita no texto?

- A** Recessiva, ligada ao cromossomo X.
- B** Dominante, ligada ao cromossomo X.
- C** Recessiva, ligada ao cromossomo Y.
- D** Recessiva autossômica.
- E** Dominante autossômica.