



Gabarito Definitivo – Fase 2

XXII OLIMPÍADA BRASILEIRA DE BIOLOGIA

Folha de respostas - PROVA DO DIA 18 DE MARÇO (Fase 2)

Obs. A correção será realizada pelo seu(ua) professor(a) responsável.

Caro(a) professor(a), não esqueça: o lançamento das notas deverá ser realizado após a divulgação do **gabarito definitivo**, a partir de 20 de março, até 26 de março de 2026.

NÃO SERÁ ACEITO O ENVIO DO NÚMERO DE ACERTOS APÓS ESTE PERÍODO!

Muito obrigada a todos os(as) estudantes e professores por participarem da XXII OBB!

1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E
21	A	B	C	D	E
22	A	B	C	D	E
23	A	B	C	D	E
24	A	B	C	D	E
25	A	B	C	D	E
26	A	B	C	D	E
27	A	B	C	D	E
28	A	B	C	D	E
29	A	B	C	D	E
30	A	B	C	D	E



Gabarito fase 2 XXII OBB 2026 – Definitivo

1) Resposta: D

Gabarito comentado:

- a) Alternativa correta. Embasada em Heidi G. Parker *et al.*, An Expressed Fgf4 Retrogene Is Associated with Breed-Defining Chondrodysplasia in Domestic Dogs. Science 325, 995-998 (2009). DOI:10.1126/science.1173275
- b) Alternativa correta. Embasada em URRY, Lisa A *et al.* **Biologia de Campbell**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. 1448 p. ISBN 9786558820673, capítulo 20.
- c) Alternativa correta. Embasada em URRY, Lisa A *et al.* **Biologia de Campbell**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. 1448 p. ISBN 9786558820673, capítulo 20.
- d) Para um retrogene ser funcional, é necessário, um promotor eucariótico e enhancers que constituem um tipo de regulação a montante, que o retrogene não possui, portanto durante a inserção do retrogene no material genético ele deve ter ocupado uma região próxima há um promotor e seus elementos regulatórios tanto a montante quanto a jusante. Embasada em Alberts, B. (2015) Molecular Biology of the Cell. 6th Edition, Garland Science, Taylor and Francis Group, New York.
- e) Alternativa correta. Embasada em URRY, Lisa A *et al.* **Biologia de Campbell**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. 1448 p. ISBN 9786558820673, capítulo 20.

2) Resposta B

Gabarito comentado embasado em:

- URRY, Lisa A *et al.* **Biologia de Campbell**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. 1448 p. ISBN 9786558820673.
 - Alberts, B. (2015) Molecular Biology of the Cell. 6th Edition, Garland Science, Taylor and Francis Group, New York.
 - Nelson ER, Wardell SE, Jasper JS, Park S, Suchindran S, Howe MK, Carver NJ, Pillai RV, Sullivan PM, Sondhi V, Umetani M, Geradts J, McDonnell DP. 27-Hydroxycholesterol links hypercholesterolemia and breast cancer pathophysiology. Science. 2013 Nov 29;342(6162):1094-8. doi: 10.1126/science.1241908. PMID: 24288332; PMCID: PMC3899689.
 - NELSON, David L *et al.* **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 8 ed. Porto Alegre: Artmed 2022. 1220p. ISBN 9786558820697.
- a) Falsa. Caso a alternativa fosse verdadeira, se esperaria uma inibição completa do crescimento do tumor na situação 27HC + ICI.
 - b) Verdadeira. Hormônios estrógenos são derivados do colesterol assim como 27-Hidroxicolesterol e, portanto, compartilham uma estrutura similar por serem originados do colesterol. Os gráficos evidenciam que o 27-Hidroxicolesterol influencia o crescimento tumoral, pois uma administração mais prolongada de 27-Hidroxicolesterol implicou no maior crescimento tumoral. Como o inibidor de estrógeno influenciou parcialmente o crescimento, quando comparado com outras situações, conclui-se que 27-Hidroxicolesterol necessita ter uma estrutura semelhante com o estrógeno para sofrer o efeito de inibição. Portanto, a alternativa está correta.



- c) Falsa. Hormônios esteroides têm funções diversas e distintas entre si, por exemplo, progesterona, estrógeno, testosterona e corticosteroides possuem funções distintas entre si, como visto no capítulo 45 de URRY, Lisa A *et al.* **Biologia de Campbell**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. 1448 p. ISBN 9786558820673.
- d) Falsa. Sais biliares são moléculas **anfifílicas**.
- e) Falsa. Como células neoplásicas com receptor de estrógeno cresceram mais ao receber 27-Hidroxicolesterol por 80 dias do que aquelas que receberam por apenas 40 dias, não é possível descartar a interação entre a molécula 27-Hidroxicolesterol com os receptores de estrógeno das células neoplásicas.

3) Resposta: B

A redução de 8 vezes no título da vacina A contra a variante X sugere um possível processo de "escape imunológico", onde as mutações na variante dificultam o reconhecimento pelos anticorpos gerados pela vacina monovalente.

Gabarito Comentado:

1. Afirmativa a – Incorreta:

Embora a vacina A tenha o maior título contra a cepa original (1280 vs 1100), a questão é sobre a eficácia contra a variante X. Contra a variante, a vacina B é muito superior (980) em comparação à vacina A (160). O "título absoluto" contra uma cepa não garante proteção contra outra se houver mutações.

2. Afirmativa b – Correta:

A queda no título de anticorpos (de 1280 para 160) indica que os anticorpos formados contra a cepa original (vacina monovalente) possuem menor afinidade pela variante X, caracterizando este escape imunológico. A vacina B (bivalente), por conter antígenos da variante, mantém títulos altos para ambos.

3. Afirmativa c – Incorreta:

Ter um título levemente inferior (1100 vs.1280) não significa ausência de memória imunológica. Ambas as vacinas apresentam títulos altos (acima de 1000), o que indica uma resposta robusta. A memória imunológica é definida pela presença de células de vida longa (Linfócitos B e T de memória) capazes de reagir ao antígeno, o que não pode ser descartado apenas por uma diferença quantitativa menor nos anticorpos circulantes.

4. Afirmativa d – Incorreta:

O grupo controle apresenta títulos < 10, o que significa que o soro dessas pessoas não conseguiu neutralizar o vírus nos testes laboratoriais. Além disso, o teste PRNT mede a ação de anticorpos neutralizantes, que fazem parte da imunidade adaptativa humoral, e não da imunidade inata (barreira física, macrófagos, sistema complemento).

5. Afirmativa e – Incorreta:

O teste PRNT é um ensaio *in vitro* que avalia anticorpos (resposta humoral). Ele não fornece dados sobre a ativação de linfócitos T citotóxicos (resposta celular). Além disso, o objetivo de uma vacina bivalente é justamente ampliar a gama de reconhecimento da resposta adaptativa, e não "focar na resposta inata", como a alternativa sugere.

Referências:

BRANCHE, A. R.; ROUPHAEL, N. G. Comparison of bivalent and monovalent SARS-CoV-2 variant vaccines: the phase 2 randomized open-label COVAIL trial. *Nature Medicine*, v. 29, n. 9, p. 2334–2346, 28 set. 2023. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/s41591-023-02503-4>>



CHONG, Y.; IKEMATSU, H. Is seasonal vaccination a contributing factor to the selection of influenza epidemic variants? *Human Vaccines & Immunotherapeutics*, v. 14, n. 3, p. 518–522, 4 mar. 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21645515.2017.1373228>>

HORBACH, I. S.; DE SOUZA AZEVEDO, A.; SCHWARCZ, W. D. Plaque Reduction Neutralization Test (PRNT) Accuracy in Evaluating Humoral Immune Response to SARS-CoV-2. *Diseases (Basel, Switzerland)*, v. 12, n. 1, p. 29, 18 jan. 2024. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-9721/12/1/29>>

SANTOS, N. S.; ROMANOS, M. T.; WIGG, M. D. *Virologia Humana*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015

4) Resposta: B

As sementes se formam a partir dos óvulos, que estão presentes nas flores. Portanto, se as palmeiras Talipot apresentam apenas uma floração, elas também irão formar todas as suas sementes num único momento de seu ciclo de vida. Demais alternativas: A. Os grãos de pólen são produzidos apenas na floração; C. Há redução temporal da floração, não do esporófito (indivíduo diplóide) como um todo; D. O meristema apical caulinar das palmeiras Talipot está em atividade vegetativa, produzindo o sistema caulinar, ao longo de toda a sua vida; E. A produção de uma grande quantidade de flores aumenta a chance de sucesso na polinização, o que é especialmente importante num ciclo de vida em que há apenas uma floração.

5) Resposta: D

O ganho de matéria orgânica nas plantas se dá quando a taxa fotossintética é superior à taxa respiratória. A 50°C, apenas a espécie B apresenta taxa fotossintética maior que a respiratória, logo apenas ela deve ter ganho de matéria orgânica. Demais alternativas: A. A tundra é caracterizada por baixas temperaturas, o que está associada a uma baixa taxa fotossintética em ambas as espécies; B. As duas espécies possuem taxa fotossintética muito maior que a respiratória em temperaturas de 20-35°C, faixa das temperaturas que normalmente ocorrem no verão de regiões temperadas; C. A desnaturação enzimática ocorre nas duas espécies; E. A espécie A apresenta maior absorção de CO₂ atmosférico a menos de 20°C.

6) Resposta: A

A falta de rega, especialmente em altas temperaturas, gera um estresse hídrico que é melhor tolerado por plantas suculentas, como é o caso da *Graptopetalum paraguayense*. Nessa espécie, como é típico das suculentas, as células do mesófilo foliar apresentam grandes vacúolos que armazenam água, que pode ser utilizada em períodos de estresse hídrico. Demais alternativas: B. *G. paraguayense* apresenta ciclo reprodutivo típico de uma angiosperma. C. Elementos de vaso estão presentes no xilema de qualquer angiosperma; D. Além da espécie indicada ser a incorreta, a abertura dos estômatos apenas durante a noite é considerada uma característica que aumenta a tolerância à seca; E. Espécie indicada é a incorreta, além disso, como pode ser vista na imagem, a *B. maculata* apresenta folhas largas.

7) Resposta: C

Os resultados da tabela mostram que *Beta vulgaris* é uma planta de dia longo (floresce quando exposta a poucas horas de escuridão/noite por dia) e que *Andropogon gerardii* é uma planta de dia curto (floresce quando exposta a muitas horas de escuridão/noite por dia). Na condição 3, a escuridão é interrompida pela luz de comprimento vermelho curto, que leva à conversão do fitocromo R (Pr) em fitocromo F (Pfr). Com isso, as espécies respondem de forma semelhante

ao que ocorreria se elas estivessem sendo expostas a poucas horas de escuridão. Portanto, na condição 3, a floração em *Beta vulgaris* é estimulada e a floração em *Andropogon gerardii* é inibida. Demais alternativas: A. A beterraba é uma planta de dia longo; B. O inverno é que apresenta as condições luminosas ideais para a floração de *Andropogon gerardii*; D. O fitocromo F estimula a floração em plantas de dia longo; E. A condição descrita na alternativa teria resultados semelhantes ao da condição 2.

Referência complementar (apenas para a comissão de prova):

<https://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/files/2014/08/fotoperiodismo.pdf>

8) Resposta: B

No estado de caquexia, o corpo entra em um balanço nitrogenado negativo. Isso significa que a degradação de proteínas supera a síntese. Os aminoácidos resultantes da quebra das fibras musculares são lançados na corrente sanguínea e captados pelo fígado. Lá, eles passam pelo processo de gliconeogênese, uma tentativa do corpo de manter os níveis de glicose elevados para suprir a alta demanda energética do estado inflamatório e do próprio tumor.

A (Incorreta): A caquexia é o exemplo clássico de um estado catabólico. O anabolismo está severamente prejudicado, resultando na perda de massa.

C (Incorreta): Diferente da inanição comum, na caquexia a taxa metabólica basal frequentemente aumenta. O corpo gasta energia de forma ineficiente devido à inflamação sistêmica.

D (Incorreta): Embora o metabolismo da glicose esteja alterado, as células do hospedeiro continuam realizando respiração celular aeróbica, muitas vezes de forma acelerada, e não apenas fermentação.

E (Incorreta): A perda de gordura ocorre pela ativação intensa das lipases (lipólise), que quebram os estoques de gordura para fornecer energia rápida, e não pela sua inibição.

9) Resposta: C

A alternativa (a) está correta. Na mutação *nonsense* ocorre substituição pontual no DNA que transforma um códon que codificava um aminoácido funcional em um códon de parada. Gera-se uma proteína truncada.

A alternativa (b) está correta. A mutação *missense* não conservativa é a troca por aminoácido com propriedades diferentes (maior impacto funcional).

A alternativa (c) está incorreta, este é o conceito de mutação *missense* não conservativa e não de mutação *nonsense*.

A alternativa (d) está correta. A mutação *missense* conservativa é a troca por aminoácido com propriedades físico-químicas semelhantes. Não há alteração funcional da proteína.

Alternativa (e) está correta, a mutação do domínio C é a silenciosa. Nesta mutação silenciosa, o nucleotídeo sofre uma substituição pontual no DNA que não altera o aminoácido codificado.

Fonte: Ng PC, Henikoff S. Predicting the effects of amino acid substitutions on protein function. *Annu Rev Genomics Hum Genet.* 2006; 7:61-80. doi: 10.1146/annurev.genom.7.080505.115630. PMID: 16824020.

Fonte: Khajavi M., Inoue K., Lupski J.R (2006). Nonsense-mediated mRNA decay modulates clinical outcome of genetic disease. *Eur J Hum Genet.* 2006 Oct;14(10):1074-81. doi: 10.1038/sj.ejhg.5201649. Epub 2006 Jun 7. PMID: 16757948.

10) Resposta: C

- Há um pico de incidência da doença em 2018 com dispersão de aproximadamente 2 anos. (R: Falso; o máximo da curva de incidência está próximo de 2018, mas o desvio padrão da curva laranja é de 0,8, ou seja, pouco menos de um ano.)
- A diminuição de casos entre 2018 e 2019 se deveu à redução do número de vacinas no país. (R: Falso, o número de vacinas aumentou nesse período).
- A taxa de vacinação teve um aumento absoluto de 14% entre 2017 e 2018. (Verdadeiro: em 2017 44% , 2018 58% Aumento absoluto de 14% e aumento relativo de 31%)
- A incidência da doença em 2019 diminuiu 70% em relação ao ano anterior (R: Falso: em 2018, 1307 casos; em 2019, 90 casos – diminui 93%).
- A queda significativa no número de vacinações entre 2017 e 2018 corresponde a políticas públicas implementadas em razão do aumento do número de casos nesses dois anos. (R: Falso, o número de vacinas aumentou)

11) Resposta: A

- a) A maior concentração de O_2 permitia que o oxigênio atingisse mais profundamente os tecidos a partir dos canais traqueais - verdadeira.
- b) Falsa. Os anfíbios possuem sistemas respiratórios pouco eficientes – seus pulmões têm pouca superfície de troca e ainda dependem de respiração cutânea. Portanto, é correto afirmar que o grande tamanho dos anfíbios adveio da alta concentração de O_2 .
- c) Falsa. Os insetos, por meio de traqueias, oxigenam o tecido diretamente, sem precisar passar pela hemolinfa.
- d) Falsa. Os mamíferos não tiveram tempo de surgir nesse período, sua inexistência nada tinha a ver com as concentrações de O_2 .
- e) Falsa. Os insetos não possuem respiração cutânea.

12) Resposta: A

- a) Verdadeira.
- b) Falsa. Somente a vaca (cordados) passa pela nêurula.
- c) Falsa. Cnidários não possuem mesoderma.
- d) Falsa. Lulas (moluscos) possuem sistema nervoso ganglionar.
- e) Falsa. Lulas são protostômios.

13) Resposta: D

O gráfico mostra um processo digestivo onde o bolo alimentar retorna repetidas vezes à boca. Ademais, ele também retrata um processo digestivo demorado e multifásico.

Todas essas características indicam que se trata de um animal ruminante.

A única alternativa que contém somente animais ruminantes é a D.

14) Resposta: B

Esta opção descreve perfeitamente o papel da variabilidade como "combustível" da evolução. Para que a evolução ocorra, é necessário que haja **reprodução diferencial** (uns se reproduzem mais que outros). Se todos fossem geneticamente iguais, o sucesso reprodutivo seria igual para todos ou o fracasso seria total, impedindo qualquer mudança nas frequências gênicas da população ao longo do tempo.

☐ **Alternativa A:** Esta alternativa está incorreta porque afirma que a "uniformidade genética" é um objetivo biológico. Na verdade, a uniformidade é um risco; se o ambiente mudar, uma população idêntica pode ser totalmente extinta por não possuir nenhum indivíduo com características de resistência. Além disso, a seleção natural precisa justamente da **não-uniformidade** para operar.

☐ **Alternativa C:** O erro aqui reside na ideia de que a mutação é "direcionada para atender necessidades". As mutações são eventos **aleatórios** e não surgem "porque o organismo precisa". O ambiente não provoca a mutação certa; ele apenas seleciona as mutações vantajosas que já ocorreram por acaso.

☐ **Alternativa D:** Esta alternativa confunde conceitos. A variabilidade não impede a deriva genética (que é a mudança aleatória em populações pequenas), nem foca na transmissão de "genes recessivos" para fortalecer o grupo. O fortalecimento de um pool gênico vem da presença de múltiplos alelos que oferecem diferentes chances de adaptação, e não de uma preferência por genes recessivos ou dominantes.

☐ **Alternativa E:** Esta opção descreve erroneamente o **Lamarckismo** (herança de caracteres adquiridos), ao sugerir que o esforço físico ou mudanças durante a vida são passados diretamente ao DNA. A evolução atua em populações ao longo de gerações, e não através do metabolismo ou esforço físico individual de um único ser vivo durante sua vida.

15) Resposta: C

Ela descreve o terceiro e o quarto postulados de Koch: a necessidade de reproduzir a doença em um hospedeiro saudável e reisolamento do patógeno. É a prova definitiva da relação de causa e efeito.

- **Por que a A está incorreta?** Embora seja o primeiro postulado, hoje sabemos que existem portadores assintomáticos (pessoas com o patógeno, mas sem a doença), o que invalida a ideia de que o agente "nunca deve ser detectado em saudáveis".
- **Por que a B está incorreta?** Embora o isolamento em cultura pura seja o segundo postulado, a alternativa foca excessivamente no estudo metabólico antes da reintrodução, quando o ponto central do postulado é a capacidade de isolamento e posterior teste de infecção. Além disso, muitos patógenos não crescem em meios axênicos (artificiais).
- **Por que a D está incorreta?** É o erro mais comum em provas: vírus são parasitas intracelulares obrigatórios e **não** podem ser cultivados em meios artificiais sem células vivas, sendo uma das principais exceções aos postulados originais.



- **Por que a E está incorreta?** A imunidade do hospedeiro não faz parte dos postulados originais de Koch e o isolamento em cultura pura é, na verdade, um passo essencial (não acessório) do método científico de Koch.

16) Resposta: C

O DNA do PhiX174 é circular e de fita simples, por conta disso ele não obedece a regra de Chargaff. As alternativas que colocam seu DNA como fita dupla ou de RNA estão todas erradas primeiramente por esse motivo. A replicação do DNA bacteriano não interfere na composição do DNA viral (alternativa A). A ausência de uracila na proporção de bases nitrogenadas, que constam no enunciado, descarta a possibilidade de se tratar de um bacteriófago de RNA, (alternativa B). As interações de Hoogsteen não alteram as proporções de bases nitrogenadas, mas sim as ligações de hidrogênio formadas entre elas (alternativa D). Bases nitrogenadas modificadas, como a 5-hidroximetilcitosina, ainda retêm o pareamento clássico, nesse caso entre C e G, mas ainda assim, bacteriófagos não apresentam tais bases (alternativa E).

17) Resposta: C

A amônia, ao ser convertida em íon amônio, tem carga positiva (NH_3) e adere à argila (negativa), que por conta de um fenômeno chamado substituição isomórfica, em que a sílica (Si^{4+}) é progressivamente substituída por alumínio (Al^{3+}), a argila passa a ter carga negativa. O nitrato, produto da nitrificação, é um ânion (NO_3^-). Por ter a mesma carga da argila, ele é repelido e permanece solúvel na água, sendo facilmente lixiviado (lavado) do solo pelas chuvas. Portanto, a nitrificação é, na verdade, um problema para a agricultura em regiões chuvosas, e não uma vantagem.

18) Resposta: E

- A. Incorreta. As esponjas são animais com simetria bilateral e mesoderme inexistentes.
- B. Incorreta. Apesar de possuírem amebócitos totipotentes, as esponjas são animais que não possuem tecido verdadeiro.
- C. Incorreta. Os cnidócitos são células urticantes exclusivas dos animais do Filo Cnidaria.
- D. Incorreta. não tem essa classificação.
- E. Resposta correta.

19) Resposta: C

- I. Está correta.
- II. Está correta.
- III. Está incorreta. O tamanho da ilha afeta diretamente as taxas de extinção, enquanto a proximidade influencia a taxa de colonização.
- IV. Está correta.

20) Resposta: C

- A. Está incorreta. A redução do tamanho da floresta tem efeito negativo sobre a riqueza de espécies e a composição.
- B. Está incorreta. A polinização é afetada negativamente pelo isolamento entre os fragmentos, enquanto a dinâmica trófica não é afetada.
- C. Está correta.
- D. Está incorreta. Em geral, a diminuição da área, o aumento do isolamento e o aumento do efeito de borda tem efeito negativo sobre a retenção de nutrientes e o microclima.



E. Está incorreta. A redução de área, isolamento e borda não atuam isoladamente.

21) Resposta: E

- a) Incorreta. O sistema X pertence a um carnívoro, por conta do menor comprimento do sistema, pois a carne, de digestão mais fácil que a matéria vegetal (devido à parede celular), é digerida mais rapidamente. Em herbívoros, o maior comprimento do sistema digestório auxilia ao deixar a comida sendo digerida por mais tempo, e com maior área de absorção ao longo do sistema.
- b) Incorreta. O estômago cumpre a mesma função em ambos os sistemas, que é o de iniciar e realizar boa parte da digestão de proteínas, tanto em herbívoros quanto em carnívoros.
- c) Incorreta. O ser humano não possui ceco desenvolvido. Essa estrutura é mais desenvolvida em herbívoros, por atuar principalmente na fermentação da matéria vegetal. Emulsificantes são produzidos no fígado e secretados pela vesícula biliar.
- d) Incorreta. O ceco desenvolvido é associado à dieta herbívora, pois é lá que ocorre o processo de fermentação da matéria vegetal. A digestão de proteínas ocorre no estômago e no intestino delgado.
- e) Correta. O intestino delgado é a principal estrutura de absorção de nutrientes no sistema digestório, graças à sua superfície repleta de microvilosidades, que aumenta a área de contato com o alimento digerido.

22) Resposta: B

Justificativa das alternativas;

Alternativa A — Incorreta

Apesar de o picofitoplâncton ser numericamente abundante, ele não sustenta eficientemente níveis tróficos superiores, pois sua energia tende a circular em cadeias microbianas, reduzindo a transferência para zooplâncton e peixes. Assim, a teia trófica tende a se tornar menos eficiente, e não mais forte.

Alternativa B — Correta

O microfitoplâncton é essencial para a transferência eficiente de energia para o zooplâncton e, posteriormente, para peixes e predadores de topo. A dominância do picofitoplâncton, associada à queda de biomassa total, reduz essa transferência energética, podendo levar a: diminuição da abundância de zooplâncton; deslocamento de peixes; enfraquecimento da teia trófica; impactos na pesca e na biodiversidade marinha.

Alternativa C — Incorreta

O tamanho do fitoplâncton é ecologicamente relevante, pois determina quem consegue se alimentar dele e quanta energia é transferida na teia trófica. Fitoplâncton de diferentes tamanhos não desempenham o mesmo papel funcional.

Alternativa D — Incorreta

O artigo demonstra exatamente o oposto: durante ondas de calor marinhas ocorre enfraquecimento da ressurgência, reduzindo o aporte de nutrientes, o que desfavorece o microfitoplâncton e altera negativamente a estrutura da comunidade.

Alternativa E — Incorreta

Alterações na base da teia trófica repercutem em todos os níveis tróficos, afetando consumidores primários, secundários e predadores de topo, além de processos ecológicos e socioeconômicos, como a pesca.



Referência:

ZHAN, Weikang *et al.* Reduced and smaller phytoplankton during marine heatwaves in eastern boundary upwelling systems. **Communications Earth & Environment**, v. 5, n. 1, p. 629, 2024.

23) Resposta: B

Na Figura B, Cetacea está inserido dentro do clado dos artiodáctilos. De acordo com a cladística, um grupo que inclui o ancestral comum, mas exclui propositalmente uma linhagem descendente (neste caso, as baleias), é definido como parafilético. Para que Artiodactyla seja monofilético na hipótese B, ele deve obrigatoriamente incluir os Cetacea, formando o clado Cetartiodactyla (ou um Artiodactyla expandido).

Exclusão das demais:

A) Incorreta: A exclusão de um descendente (Cetacea) rompe a integridade do clado. Um grupo não pode ser monofilético se houver "poda" de ramos derivados do mesmo nó ancestral.

C) Incorreta: Os ungulados terrestres não têm origens independentes. Eles compartilham o nó 1 da Figura B. Grupo polifiléticos são grupos cujos membros não compartilham um ancestral comum imediato; geralmente baseia-se em convergências adaptativas. Não se aplica ao caso, pois os ungulados terrestres possuem origem comum. O erro é de omissão (excluir baleias), não de inclusão errônea de grupos sem parentesco direto.

D) Incorreta: Como o grupo proposto exclui um ramo (Cetacea), ele deixa de ser holofilético/monofilético. O termo Holofilético é utilizado em algumas escolas de sistemática como sinônimo de monofilético em sentido estrito (o ancestral e todos os seus ramos derivados). Por ser sinônimo, invalida a alternativa D pela mesma razão da alternativa A.

E) Incorreta: A sistemática filogenética prioriza a genealogia sobre a forma. A ausência de semelhança morfológica entre uma baleia e um camelo não altera o fato de compartilharem um ancestral comum. O fenótipo não determina a monofilia.

Referências

URRY, Lisa A. *et al.* Biologia de Campbell. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. Cap. 23.

PROTHERO, Donald R. *et al.* On the unnecessary and misleading taxon

"Cetartiodactyla". *Journal of Mammalian Evolution*, v. 29, n. 1, p. 93-97, 2022.

NIKAIDO, Masato; *et al.* Phylogenetic relationships among cetartiodactyls based on

insertions of short and long interspersed elements: hippopotamuses are the closest extant relatives of whales. *PNAS*, v. 96, n. 18, p. 10261-10266, 1999.

24) Resposta: C

Uma sinapomorfia é uma característica derivada compartilhada pelo ancestral comum mais recente de um clado e todos os seus descendentes. No ponto 3, a perda de glândulas define o grupo Whippomorpha (Hipopótamos + Baleias). No entanto, para o grupo Cetacea (ponto 4), essa mesma característica não é uma "novidade", mas sim uma condição já presente em seu ancestral imediato, tornando-se uma simplesiomorfia (caráter ancestral compartilhado) dentro da linhagem das baleias.

Exclusão das Alternativas Incorretas

A) Incorreta: Artiodactyla é definido pela sinapomorfia 1. A característica do ponto 3 é restrita a apenas uma parte dos artiodáctilos (Whippomorpha), não sendo, portanto, uma sinapomorfia do grupo todo.

B) Incorreta: Uma autapomorfia é um caráter exclusivo de um único táxon terminal (eg. Ponto 4). Como a perda de glândulas é compartilhada por dois grupos (hipopótamos e baleias), ela não pode ser autapomórfica para apenas um deles.

D) Incorreta: A Figura B é baseada na hipótese de homologia (ancestralidade comum). Chamar de homoplasia (convergência) invalidaria a própria estrutura da árvore molecular apresentada.



E) Incorreta: Para ser uma simplesiomorfia de Whippomorpha, a característica teria que vir de um nó anterior (como o ponto 1 ou 2) e estar presente em outros grupos como Camelidae ou Suidae, o que não ocorre.

Referências

URRY, Lisa A. *et al.* Biologia de Campbell. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. Cap. 23.

25) Resposta: C

A transição evolutiva dos ancestrais terrestres dos cetáceos para o ambiente aquático é um exemplo clássico de evolução em mosaico, na qual diferentes características anatômicas e funcionais evoluem em ritmos distintos. O registro fóssil documenta formas intermediárias que combinam traços ancestrais (como membros posteriores funcionais ou estrutura dentária típica de mamíferos terrestres) com traços derivados associados à vida aquática (como modificações nos membros anteriores, na audição subaquática e na posição das narinas). Esse padrão é compatível com a alternativa C.

Exclusão das demais alternativas

A) Incorreta.: A alternativa descreve um modelo saltacionista, no qual todas as adaptações surgiriam simultaneamente. O registro fóssil de cetáceos, e as apomorfias apontadas na árvore filogenética (como a perda de glândulas epiteliais), mostram um acúmulo gradual de apomorfias, incompatível com a ideia de mudanças abruptas e simultâneas.

B) Incorreta.: Não há evidência de que as adaptações aquáticas tenham surgido independentemente em múltiplas linhagens de artiodáctilos. Ao contrário, os dados moleculares e fósseis indicam uma única origem dos cetáceos a partir de um ancestral comum dentro de Artiodactyla.

D) Incorreta.: A adaptação ao ambiente aquático envolveu profundas modificações morfológicas, incluindo alterações nos membros, na coluna vertebral, no crânio e no sistema respiratório, e não apenas mudanças comportamentais.

E) Incorreta.: As estruturas aquáticas dos cetáceos, como nadadeiras peitorais, são homólogas aos membros anteriores de outros mamíferos, apesar de desempenharem funções diferentes. Portanto, não se tratam de analogias evolutivas.

Referências

URRY, Lisa A. *et al.* Biologia de Campbell. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. Cap. 23.

26) Resposta: C

O crescimento diáuxico ocorre devido à repressão catabólica. Enquanto há glicose (fonte preferencial), a célula mantém outros operons (como o lac ou o ara) desligados ou com expressão basal muito baixa. Durante a fase de latência, quando a glicose acaba, os níveis de AMPc sobem, ativando a proteína CAP. Durante esse intervalo, a célula não cresce porque está sintetizando o mRNA e as enzimas necessárias para metabolizar o segundo açúcar, como a xilose ou ramnose.

Exclusão das demais:

A: Não se trata de mutação, mas de uma resposta fisiológica adaptativa de toda a população. Do contrário, o gráfico indicaria fase de declínio (morte por exaustão de recursos) e um crescimento secundário lento, sinalizando a substituição da população não adaptada por variantes adaptadas.

B: Não há exaustão completa de ATP nesse contexto, o que levaria à morte celular, apenas mudança de fonte de energia.

D: O platô não é causado por inibição enzimática, mas pela necessidade de síntese de proteínas de transporte e catabolismo.

E: Há necessidade de nova transcrição e tradução, não apenas de rearranjo das vias existentes, do contrário, não haveria intervalo de crescimento.

Referências:

URRY, Lisa A. *et al.* Biologia de Campbell. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. Cap. 18.

Dados históricos:

BLAISEAU, P. L.; HOLMES, A. M. Diauxic Inhibition: Jacques Monod's Ignored Work. J.

Hist. Biol., 2021



27) Resposta: B

B) Correta. A suplementação com doadores de grupos metil (como ácido fólico e colina) aumenta a disponibilidade de substrato para as DNA-metiltransferases. A metilação das citosinas em ilhas CpG na região promotora geralmente recruta desacetilases de histonas, levando à compactação da cromatina (heterocromatina) e impedindo o acesso da maquinaria de transcrição, silenciando o gene Agouti e resultando no fenótipo marrom/saudável.

Exclusão das demais:

A) Incorreta. O fenômeno descrito é epigenético, não genético. A dieta não causa mutações (alterações na sequência de nucleotídeos), mas sim alterações químicas na cromatina (metilação) que modulam a expressão.

C) Incorreta. A variação não é mendeliana, pois todos os indivíduos são geneticamente idênticos para o alelo em questão. A variação é epigenética e contínua (expressividade variável), não seguindo proporções mendelianas clássicas.

D) Incorreta. O mecanismo descrito é a metilação do DNA (nível transcricional/pré- transcricional), não a interferência na tradução ou degradação de mRNA (nível pós- transcricional), que seria o caso do RNAi.

E) Incorreta. Embora seja um exemplo de plasticidade, marcas epigenéticas podem ser estáveis mitoticamente (são passadas das células-mãe para as filhas durante o desenvolvimento) e, em alguns casos, podem apresentar herança transgeracional meiótica, embora o foco aqui seja a estabilidade mitótica durante o desenvolvimento do embrião.

Referências:

URRY, Lisa A *et al.* Biologia de Campbell. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. (Cap. 16, 17 e 18).

JIRTLE, R. L.; SKINNER, M. K. Environmental epigenomics and disease susceptibility. *Nature Reviews Genetics*, 2007.

28) Resposta: B

O gráfico aponta claramente a mudança fenotípica do bico entre os morfotipos de *G. fortis* antes e após a seca. Os dados populacionais dos alelos apontam claramente o aumento da frequência do alelo L em detrimento do S, com suporte estatístico de 2 acima do valor crítico (3,84), resultando em $p < 0,05$ e corroborando o desvio do Equilíbrio de Hardy-Weinberg. Com essas duas informações é possível inferir que a seca foi um fator determinante para alteração das frequências alélicas e, por conseguinte, das frequências fenotípicas.

Exclusão das demais:

A) Incorreta: Como instruído no enunciado e nas notas da tabela, valores maiores e não menores do que 3,84 indicam desvio.

C) Incorreta.: Há desvio claro de EHW.

D) Incorreta. Pressões de seleção natural não geram variantes genéticas, apenas selecionam as variantes já presentes na população. Além disso, não há suporte a qualquer evento de indução de mutações nos dados apresentados.

E) Incorreta. O gráfico indica que o desvio significativo de EHW é por seleção direcional. Além disso, Seleção estabilizadora indicaria prevalência de genótipos intermediários em detrimento de extremos, o que não é apresentado.

Referência

URRY, Lisa A. *et al.* Biologia de Campbell. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. Cap. 23.

GRANT, P. R.; GRANT, B. R. Unpredictable evolution in a 30-year study of Darwin's finches. *Science*, v. 296, p. 707–711, 2002.

LAMICHHANEY, S., *et al.* (2016). A beak size locus in Darwin's finches facilitated character displacement during a drought. *Science*. v352, pp.470-474.



29) Resposta: D

O comprimento do bico é um caráter quantitativo, influenciado por múltiplos genes e fatores ambientais. A identificação de um gene de grande efeito não exclui a contribuição de outros loci nem de variações ambientais, o que explica a distribuição contínua do fenótipo e a variação entre indivíduos com o mesmo genótipo em HMGA2.

Exclusão das demais:

A) Incorreta: Dominâncias incompletas, embora permitam intermediários, criam classes fenotípicas discretas (categóricas), como nos sistemas MN ou ABO.

B) Incorreta: A atuação de um gene de grande efeito não elimina a contribuição dos demais genes envolvidos em heranças poligênicas ou caracteres quantitativos clássicos.

C) Incorreta. A distribuição contínua não viola a primeira lei de Mendel, mas sim reflete a soma de múltiplos genes segregando independentemente (ou ligados) com efeitos aditivos. A distância em centimorgans não é a explicação primária para a continuidade fenotípica.

E) Incorreta. Herança monogênica com dominância completa geraria classes discretas (ex: 3:1), e não uma curva normal/contínua como a observada nos histogramas.

Referência

URRY, Lisa A. *et al.* Biologia de Campbell. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. Cap. 23.

LAMICHHANEY, S., *et al.* (2016). A beak size locus in Darwin's finches facilitated character displacement during a drought. *Science*. v352, pp.470-474.

30) Resposta: E

- a) errada - Alterou o comportamento aumentando o tempo de vocalização.
- b) errada - Evitar a predação é energeticamente custoso, mas a recompensa é a sobrevivência. Existe uma compensação entre comportamentos que são fundamentais para a aquisição de recursos e reprodução versus comportamentos que minimizem as chances de predação.
- c) errada - A resposta pode ser inata ou adaptativa.
- d) errada - não há dados de significância nos resultados expostos.
- e) correta.