

Código Genético: uma análise das concepções dos alunos do Ensino Médio

Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira

Colégio Móbile, São Paulo, SP

Autor para correspondência – esquecidoponto@gmail.com

Palavras-chave: concepções alternativas, biologia molecular, código genético, ensino médio

O relato apresenta uma questão utilizada em uma aula de Biologia do Ensino Médio que permite reconhecer as concepções dos alunos sobre “código genético”. As respostas dos estudantes sugerem que existe uma confusão desse conceito com o de genoma e com o de material genético.

A IMPORTÂNCIA DE CONHECER AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS

Um procedimento importante na atividade do docente é fazer um levantamento do que seus alunos já sabem sobre o assunto que será estudado, pois é a partir dessas concepções prévias que o conhecimento será construído. O planejamento de uma sequência didática deveria, de alguma forma, considerar essas concepções prévias, de modo a provocar uma negociação entre as ideias que os alunos possuem com a concepção científica do fenômeno.

O objetivo deste trabalho foi investigar, usando uma questão especificamente desenhada para isso, as concepções dos estudantes sobre “código genético”, após uma sequência didática sobre Biologia Molecular. A investigação dessas concepções pode contribuir para que professores de Biologia do Ensino Médio possam planejar intervenções didáticas que sejam mais efetivas em aproximar as ideias dos alunos dos conhecimentos científicos.

CONTEXTO

O levantamento foi realizado a partir das respostas dos alunos para uma questão presente em uma avaliação da disciplina de Biologia

do 1º ano do Ensino Médio de uma escola particular da cidade de São Paulo, SP. Vale ressaltar que os conteúdos avaliados de Biologia Molecular já haviam sido tratados com os alunos ao longo das aulas.

A QUESTÃO UTILIZADA

Um pesquisador observou, em uma mesma árvore, 5 ninhos de uma espécie de garça. Um filhote foi despejado de um desses ninhos, pois apresentava uma coloração atípica de penas. O pesquisador ficou interessado em estudar o gene que produzia essa outra coloração nas garças. Para isso, precisaria identificar o casal que produziu esse filhote e, posteriormente, tentar identificar o gene responsável.

Casal 1 M F	Casal 2 M F	Casal 3 M F	Casal 4 M F	Casal 5 M F	Filhote
<input type="checkbox"/> <input 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 checked="" type="checkbox"/> <input 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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" 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 checked="" 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 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 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 checked="" 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 checked="" 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 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 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 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 type="checkbox"/>
<input checked="" 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 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 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 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 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 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 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 type="checkbox"/>	<input checked="" 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 type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

a. A partir da análise do padrão de bandas dos 5 casais (M - macho e F - fêmea) e do filhote, qual seria a família dele?

b. Podemos afirmar que o filhote apresenta um código genético diferente dos demais indivíduos estudados? Justifique.

AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS

A maior parte dos alunos acertou o primeiro item dessa questão ao afirmar que o filhote é do casal 4. No entanto, o segundo item apresentou um elevado número de respostas equivocadas que, no entanto, revelam alguns aspectos importantes sobre o que os alunos concebem como “código genético”.



A definição desse conceito é amplamente encontrada em livros didáticos. Em textos de divulgação científica, inclusive, é possível ter acesso ao processo de construção desse conceito. Um exemplo disso é o texto “Vida é Informação” presente no blog de Jerry Borges, “Por dentro das células”, no portal Ciência Hoje ([veja link aqui](#)).

No contexto da questão apresentada, pode-se afirmar que o código genético é a relação entre as trincas de nucleotídeos do RNA mensageiro e os aminoácidos correspondentes na proteína sintetizada pelo ribossomo. Dessa forma, o filhote compartilha o mesmo

código genético com os demais indivíduos da espécie e, inclusive, com o de outras espécies de animais, plantas, fungos e bactérias.

Algumas respostas corretas apresentaram a universalidade do código genético como justificativa da questão:

“O código genético é universal para todos os seres vivos e, por isso, a afirmação está errada.” (aluno 1)

“Não podemos afirmar que o filhote apresenta um código genético diferente, pois o código genético é universal para todos os indivíduos.” (aluno 2)

Apesar de pequenas variações no código genético já terem sido identificadas no DNA mitocondrial e em algumas espécies de bactérias, fungos e algas, a universalidade do código genético é algo bastante mencionado no currículo do Ensino Médio, pois permite desenvolver alguns conceitos estruturantes da Biologia.

A universalidade do código, por exemplo, é fundamental para a compreensão da ancestralidade comum de todos os seres vivos. Quando aspectos da Evolução são trabalhados, é possível retomar o conceito de código genético e discutir se essas espécies que possuem uma variante do código genético surgiram de modo independente ou derivam do código genético “padrão”.

CÓDIGO GENÉTICO X GENOMA

Em relação às respostas dos alunos 1 e 2, consideradas corretas, não é possível afirmar, com certeza, se o mesmo conceito de código genético é compartilhado pelos dois estudantes. O aluno 1 explicita que o código genético não difere entre espécies. Já o aluno 2 não deixa claro se o código genético é comum apenas para os indivíduos de uma mesma espécie.

Esse possível equívoco contido no segundo item da questão fica evidente nas afirmações de outros alunos:

“Não podemos afirmar isso, pois apesar de seu material genético ser diferente, o seu código genético é o mesmo dos demais indivíduos da mesma espécie.” (aluno 3)

“Não, já que todas garças tem o mesmo código genético.” (aluno 4)

“Não, pois por pertencerem a mesma espécie, eles possuem o mesmo código genético.” (aluno 5)

“Não, pois todos os indivíduos dessa espécie compartilham um mesmo código genético, portanto essa afirmação está errada, já que se ele tivesse um código genético diferente, ele seria de outra espécie.” (aluno 6)

Essas respostas explicitam uma confusão muito frequente entre “código genético” e “genoma”. Genoma é toda a informação genética contida na célula gamética de uma espécie, informação que é caracterizada pela sequência de nucleotídeos do material genético. Assim sendo, todos os indivíduos de uma mesma espécie possuem o mesmo genoma.

CONFUSÃO TAMBÉM NA MÍDIA

A confusão apresentada pelos alunos também é muito recorrente nos meios de comunicação, especialmente quando noticiam trabalhos científicos que envolvem a busca de sequências completas de DNA:

“Até agora, ela [a EMBRAPA] sequenciou o **código genético** da teia produzida por uma espécie [de aranha] da mata atlântica.” – Jornal “Folha de S. Paulo” de 9 de setembro de 2004.

“Descoberta do **código genético** da batata permitirá criar novas variedades” – Jornal “O Estado de São Paulo” de 11 de julho de 2011.

“Pesquisa consegue mapear **código genético** de equino que viveu há 700 mil anos” – Jornal “O Globo” de 27 de junho de 2013.

Nesses exemplos, para se referir à ordem dos nucleotídeos do DNA comum a todos os indivíduos de determinada espécie, o termo “código genético” é utilizado de modo equivocado. Já nos exemplos a seguir, o termo “genoma” foi empregado de modo adequado pelos meios de comunicação:

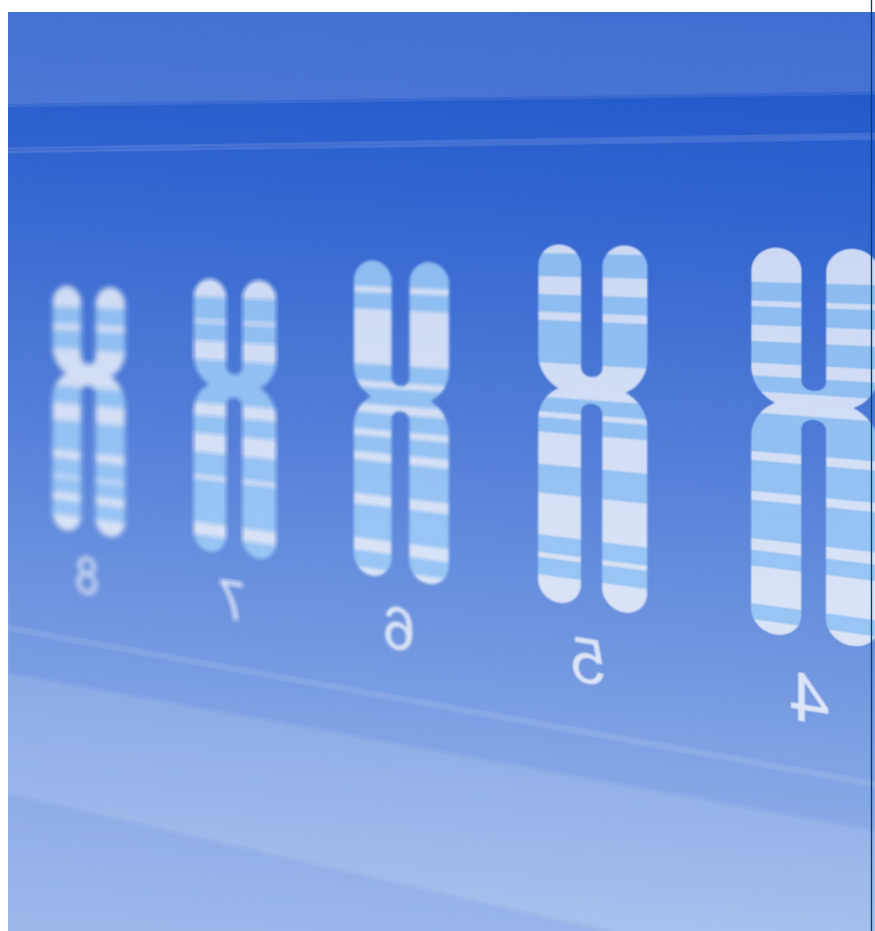
“Cientistas apresentam **genoma** completo de palmeira do dendê” – Jornal “Folha de S. Paulo” de 25 de julho de 2013.

“Biólogos fazem ‘vaquinha’ para decifrar **genoma** do mexilhão dourado” – Jornal “O Estado de São Paulo” de 7 de junho de 2013.

“Cientistas revelam **genoma** de invertebrado e descobrem que é bem parecido com o de humanos” – Jornal “O Globo” de 16 de agosto de 2013.

Goldbach e El-Hani (2008), ao citar a pesquisa de Weigmann (2004), sugerem que a confusão entre código genético e genoma, tão presente atualmente, surge logo no início da Biologia Molecular:

Esta autora [Weigmann] destaca que a origem da ideia de “código”, em referência à sequência de DNA, se encontra no famoso livro “What is life?” (1944), de Schrödinger, a partir de sua descrição do material genético como um cristal aperiódico. Em um dos artigos clássicos em que apresentam seu modelo da estrutura do DNA, Watson e Crick (1953, p. 737) utilizam esta mesma metáfora quando afirmam que “é na precisa sequência de bases que se encontra o código que carrega a informação genética”. Até os nossos dias, quando se pensa em



bases moleculares da herança, a metáfora do “código”, intimamente relacionada à concepção informacional do gene, vem logo à mente. Esta visão foi complementada pela decifração ou “decodificação” do código genético, na década de 1960.

CÓDIGO GENÉTICO X MATERIAL GENÉTICO

Um último grupo de respostas dos estudantes evidencia o uso equivocado do termo código genético para fazer referência ao material do indivíduo:

“Sim, pois cada indivíduo possui o próprio código genético.” (aluno 7)

“Sim, é possível fazer essa afirmação, já que o código genético é diferente para cada indivíduo.” (aluno 8)

“Sim, visto que se a coloração dele é diferente, o código genético também será.” (aluno 9)

“O filhote apresenta um código genético diferente dos demais indivíduos sim, pois ele possui uma coloração diferenciada, provando que seu DNA é diferente até do DNA dos pais. E como não apresenta a mesma

coloração de outros casais também, seu código genético é sim diferente.” (aluno 10)

Nesses dois últimos exemplos, podemos ainda perceber que o material genético só é diferenciado se o fenótipo diferir também. Já os exemplos anteriores sugerem que, independente do fenótipo dos indivíduos, cada um possui um material genético exclusivo. Concepção similar já foi detectada em entrevista de alunos do 3º ano do Ensino Médio do Paraná (PEDRANCINI *et al*, 2007).

Como a questão sobre o código genético foi apresentada no contexto de um teste de identificação pelo DNA, algumas respostas equivocadas explicitam a confusão entre código genético e material genético, incluindo em suas respostas o padrão de bandas dos indivíduos:

“Sim, pois nenhum indivíduo apresenta um código genético igual ao seu, ou seja, mesmo padrão de bandas.” (aluno 11)

“Não, pois todas as bandas desse filhote estão presentes em pelo menos um macho ou uma fêmea.” (aluno 12)

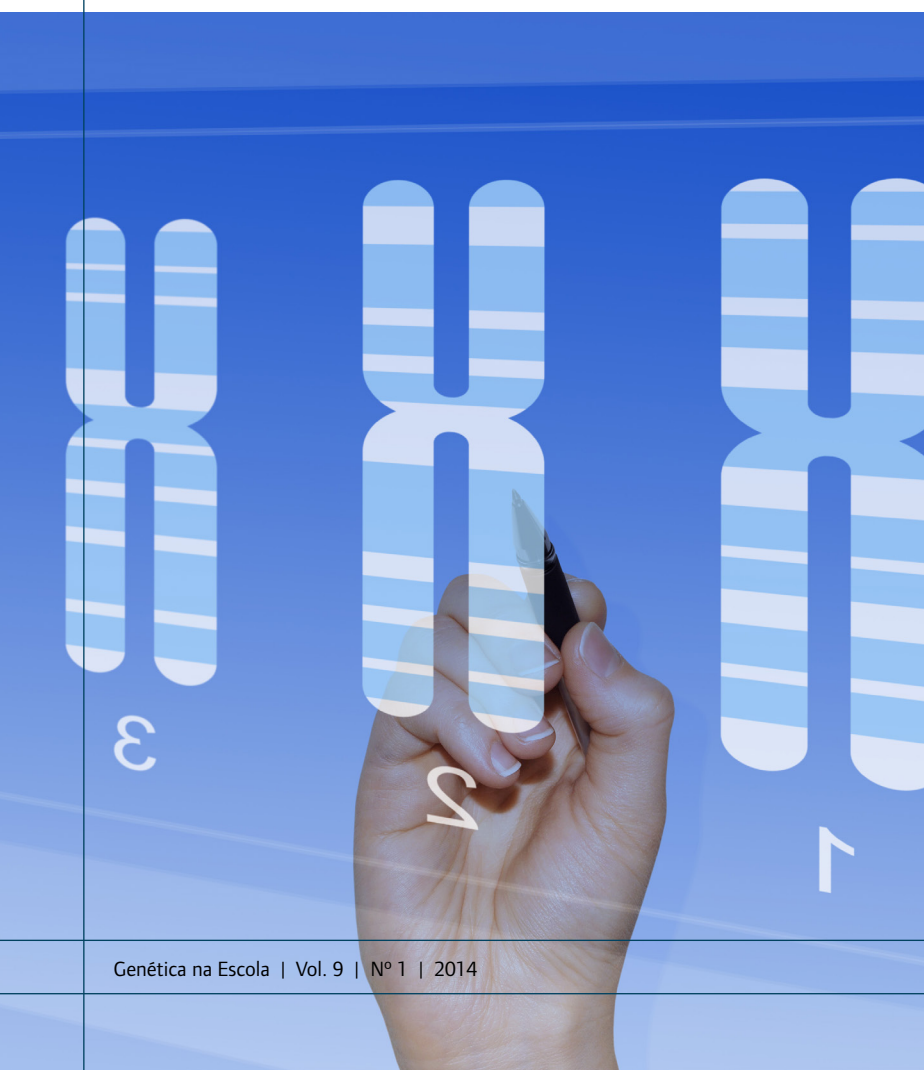
“Não podemos afirmar que o filhote apresenta código genético diferente dos demais indivíduos estudados, pois este exame feito a partir de bandas de DNA, mostra que o filhote possui bandas semelhantes a todos os casais.” (aluno 13)

“Sim, já que as manchas dos padrões de bandas são trechos de DNA ‘cortados’ com enzimas de restrição. Se as bandas do filhote são diferentes das dos outros casais, isso significa que seus trechos de DNA são diferentes pelo tamanho que apresentam.” (aluno 14)

CONCLUSÃO

Embora este estudo se baseie na análise de apenas uma questão, ele evidencia que o termo “código genético” pode apresentar, para os alunos, um significado muito diferente daquele compartilhado pelos cientistas.

Os professores de Biologia podem utilizar questões como a dessa investigação para evidenciar as concepções dos estudantes sobre “código genético” e, a partir daí, conhecendo as concepções divergentes dos estudantes



em relação ao conceito científico de “código genético”, podem criar situações pedagógicas em suas aulas que facilitem o discernimento entre código genético e os conceitos de “genoma” e “material genético”.

REFERÊNCIAS

- GOLDBACH, T.; EL-HANI, C. N. Entre Receitas, Programas e Códigos: Metáforas e Ideias Sobre Genes na Divulgação Científica e no Contexto Escolar. *Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, n.1, p. 153-189, (2008).
- PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; Galuch, M. T. B.; Moreira, A. L.O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.66, n. 2, p. 299-309, 2007.
- SCHRÖDINGER, E. *What is life? - The physics aspects of the living cell*. First Edition Cambridge, Cambridge University Press, 1944.
- WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, v. 171, n.3, p.737-738, 1953.
- WEIGMANN, W. The code, the text and the language of God. *EMBO Reports*, v.5, p.116-118, 2004.

A seguir, os testes de múltipla escolha são exemplos de como esse conceito é avaliado em exames vestibulares.**Fuvest 2010.**

“Há uma impressionante continuidade entre os seres vivos (...). Talvez o exemplo mais marcante seja o da conservação do código genético (...) em praticamente todos os seres vivos. Um código genético de tal maneira “universal” é evidência de que todos os seres vivos são aparentados e herdaram os mecanismos de leitura do RNA de um ancestral comum.”

Morgante & Meyer, Darwin e a Biologia, O Biólogo 10:12–20, 2009.

O termo “código genético” refere-se

- a) ao conjunto de trincas de bases nitrogenadas, cada trinca correspondendo a um determinado aminoácido.
- b) ao conjunto de todos os genes dos cromossomos de uma célula, capazes de sintetizar diferentes proteínas.
- c) ao conjunto de proteínas sintetizadas a partir de uma sequência específica de RNA.
- d) a todo o genoma de um organismo, formado pelo DNA de suas células somáticas e reprodutivas.
- e) à síntese de RNA a partir de uma das cadeias do DNA, que serve de modelo.

Fuvest 2007.

O código genético é o conjunto de todas as trincas possíveis de bases nitrogenadas (códon). A sequência de códon do RNA mensageiro determina a sequência de aminoácidos da proteína.

É correto afirmar que o código genético

- a) varia entre os tecidos do corpo de um indivíduo.
- b) é o mesmo em todas as células de um indivíduo, mas varia de indivíduo para indivíduo.
- c) é o mesmo nos indivíduos de uma mesma espécie, mas varia de espécie para espécie.
- d) permite distinguir procariotos de eucariotos.
- e) é praticamente o mesmo em todas as formas de vida.

PUCSP 2004.

Organismos são ditos transgênicos quando, por técnica de engenharia genética, recebem e incorporam genes de outra espécie, os quais podem ser transmitidos aos seus descendentes. Exemplos desses organismos são as plantas transgênicas, receptoras de um gene de outro organismo (doador) que lhes confere resistência a certos herbicidas. Para que ocorra a síntese da proteína codificada pelo gene inserido no genoma da espécie receptora, diversas condições devem ser observadas. Entretanto, fundamentalmente, essa técnica é possível porque

- a) cada organismo apresenta seu próprio código genético.
- b) o código genético é comum a todos os seres vivos.
- c) o código genético é degenerado.
- d) a técnica permite trocar o código genético do organismo doador do gene.
- e) a técnica permite trocar o código genético do organismo receptor do gene.

Respostas: A; E; B