

Gabarito Definitivo – Fase 3 XXII OLIMPÍADA BRASILEIRA DE BIOLOGIA

Muito obrigado a todos os estudantes e professores por participarem da XXII OBB!

Atenção às correções das seguintes questões:

Questão 10.II - de falso ficou verdadeiro.

Questão 10.III - de falso ficou verdadeiro.

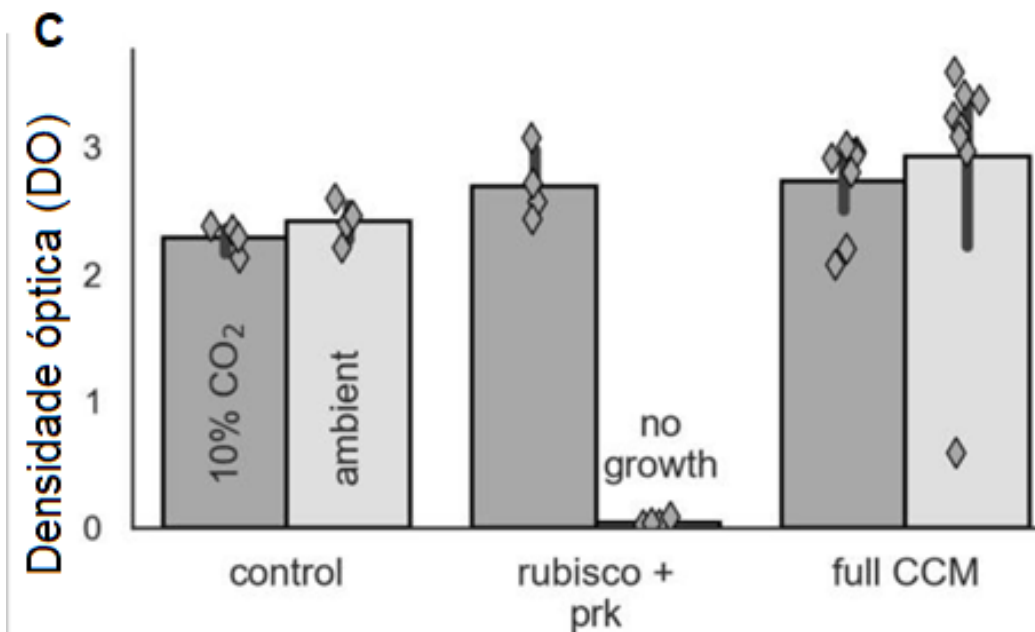
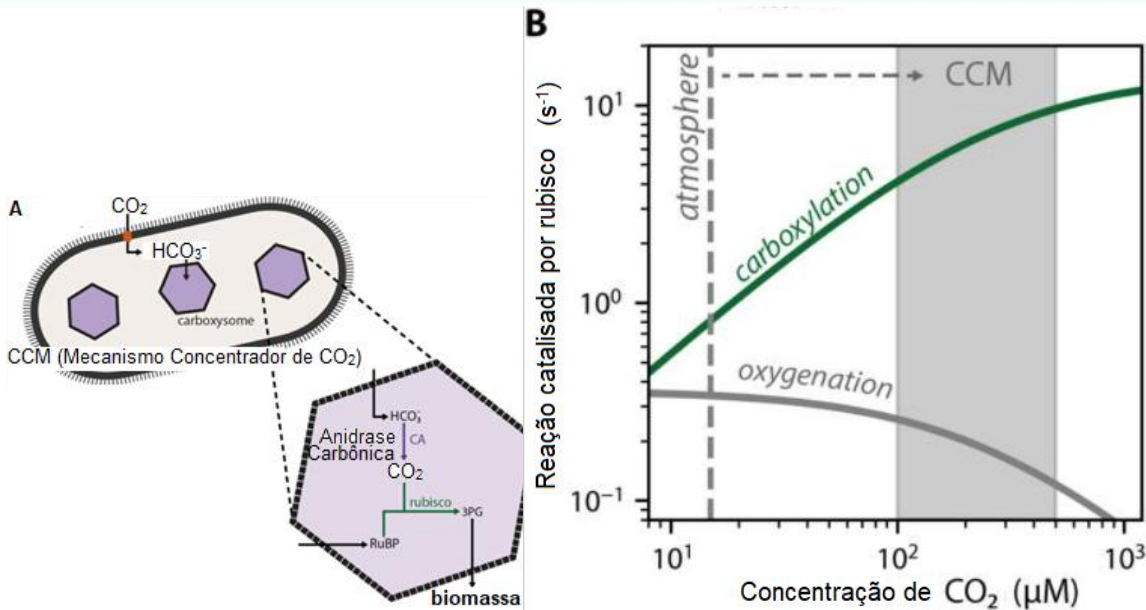
Questão 25.III - de verdadeiro ficou falso.

1. A fotossíntese é um processo vital na obtenção de energia pelas plantas e outros seres vivos. Em uma pesquisa, bactérias *E. coli* com modificações genéticas apenas sobrevivem através da fixação de CO₂ pela enzima RuBisCO (Ribulose-1,5-bifosfato-carboxilase/oxigenase). Esse estudo apresentou três cepas:

1. Control: Um controle positivo.
2. RuBisCO + prk: Uma bactéria *E. coli* normal que consegue produzir enzimas funcionais para o ciclo de Calvin como a RuBisCO.
3. Full CCM (Mecanismo concentrador de CO₂): uma cepa RuBisCO +prk à qual foi adicionado o mecanismo descrito na figura A para concentrar CO₂ no *carboxysome* um compartimento intracelular feito por engenharia genética.

O gráfico em B mostra a atividade da enzima RuBisCO em função da concentração de CO₂ assim como também mostra a concentração de CO₂ atmosférica (*atmosphere*) e a concentração de CO₂ estimada nos *carboxysome* (CCM).

O gráfico C mostra um estudo de densidade óptica de colônias das 3 cepas cultivadas em ar enriquecido com 10% de CO₂ (cinza escuro) e ar ambiente (cinza claro). Colunas representam a média.



Fonte: Adaptado de Avi I Flamholz, Eli Dugan, Cecilia Blikstad, Shmuel Gleizer, Roe Ben-Nissan, Shira Amram, Niv Antonovsky, Sumedha Ravishankar, Elad Noor, Arren Bar-Even, Ron Milo, David F Savage (2020) Functional reconstitution of a bacterial CO₂ concentrating mechanism in *Escherichia coli* eLife 9:e59882

<https://doi.org/10.7554/eLife.59882>

Tradução:

No growth: sem crescimento:

Carboxylation: carboxilação

Oxygenation: Oxigenação.

Carboxysome: Carboxissomo.

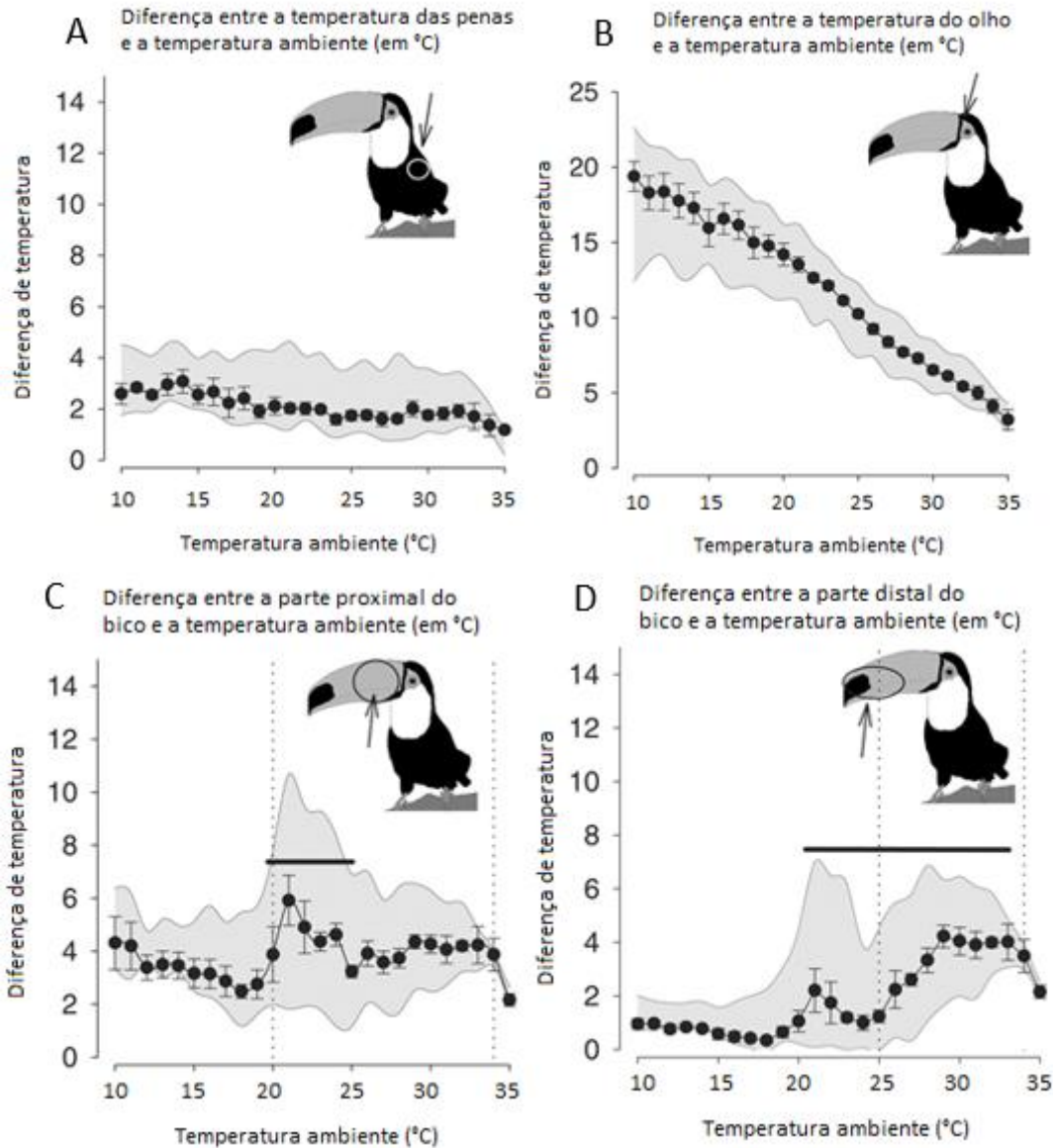
Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. A densidade óptica é uma forma eficiente de avaliar crescimento visto que apenas bactérias vivas aumentam a densidade óptica de uma colônia.
- II. A RuBisCO é uma enzima que precisa de um cofator, o Mg^{2+} . Ela catalisa a fixação de CO_2 no Estágio 1 do ciclo de Calvin que leva a formação de 3-fosfoglicerato, uma molécula que também é intermediária da glicólise.
- III. De acordo com o gráfico B, espera-se um crescimento das colônias da cepa RuBisCO + prk em ar atmosférico. No entanto, este resultado não é constatado no gráfico C. Logo, conclui-se que alguma variável relacionada ao meio externo influenciou o resultado.
- IV. Para o mecanismo de concentração de CO_2 acontecer de forma eficiente, a velocidade da reação catalisada pela Anidrase Carbônica no *carboxysome* deve ser superior a velocidade da reação de carboxilação catalisada pela RuBisCO.
- V. A forma como O_2 e CO_2 se ligam a RuBisCO é similar à forma que O_2 e CO_2 se ligam à hemoglobina. Esse fato explica a semelhança de comportamento cinético de ambas.

Gabarito comentado:

- I. **F.** Bactérias vivas e mortas contribuem para um aumento da densidade óptica.
- II. **V.** O cofator da RuBisCO é o íon Mg^{2+} .
- III. **F.** Embora a atividade carboxilase seja superior à atividade oxigenase da RuBisCO no ar atmosférico, a quantidade de biomassa produzida não deve compensar a demanda metabólica das bactérias, explicando o resultado.
- IV. **V.** Considerando que no *carboxysome* (CCM) a concentração de CO_2 é maior que a obtida no ar atmosférico como visto no gráfico B, a reação de carboxilação catalisada por RuBisCO precisa ter uma velocidade máxima menor que a reação catalisada pela anidrase carbônica para levar ao acúmulo de CO_2 .
- V. **F.** O_2 e CO_2 se ligam a RuBisCO no mesmo sítio catalítico enquanto O_2 e CO_2 se ligam em sítios distintos da hemoglobina (O_2 se liga no grupo heme, enquanto o CO_2 se liga em resíduos básicos da proteína).

2. Tucanos são aves famosas pelo bico exuberante. Várias teorias são criadas para explicar o tamanho do bico dessas aves. Em um estudo, pesquisadores analisaram como a diferença de temperatura do bico em relação ao ambiente se comportava em função da temperatura ambiente:



Legenda: Comparativo da diferença de temperatura entre regiões do corpo do tucano e o ambiente. (A) Penas; (B) Olho; (C) Parte proximal do bico; (D) Parte distal do bico. As áreas sombreadas representam a variação observada durante o controle da perda de calor.

Fonte: Adaptado de Tattersall *et al.* (2009).

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. O tucano é um animal endotérmico/homeotérmico que tende a manter a temperatura corporal constante através do seu metabolismo, adaptações corporais e comportamentais.
- II. Penas, que são estruturas homólogas aos pelos dos mamíferos, servem de isolamento térmico, por causa disso elas se mantêm em equilíbrio térmico com o ambiente como visto no gráfico A.
- III. Analisando os gráficos A e B, é possível inferir que a variação térmica no olho do tucano foi menor que a variação térmica nas penas em relação à temperatura do ambiente.
- IV. A parte proximal do bico sofre um súbito aumento de diferença de temperatura quando a temperatura ambiente passa dos 20°C (gráfico C). Uma possível explicação para o aumento é a vasodilatação dos vasos sanguíneos que irrigam o bico permitindo uma maior troca de calor.
- V. A parte distal do bico tem o pico de diferença na temperatura a partir de 25°C enquanto a parte proximal sofre uma queda. Logo, em uma temperatura ambiente de 30°C, o bico está mais quente (e dissipando mais calor) na parte distal do que proximal.

Gabarito comentado:

- I. **V.** RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert. A Economia da Natureza. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. Capítulo 3 e URRY, Lisa A et al. **Biologia de Campbell**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. 1448 p. ISBN 9786558820673, capítulo 40 definem que a maioria das aves são animais endotérmicos os quais usam o calor metabólico para repor a perda de calor e confere exemplos de adaptações corporais e comportamentais que auxiliam a perder ou ganhar calor
- II. **F.** Penas não são estruturas homólogas aos pelos dos mamíferos pois possuem diferentes origens filogenéticas. Além disso, a partir da análise do gráfico, as penas não estão em equilíbrio térmico com o meio ambiente pois a diferença de temperatura é não nula. Por definição, o equilíbrio térmico é alcançado entre dois corpos ou um corpo e o meio externo quando a diferença de temperatura entre eles é nula.
- III. **V.** A partir da análise dos gráficos, a temperatura das penas variou de aproximadamente 12° C para 37°C para uma variação da temperatura ambiente de 10°C para 35°C, enquanto que a temperatura do olho variou de 30°C para 40°C para uma variação da temperatura ambiente de 10°C para 35°C.
- IV. **V.** A afirmativa condiz com o gráfico e com as estratégias de adaptação circulatórias mostradas no capítulo 3 de V. RELYEA, Rick; RICKLEFS, Robert. A Economia da Natureza. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021. E no capítulo 40 de URRY, Lisa A et al. **Biologia de Campbell**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. 1448 p. ISBN 9786558820673
- V. **F.** A análise do gráfico mostra que a diferença de temperatura para a temperatura ambiente de 30°C de ambas as partes do bico é de aproximadamente 4°C, portanto a afirmativa é falsa ao afirmar que o bico está muito mais quente na parte distal do que na parte proximal. A parte distal do bico tem o pico de diferença na temperatura a partir de 20°C enquanto a parte proximal sofre uma queda.

3. Diferente de muitos vírus de RNA, o genoma do Influenza é segmentado, consistindo em oito fragmentos distintos de RNA de fita simples e polaridade negativa. Essa característica permite dois mecanismos evolutivos principais: o *Antigenic Drift* (deriva antigênica) e o *Antigenic Shift* (salto antigênico). O *Antigenic Shift* é particularmente perigoso, pois pode ocorrer em hospedeiros intermediários (como suínos), que possuem receptores tanto para vírus aviários quanto humanos, funcionando como "reatores" para a criação de novos subtipos com potencial pandêmico.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. (V) O *Antigenic Shift* ocorre através do rearranjo de segmentos genômicos (também conhecido como *reassortment*) quando uma mesma célula é co-infectada por dois subtipos virais diferentes.
- II. (F) O acúmulo de mutações pontuais que caracteriza o *Antigenic Drift* deve-se à alta fidelidade da RNA polimerase viral, que evita erros durante a transcrição do RNA.
- III. (V) A imunidade prévia adquirida por infecções passadas ou vacinação geralmente oferece proteção parcial contra o *Antigenic Drift*, mas é frequentemente ineficaz contra um novo subtipo surgido por *Antigenic Shift*.
- IV. (F) O Vírus Influenza B (causador da gripe sazonal), por infectar exclusivamente humanos e não possuir o genoma segmentado, não apresenta o risco de causar pandemias globais via *Antigenic Shift*.
- V. (V) Um vírus Influenza A (causador da gripe aviária) que adquire um novo segmento da proteína HA (hemaglutinina) através de *reassortment* pode infectar humanos que não possuem anticorpos neutralizantes contra esse novo antígeno.

Gabarito Comentado:

1. Afirmativa I – Verdadeira:

O *Antigenic Shift* ocorre por rearranjo (*reassortment*) de segmentos genômicos quando dois vírus Influenza A diferentes co-infectam a mesma célula. Como o genoma é segmentado em oito fragmentos de RNA de polaridade negativa, durante a montagem dos novos vírions podem ser incorporadas combinações híbridas de segmentos provenientes de ambos os vírus parentais ("originais"). Esse mecanismo pode originar novos subtipos de hemaglutinina (HA) e/ou neuraminidase (NA).

2. Afirmativa II – Falsa:

O erro está em "alta fidelidade". As mutações constantes (*Drift*) surgem do acúmulo gradual de mutações pontuais decorrentes da baixa fidelidade das RNA polimerases virais têm baixa fidelidade. Estas enzimas não possuem mecanismos de revisão (conhecidos também como *proofreading*), o que leva a elevada taxa de erro durante a replicação do seu genoma.

3. Afirmativa III – Verdadeira:

No caso do *Drift*, as alterações antigênicas são graduais e preservam parte dos epítomos originais, permitindo alguma proteção cruzada mediada pela memória imunológica que o indivíduo já tinha. Já no *Shift*, a introdução de uma nova HA ou NA pode resultar em um vírus para o qual a população possui pouca ou nenhuma imunidade prévia, tornando a resposta imune de memória ineficaz.

4. Afirmativa IV – Falsa:

O Influenza B também possui genoma segmentado em oito fragmentos de RNA, sendo capaz de sofrer rearranjos entre linhagens do próprio tipo B. O que impede o *Shift* pandêmico no tipo B é o fato de ele não circular amplamente em reservatórios animais, limitando as oportunidades de troca de genes com vírus de diferentes espécies. Essa restrição ecológica reduz o potencial de surgimento de variantes com características pandêmicas semelhantes às observadas no Influenza do tipo A. E não é um vírus exclusivo de humanos.

5. Afirmativa V – Verdadeira:

Quando um vírus Influenza A adquire um novo segmento de hemaglutinina capaz de reconhecer receptores humanos, pode emergir um subtipo distinto. Se esse vírus mantiver eficiência de transmissão entre humanos e encontrar uma população sem anticorpos neutralizantes contra essa nova HA, surge um possível cenário de emergência de uma nova pandemia, pois teríamos um vírus novo, altamente transmissível e para o qual a população mundial é imunologicamente "virgem" (ou *naïve*).

Referências:

KNIPE, David M.; HOWLEY, Peter M. *Fields Virology*. 7. ed. Lippincott Williams & Wilkins, 2020

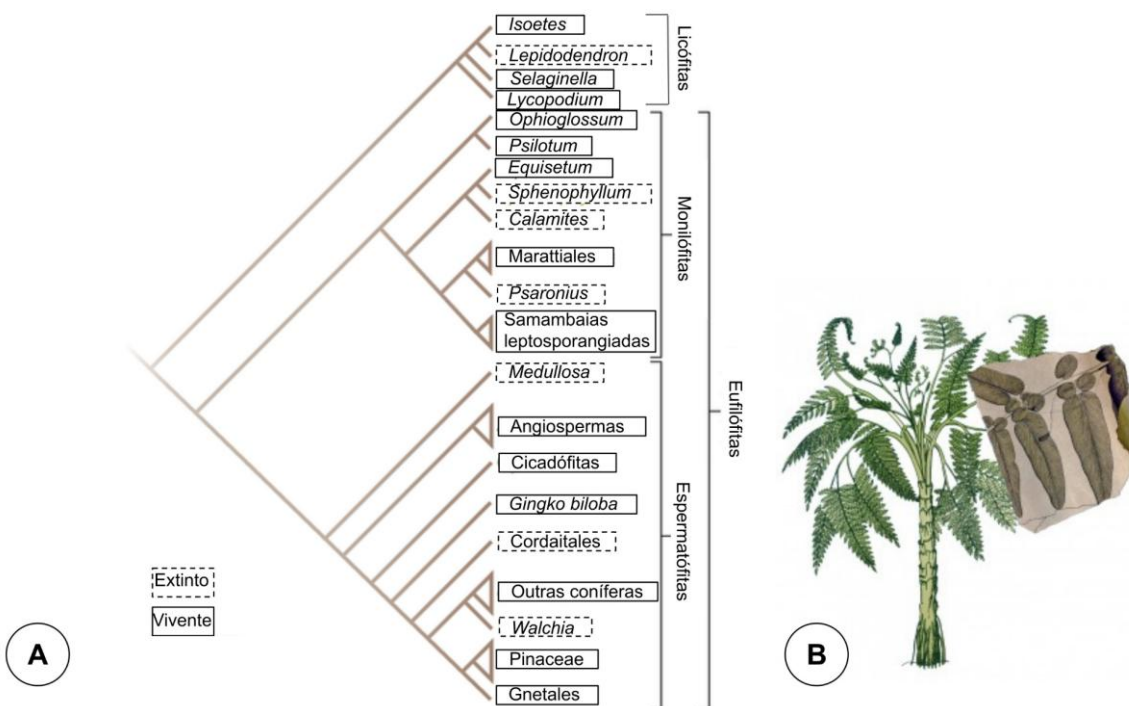
KRAMMER, F.; SMITH, G. J. D.; FOUCHIER, R. A. M.; PEIRIS, M.; KEDZIERKA, K.; DOHERTY, P. C.; PALESE, P.; SHAW, M. L.; TREANOR, J.; WEBSTER, R. G.; GARCÍA-SASTRE, A. Influenza. *Nature Reviews Disease Primers*, v. 4, n. 1, p. 1–21

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

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Manual for the laboratory diagnosis and virological surveillance of influenza*. Geneva: WHO Press, 2011

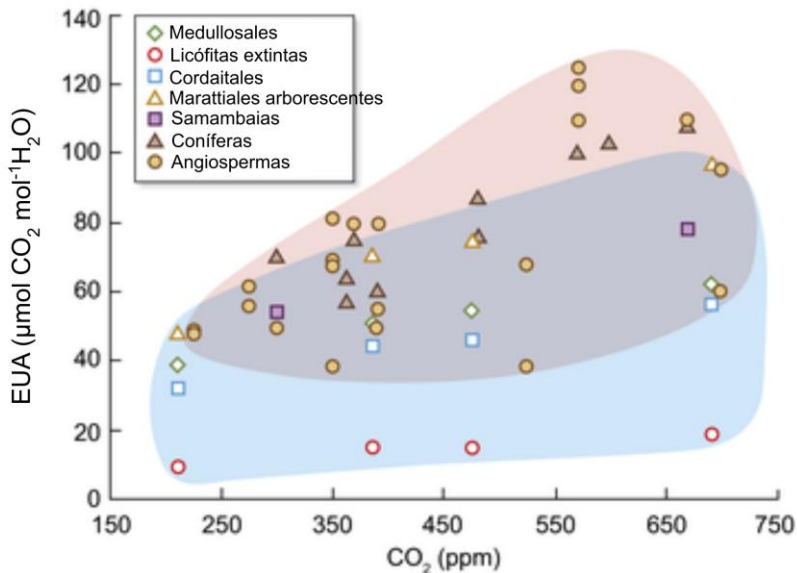
WEBSTER, Robert G. et al. Evolution and ecology of influenza A viruses. *Microbiological Reviews*, v. 56, n. 1, p. 152-179, 1992.

4 - O período Carbonífero (323-299 milhões de anos atrás), foi a época da penúltima era glacial da Terra e da formação generalizada de carvão. As florestas deste período eram dominadas por linhagens extintas de plantas vasculares, o que contrasta com o predomínio de angiospermas nas florestas tropicais atuais. As relações filogenéticas entre algumas espécies do período Carbonífero que já foram extintas e os grupos vivos, bem como o aspecto geral de duas espécies de plantas encontradas no Carbonífero estão mostrados na figura 1:



Legenda da Figura 1: A. Filogenia das traqueófitas viventes e extintas, estas últimas encontradas nas florestas do Carbonífero. Fonte: Modificado de: Wilson, J. P., *et al.* (2017). Portal OKLAHOMA Museum of Natural History.

O estudo dos fósseis permite que os cientistas possam, através de ferramentas de predição, estimar alguns parâmetros fisiológicos das plantas do período Carbonífero e compará-los com os das espécies viventes. Um desses parâmetros é a eficiência do uso da água (EUA), que consiste na razão entre a quantidade de moléculas CO_2 fixada pela planta e a quantidade de moléculas de água perdidas pela transpiração. A comparação entre os valores da EUA de plantas do Carbonífero e outros grupos está representada na figura 2:



Legenda da Figura 2: Eficiência do uso da água (EUA) em grupos viventes (símbolos fechados, delimitados em conjunto no gráfico pela curva rosa) e extintos (símbolos abertos, delimitados em conjunto no gráfico pela curva azul) de traqueófitas.

Fonte: Adaptado de: Wilson, J. P., *et al.* (2017).

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. Uma das evidências que os cientistas podem ter utilizado para chegar à conclusão de que o fóssil mostrado na figura 1.B seria uma espécie de Medullosales é a presença de soros na face abaxial das folhas.
- II. As licófitas extintas devem apresentar separação espacial entre a fixação inicial do CO_2 e a utilização deste gás pela RuBisCo.
- III. Como uma tendência geral, os grupos viventes de traqueófitas são mais tolerantes ao estresse hídrico do que os grupos que predominavam no período Carbonífero.
- IV. No período Carbonífero, a vegetação era predominantemente composta por grupos que são mais próximos filogeneticamente entre si do que das angiospermas.
- V. A redução da concentração do CO_2 atmosférico pode diminuir a tolerância das Marattiales arborescentes ao estresse hídrico.

Gabarito:

- I. (F). A filogenia indica que as Medullosales são espermatófitas e, portanto, produzem sementes ao invés de apresentarem soros (estruturas reprodutivas típicas das samambaias).
- II. (F). A alternativa descreve o mecanismo presente nas plantas com fotossíntese C_4 , que evita a ocorrência da atividade oxidase da RuBisCo e, conseqüentemente, aumenta a eficiência do uso da água (EUA). Como as licófitas

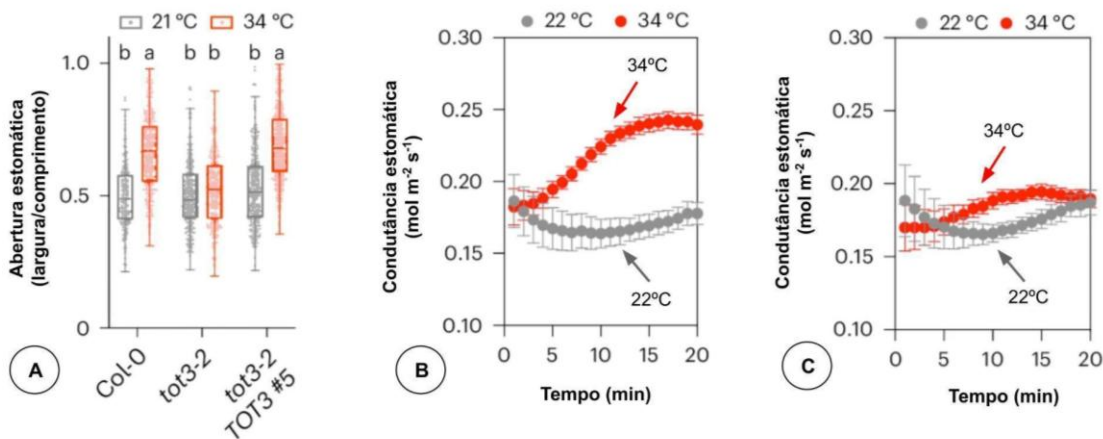
extintas apresentam os menores valores de EUA, é improvável que essas plantas possuíssem algum mecanismo concentrador de CO₂.

III. (V). Embora haja certa sobreposição, a curva rosa do gráfico, correspondente aos grupos vivos, apresenta em geral valores maiores de eficiência do uso da água do que a curva azul, que corresponde aos grupos extintos.

IV. (F). Como pode ser observado pela filogenia, de forma geral, os grupos que compunham as florestas do Carbonífero possuem divergência antiga e, portanto, grande distância filogenética entre si. Por outro lado, alguns desses grupos, como Medullosales e Cordaitales são relativamente próximos filogeneticamente das angiospermas.

V. (V). O gráfico mostra que a menor concentração de CO₂ reduz a EUA da maioria das plantas, inclusive nas Marattiales arborescentes. Com uma menor EUA, há também uma menor tolerância ao estresse hídrico.

5. O gene *TOT3* codifica a proteína TOT3, que, em sua forma ativa (desfosforilada) atua no controle da abertura estomática em resposta a temperatura. Sabendo disso, um grupo de cientistas realizou uma pesquisa a fim de compreender melhor a função do gene *TOT3*. Para isso, foram analisadas diferentes linhagens de *Arabidopsis thaliana*: Col-0 (selvagem), *tot3-2* (com gene *TOT3* não funcional) e *tot3-2 TOT3 #5* (com o gene *TOT3* original não funcional mas complementada com adição de uma cópia funcional do gene *TOT3*). Os principais resultados da pesquisa nas diferentes linhagens estão representados na figura 1:



Legenda: - A. Abertura estomática em três linhagens de *A. thaliana* (para cada grupo, foram representados os resultados obtidos em 21°C (esquerda/cinza) e 34°C (direita/vermelho). B. Condutância estomática em duas temperaturas distintas (22°C e 34°C) em uma das linhagens mutantes de *A. thaliana* (*tot3-2* ou *tot3-2 TOT3 #5*), a qual não foi indicada. C. Condutância estomática em em duas temperaturas distintas (22°C e 34°C) uma das linhagens mutantes de *A. thaliana* (*tot3-2* ou *tot3-2 TOT3 #5*) a qual não foi indicada.

Fonte: Adaptado de: Xu, X., et al. (2025).

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. Em resposta a elevadas temperaturas, a linhagem selvagem (Col-0) de *A. thaliana* reduz a transpiração como forma de evitar a perda excessiva de água.
- II. A função do gene *TOT3* é evitar que os estômatos permaneçam abertos em temperaturas mais baixas.
- III. Os gráficos de condutância estomática 1.B e 1.C correspondem aos das linhagens *tot3-2 TOT3 #5* e *tot3-2*, respectivamente.
- IV. Em uma linhagem com gene *TOT3* funcional, mas com a proteína TOT3 sempre fosforilada, as plantas deverão ter o padrão de abertura estomática semelhante ao da linhagem *tot3-2*.

V. Caso uma linhagem mutante de *A. thaliana* apresente a proteína TOT3 sempre funcional (independente da temperatura), ela terá maior abertura estomática a 21°C em comparação às linhagens analisadas na pesquisa do enunciado da questão.

Gabarito:

I. (F). A linhagem selvagem (Col-0) possui maior abertura estomática (e conseqüentemente maior transpiração) a 34°C do que a 21°C. Uma possível explicação para isso é que o aumento da transpiração foliar reduz a temperatura da planta.

II. (F). O gene *TOT3* tem a função oposta, induzir a abertura dos estômatos em temperaturas elevadas. Isso pode ser concluído a partir da análise dos gráficos, já que a presença do gene não funcional sem a complementação na linhagem *tot3-2* não altera a abertura estomática a 21/22°C, mas sim reduz essa abertura em comparação com a linhagem Col-0 a 34°C.

III. (V). A linhagem *tot3-2 TOT3 #5*, devido a complementação, apresenta maior abertura e, conseqüentemente, condutância estomática a 34°C do que a 21/22°C, o que corresponde ao gráfico 1.B. Por outro lado, a linhagem *tot3-2* não apresenta a ação da proteína TOT3 de induzir maior abertura e, conseqüentemente, maior condutância estomática a 34°C. Portanto, as condutâncias estomáticas a 22°C e a 34°C nessa linhagem são semelhantes, o que é observado no gráfico 1.C.

IV. (V). A fosforilação desativa a atividade da proteína TOT3 e, portanto, esta linhagem terá abertura estomática semelhante a da linhagem com gene *TOT3* não funcional (*tot3-2*).

V. (V). A proteína TOT3 sempre funcional irá, em qualquer temperatura, induzir a abertura estomática. Portanto, haverá maior abertura estomática a 21°C em comparação às linhagens analisadas na pesquisa.

6. *Calotropis procera* (algodão-de-seda) é uma espécie de arbusto nativa de regiões tropicais da África e Ásia. No Brasil, ela tem sido considerada uma espécie invasora, especialmente na Caatinga e na Restinga. Nesses ambientes, *C. procera* possui um rápido crescimento e é encontrada preferencialmente em áreas abertas, onde houve alguma perturbação ambiental, como pisoteio de gado e queimadas.



Legenda: - *Calotropis procera*. A. Visão geral de um indivíduo com flores e frutos. B. Flores abertas e botões florais. C. Sementes.

Fonte: Google imagens.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

I. *C. procera* é uma eudicotiledônea.

II. A simetria das flores de *C. procera* é bilateral (zigomorfa).

III. A polinização de *C. procera* depende de apenas uma espécie endêmica da Ásia e África, caracterizando-a como altamente específica.

IV. A morfologia das sementes de *C. procera* torna o estabelecimento desta espécie facilitado em áreas abertas e com correntes de vento.

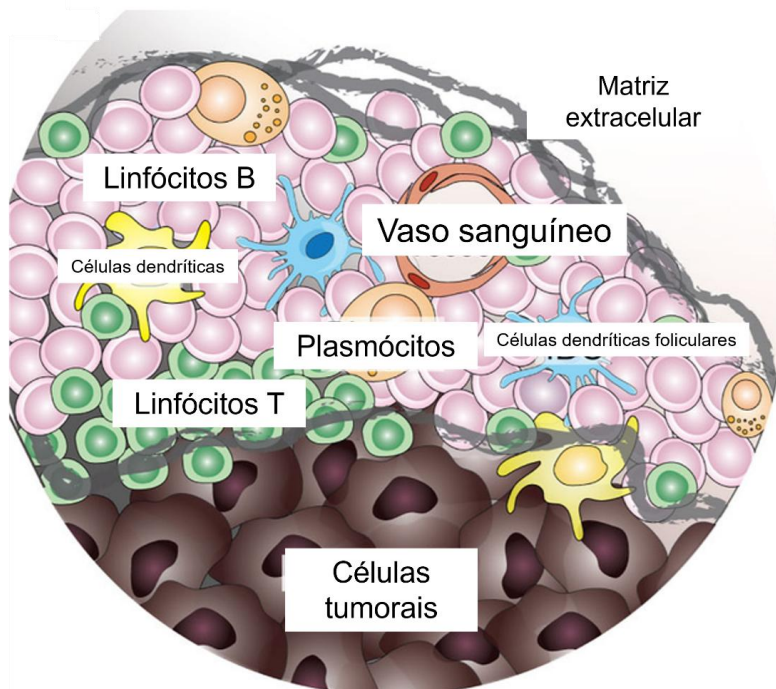
V. A ampliação de áreas de proteção ambiental, onde a vegetação nativa não pode ser retirada, pode ser uma forma de evitar a ampliação de áreas invadidas por *C. procera*.

Gabarito:

- I. (V). Características mostradas nas imagens como a venação peninérvea e a presença de flores pentâmeras são evidências de que *C. procera* é uma eudicotiledônea.
- II. (F). A simetria das flores de *C. procera* é radial (actinomorfa), já que é possível traçar vários planos de simetria em suas flores.
- III. (F). Caso a afirmativa fosse verdadeira, a reprodução de *C. procera* seria muito ineficiente nos ambientes em que ela é considerada invasora, o que seria uma barreira ao seu estabelecimento. Na realidade, a polinização de *C. procera* consegue ocorrer com uma variedade relativamente grande de insetos.
- IV. (V). A imagem mostra que as sementes de *C. procera* possuem tufo de pelos que são importantes para a anemocoria, ou seja, dispersão pelo vento. Essa forma de dispersão favorece o estabelecimento de *C. procera* em ambientes abertos e com correntes de vento.
- V. (V). A ocupação de *C. procera* se dá preferencialmente em áreas de perturbação ambiental, logo áreas de proteção podem minimizar seu alastramento em novos ambientes.

7. Estruturas linfoides terciárias (TLS, do inglês *Tertiary lymphoid structures*) são acúmulos não ortotrópicos de tecido linfóide com organização variável, que surgem em resposta a inflamações mediadas pelo sistema imunológico (Inflamação crônica, como tumores, infecções ou doenças autoimunes). Os TLS são formados por uma zona rica em células T, um núcleo de células B (frequentemente com centros germinativos), células dendríticas foliculares, células estromais e vênulas endoteliais altas. Macrófagos e neutrófilos apresentam-se dispersos dentro da estrutura. O TLS no tumor tem como função promover a ativação, proliferação e diferenciação de linfócitos T e B para o ataque antitumoral.

Estrutura linfóide terciária



Legenda: Organização da resposta imune local: estrutura linfóide terciária composta por agregados linfocitários em proximidade a células tumorais.

Fonte: Adaptado de Tiarne Van de Walle (2021).

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. Os plasmócitos produzem anticorpos de alta afinidade contra as células tumorais.
- II. Os macrófagos no TLS são as únicas células que atuam apresentando antígenos e ativando linfócitos reguladores.
- III. As células dendríticas fazem apresentação de antígenos para células reguladoras e citotóxicas.
- IV. As células dendríticas fazem apresentação de antígenos para células citotóxicas, que, por sua vez, atacam células tumorais.
- V. Os neutrófilos são células da imunidade inata que, no TLS, atuam na resposta antitumoral apresentando antígenos para linfócitos reguladores.

Questão comentada

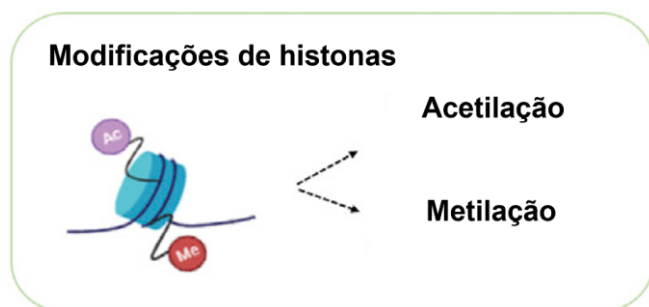
Afirmativa I – **Verdadeiro**. Plasmócitos são derivados da diferenciação de linfócitos B, sua função principal é a produção e secreção massiva de anticorpos.

Afirmativa II – **Falsa**. Embora macrófagos possam apresentar antígenos e modular a resposta imune, eles não são as principais células responsáveis pela ativação inicial de linfócitos T nos TLS. As células dendríticas exercem esse papel central.

Afirmativas III e IV – **Verdadeiras**. Sabe-se que as células dendríticas são as principais apresentadoras de antígenos. Elas são capazes de iniciar mecanismos da imunidade adaptativa a partir da apresentação de antígenos para os linfócitos T CD4⁺ e CD8⁺.

Afirmativa V – **Falsa**. Neutrófilos são células da imunidade inata, mas não são células apresentadoras de antígeno.

8. A desregulação de mecanismos epigenéticos de controle da expressão gênica pode ser considerada uma das “marcas do câncer”, comumente chamadas de *hallmarks*, promovida em consequência à iniciação e progressão da tumorigênese. A compreensão dos padrões de metilação do DNA, das modificações pós-traducionais de histonas e das alterações na expressão de RNAs não codificadores fundamenta os conceitos de epigenética e biologia tumoral.



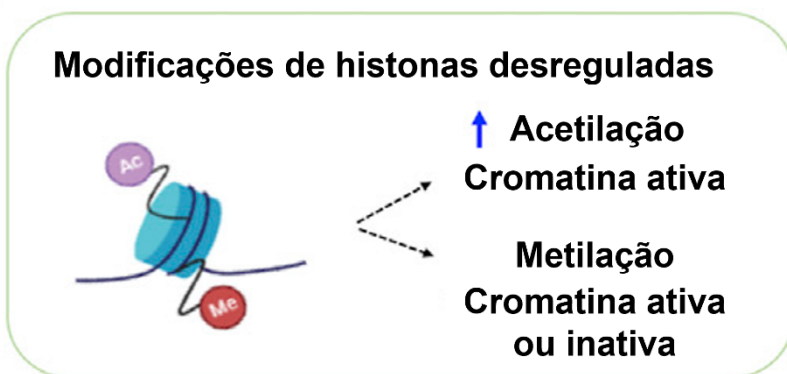
Legenda: Desenho esquemático representando modificações epigenéticas.

Fonte: Adaptada de Costa et al. (2023).

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. A modificação epigenética do DNA mais comum é a adição química de um grupo metil ao carbono 5 da citosina.
- II. Fungos, plantas e invertebrados também apresentam mecanismos de metilação, mas com funções e padrões distintos.
- III. Regiões promotoras localizadas próximas aos sítios de início da transcrição são associadas a regiões de cromatina aberta e transcricionalmente ativa, caracterizadas pela acetilação de histonas.
- IV. A acetilação e a metilação são reações químicas reversíveis e que são independentes, ou seja, não interagem funcionalmente entre si.
- V. A inativação da transcrição gênica é causada pela acetilação em regiões promotoras.

Figura original



V – V – V – F – F

Afirmativa I – Verdadeira

Sim, a modificação mais comum do DNA é a adição química de um grupo metil ao carbono 5 da citosina.

Afirmativa II – Verdadeira

Segundo Martienssen e colaboradores, plantas e alguns fungos (os filamentosos) compartilham com os mamíferos enzimas responsáveis pela metilação do DNA.

Afirmativa III – Verdadeira

O processo de transcrição está diretamente relacionado com a abertura da cromatina, caracterizada por acetilação de histona.

Alternativa IV – Falsa

Está correto que as reações de acetilação e a metilação sejam reversíveis. Porém, estas reações são processos altamente interdependentes na regulação epigenética, frequentemente atuando como um mecanismo complexo de “*crosstalk*” (intercomunicação) para controlar a expressão gênica.

Alternativa V – **Falsa**

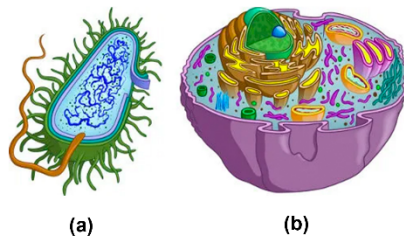
A inativação da transcrição ocorre via metilação, especificamente, em regiões promotoras das ilhas CpG.

Referências

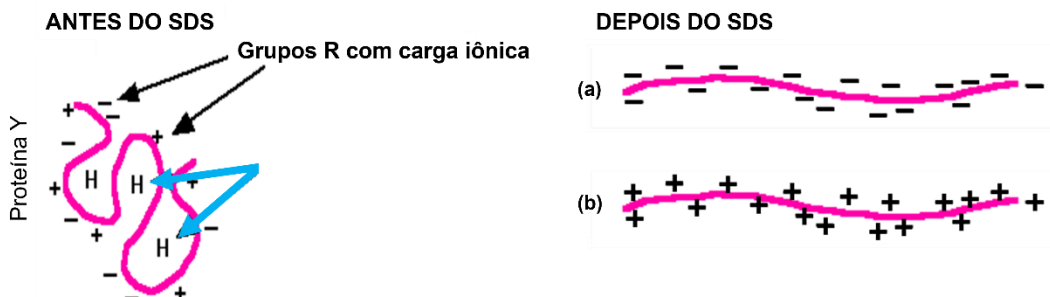
1. Costa PMDS, Sales SLA, Pinheiro DP, Pontes LQ, Maranhão SS, Pessoa CDÓ, Furtado GP, Furtado CLM. Epigenetic reprogramming in cancer: From diagnosis to treatment. *Front Cell Dev Biol.* 2023 Feb 14;11:1116805. doi: 10.3389/fcell.2023.1116805. PMID: 36866275; PMCID: PMC9974167.
2. Martienssen RA, Colot V. DNA methylation and epigenetic inheritance in plants and filamentous fungi. *Science.* 2001 Aug 10;293(5532):1070-4. doi: 10.1126/science.293.5532.1070. Erratum in: *Science* 2001 Sep 14;293(5537):1997. PMID: 11498574.
3. Antequera F. Structure, function and evolution of CpG island promoters. *Cell Mol Life Sci.* 2003 Aug;60(8):1647-58. doi: 10.1007/s00018-003-3088-6. PMID: 14504655; PMCID: PMC11138798.

9. Acerca do processo de expressão de proteínas, imagine que você irá expressar um plasmídeo contendo o gene de interesse X utilizando uma linhagem celular. Em seguida, você precisa aplicar metodologias para obtenção desta proteína, que iremos chamá-la de proteína Y. Considere que por conta deste experimento, a sequência gênica e seu produto proteico são conhecidos e amplamente descritos na literatura.

1)



2)



Legenda: Desenho esquemático da diferenciação entre tipos celulares e ação do SDS (Dodecil Sulfato de Sódio - um detergente aniônico) em macromoléculas. (1) Esquemas de diferentes organizações celulares. (2) Representação do processo de desnaturação e mascaramento de carga da Proteína Y pelo SDS, resultando na linearização da cadeia polipeptídica. Apenas uma das cargas (negativa ou positiva) é de fato conferida pelo SDS.

Fonte: Adaptado de Blog Portal Educação e Davidson College.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. Caso a proteína Y fosse expressa, por exemplo, utilizando a linhagem *Escherichia coli* BL21 (DE3), passaria por modificações pós-traducionais como a glicosilação.
- II. É possível purificar e identificar a proteína Y por técnicas laboratoriais.
- III. Em técnicas de eletroforese, o detergente SDS se liga à proteína Y e muda sua carga elétrica permitindo sua migração no gel e separação de acordo com o peso molecular.
- IV. As setas em azul indicam as regiões hidrofóbicas da proteína Y antes do SDS. Após o seu uso, a proteína Y adquire carga elétrica positiva.
- V. A vantagem de utilizar a linhagem celular (b) é que os processos de transcrição e tradução ocorrem simultaneamente, de forma rápida e eficiente.

Agora assinale a alternativa correta:

F – V – V – F – F

Afirmativa I – **Falsa**

Ao utilizar linhagem celular procariótica, a glicosilação é uma das modificações pós-traducionais que não ocorre, pois, bactérias não possuem organelas celulares como Retículo Endoplasmático e Complexo de Golgi, local onde ocorre a glicosilação. Na análise da figura, o candidato deve levar em consideração a escolha da linhagem celular eucarionte para que ocorra o processo de glicosilação.

Afirmativa II – **Verdadeira**

Sim, uma das formas de identificar é aplicar o sobrenadante bacteriano em uma coluna de cromatografia de exclusão por tamanho, é possível identificar a proteína de interesse, por exemplo.

Afirmativa III – **Verdadeira**

A utilização do detergente aniônico SDS no tampão de amostra e no tampão de corrida desnatura as proteínas e lhes confere carga negativa uniforme. Essa propriedade permite que as proteínas migrem pelo gel de poliacrilamida em direção ao polo positivo do sistema de corrida, sendo separadas principalmente conforme o peso molecular.

Afirmativa IV – **Falsa**

Embora as setas em azul indiquem corretamente as regiões hidrofóbicas da proteína Y (caracterizadas por interagir entre si voltadas para o interior da proteína em meio aquoso), o SDS desnatura a proteína conferindo carga elétrica negativa.

Afirmativa V – **Falsa**

A linhagem celular (b) é uma célula eucariótica, possui núcleo celular definido e seu material genético não é encontrado no citoplasma, o que confere a alternativa falsa. O processo de transcrição e tradução acoplado ocorre em bactérias, onde a síntese do RNA mensageiro a partir do DNA e a produção de proteínas pelos ribossomos ocorrem simultaneamente no citoplasma.

Fonte das imagens:

- (1) <https://www.bio.davidson.edu/movies/genomics/method/SDSPAGE/SDSPAGE.html>
- (2) <https://blog.portaleducacao.com.br/o-que-sao-celulas-procariontes-e-eucariontes/>

Referências

1. Liu, K., Wu, C., Zhu, M. *et al.* Structural characteristics of alpha-fetoprotein, including N-glycosylation, metal ion and fatty acid binding sites. *Commun Biol* **7**, 505 (2024). <https://doi.org/10.1038/s42003-024-06219-0>

10. Os dados do tamanho de pétalas das flores Íris foram medidos em 1936 por R. A. Fisher foram disponibilizados para o estudo de ciências de dados. A dispersão dos dados permite que se caracterize as três espécies: *Iris virginica*, *Iris versicolor* e *Iris setosa*. A imagem abaixo mostra o comprimento da pétala em centímetros de cada espécie e sua dispersão em diagrama de caixa e gráfico de violino. O primeiro demonstra os valores mínimos e máximo atingidos; a linha central corresponde a mediana; e o retângulo colorido ao primeiro quartil, ou seja 25% dos dados com valores acima/abaixo da mediana. Enquanto o gráfico de violino, a forma da região mostra em detalhes a dispersão dos dados, além dos valores máximo, mínimo, mediana e primeiro quartil.

Análise do Dataset Iris (Fonte: UCI Machine Learning Repository)

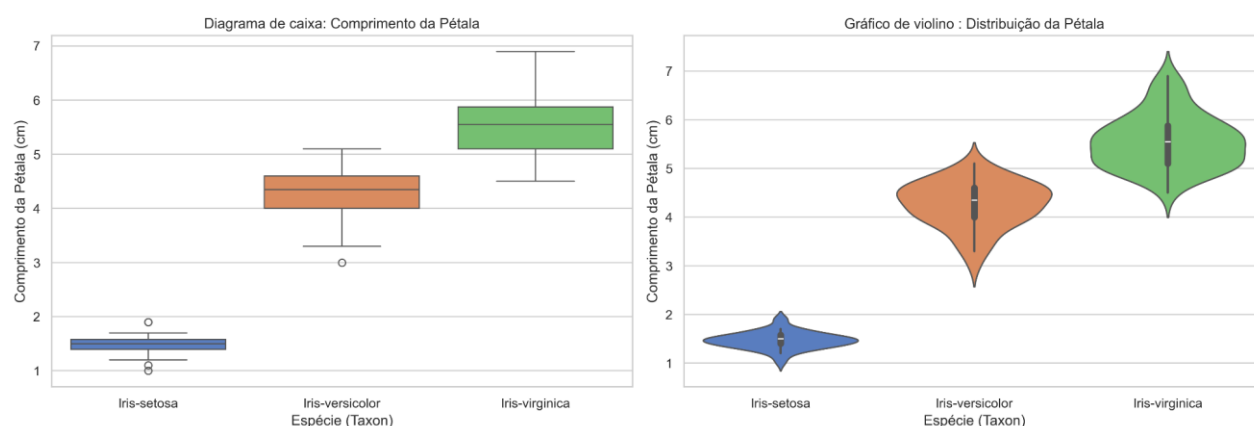


Figura 1:

Diagrama de caixa e gráfico de violino gerados a partir dos dados disponibilizados pela UCI. Onde, dados da esquerda (azul) são de *Iris setosa*; dados do meio (vermelhos) são de *Iris versicolor*; e os dados da direita (verdes) são de *Iris virginica* para ambos os gráficos. Fonte: <https://archive.ics.uci.edu/dataset/53/iris>



Figura 2: Da esquerda para a direita, respectivamente: *Iris virginica*, *Iris versicolor*, e *Iris setosa*.

Fonte: Unwin, A., & Kleinman, K. (2021).

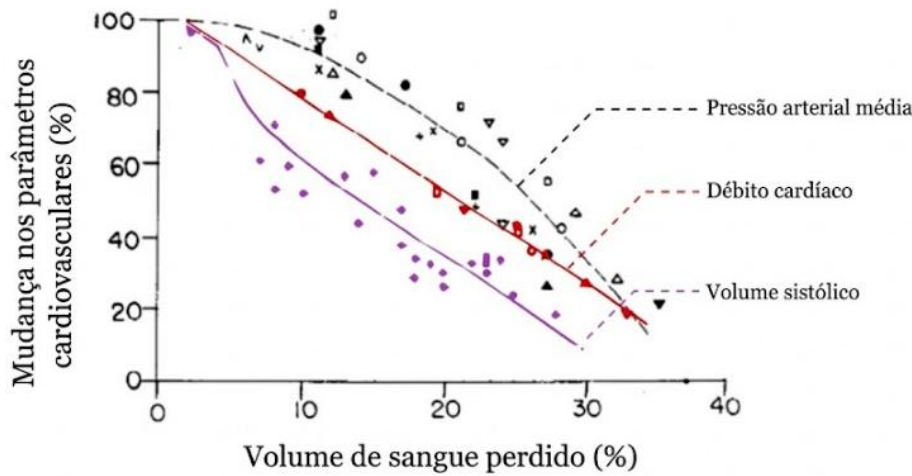
Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. O gráfico de violino permite observar que a distribuição de dados das três espécies se aproxima de uma distribuição normal.
- II. A medida do tamanho de pétala da espécie *Iris setosa* é mais precisa, pois tem um desvio padrão menor.
- III. A linha central do diagrama de caixa separa 50% dos valores dos dados de uma dada espécie, enquanto que cada retângulo colorido contém 25% desses valores.
- IV. O ponto de maior largura da distribuição de violino se aproxima da média dos dados de cada espécie.
- V. As distribuições de dados nos dois gráficos (Figura 1) mostram claramente a diferença de tamanho das pétalas das três espécies, o que a olho nu (Figura 2) pode ser difícil de distinguir em alguns casos.

Gabarito

- I. O gráfico de violino permite observar que a distribuição de dados das três espécies se aproxima de uma distribuição normal. (Verdadeiro)
- II. A medida do tamanho de pétala da espécie setosa é mais precisa, pois tem um desvio padrão maior. (VERDADEIRO)
- III. A linha central do diagrama de caixa separa 68% dos valores dos dados de uma dada espécie, enquanto que cada retângulo colorido contém 34% desses valores. (VERDADEIRO)
- IV. O ponto de maior largura da distribuição de violino se aproxima da média dos dados de cada espécie. (Verdadeiro)
- V. A distribuição de dados nos dois gráficos mostram claramente a diferença de tamanho das pétalas das três espécies, o que a olho nu pode ser difícil de distinguir, já que há uma diferença de poucos centímetros entre cada uma delas. (Verdadeiro).

11. Analise o gráfico, representando um quadro de hemorragia para responder à questão.



Legenda: Relação entre a perda de volume sanguíneo e a mudança nos parâmetros cardiovasculares. Onde: pressão arterial média (preto); débito cardíaco (vermelho) e volume sistólico (lilás). Considere no eixo X o Tempo I = 0 – 10%.

Fonte: Adaptado de Portal Deranged Physiology.

Débito cardíaco = volume ejetado/unidade de tempo.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. () O gráfico prova que pressão arterial (PA) não está associada a fatores cardíacos, mas sim de circulação periférica.
- II. () No tempo I, ocorre compensação simpática e hormonal da perda de volume sanguíneo, mantendo a PA.
- III. () O Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona, por ser um mecanismo de regulação osmótica e funcionar predominantemente em ajustes renais de longo prazo, não atua no cenário descrito.
- IV. () A manutenção da PA em momentos iniciais de perda de volume sanguíneo indica que os tecidos periféricos continuam sendo perfundidos normalmente.
- V. () A ativação simpática, mediada a partir de barorreceptores no arco aórtico e seio carotídeo, eleva a frequência cardíaca, explicando a dissociação parcial entre o débito e o volume sistólico.

F-V-F-F-V

Gabarito –

I – **Falsa**. Fatores cardíacos são essenciais na determinação da PA. Ademais, o gráfico mostra essa associação que, devido aos mecanismos compensatórios, é mais tardia.

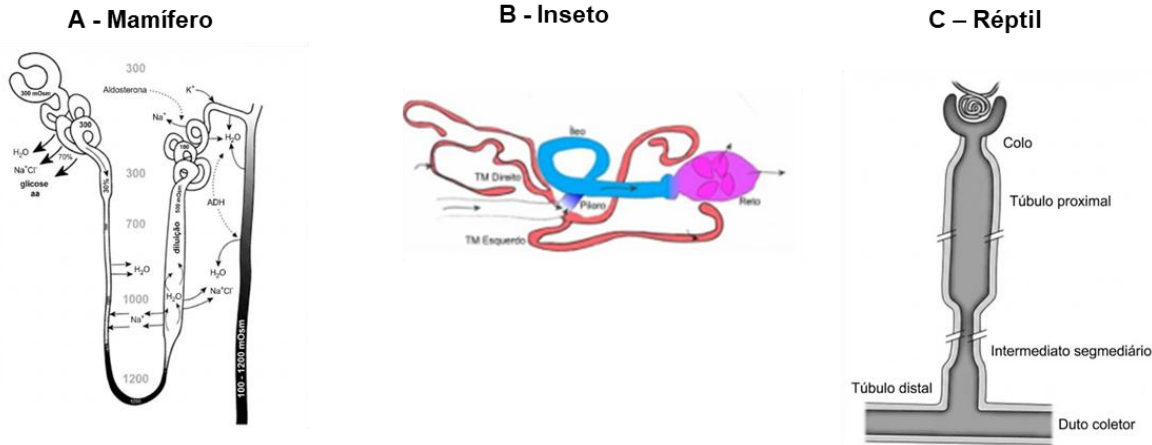
II – **Verdadeira**. O SNS leva a liberação de adrenalina e noradrenalina, tanto hormonal quanto como neurotransmissor, atuando na vasoconstrição periférica, aumento da FC etc. Além disso, outros mecanismos compensatórios estão em ação, como o SRAA.

III – **Falsa**. O SRAA é um dos responsáveis pela regulação da PA e atua de forma imediata. Quando a pressão na artéria aferente cai, o aparelho justa glomerular libera Renina, iniciando o processo.

IV – **Falsa**. A manutenção da PA vem às custas da vasoconstrição periférica, conseqüentemente diminuindo a perfusão para tecidos não essenciais.

V – **Verdadeira**.

12. Analise as figuras abaixo e responda à questão.



Legenda: Representação esquemática de sistemas excretores em diferentes grupos animais. Em A, unidade funcional de um mamífero; em B, estruturas componentes do sistema de um inseto; e em C, organização tubular do sistema de um réptil. Os diagramas ilustram a diversidade morfológica das estruturas responsáveis pela manutenção da homeostase osmótica.

Fonte: Adaptado de Raidal & Raidal (2006) e Cohen *et al.* (s.d.) e Holz (2020).

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. () O modelo representado em A, considerando apenas a anatomia do sistema urinário, é o mais eficiente em termos de reabsorção de água.
- II. () Nos modelos, o filtrado produzido diretamente pela passagem através dos glomérulos ou túbulos de Malpighi é hiperosmótico em situações de escassez hídrica.
- III. () Para que ocorra reabsorção de água é essencial o estabelecimento de gradientes osmóticos.
- IV. () Os túbulos de Malpighi, representados em B, produzem urina iso-osmótica em relação a hemolinfa.
- V. () Considerando o tipo de composto nitrogenado excretado a retenção global de água, a estratégia adotada pelos animais do modelo A é a mais eficiente, mas possui custo energético alto quando comparado às outras duas.

Gabarito – V – F – V – V – F

I – **Verdadeira**. Considerando apenas a estrutura renal (néfron), o modelo A reabsorve muito mais água que os outros devido a seu gradiente hiperosmótico medular.

II – **Falsa** - A urina primária — por ser um filtrado glomerular ou dos túbulos de Malpighi (formada pela passagem de fluido através de uma barreira permeável a água e sais) — não pode ser hiperosmótica. A concentração da urina ocorre apenas após o processamento em estruturas subsequentes.

III – **Verdadeira**. A água se movimenta do menor para o maior gradiente osmótico, com esse delta sendo estabelecido principalmente pelo transporte ativo de solutos.

IV – **Verdadeira**. Os túbulos de Malpighi exercem sua função secretando sais no lúmen, com a água passando livremente, gerando urina primária iso-osmótica.

V – **Falsa**. Considerando a estratégia global, é o oposto. B e C possuem, em geral, como principal excreta nitrogenada ácido úrico, que é energeticamente caro de ser produzido, mas possui baixa solubilidade em água, levando a pouca perda hídrica junto da urina. Mamíferos (A), os quais produzem ureia, estão em situação inversa.

13. Pequenas e delicadas, as flores dos gêneros *Miconia* e *Leandra* – parentes das quaresmeiras e dos manacás-de-cheiro e comuns nas florestas tropicais das Américas – são bem engenhosas: dependem das vibrações das abelhas para liberar o pólen e apresentam pétalas capazes de escoar a água, mantendo o pólen disponível mesmo em períodos de chuva.

A pesquisa analisou 502 espécies de uma linhagem da família das melastomatáceas para investigar a relação entre o formato das pétalas e diferentes condições ambientais e climáticas. Foi observado que, em ambientes úmidos, algumas dessas espécies apresentam pétalas mais estreitas e pontiagudas, por onde a água escoar mais facilmente e o pólen se mantém em boas condições. A pesquisa revela que, além da pressão exercida pelos polinizadores, fatores abióticos como a chuva desempenham um papel crucial na evolução do formato das pétalas em florestas tropicais.



Legenda: Imagens da espécie *Tococa guianensis* e *Clidemia cf. capitellata*: pétalas arredondadas e sistema que libera pólen em resposta à vibração

Fonte (Adaptado): Revista Fapesp. Edição 358, dezembro de 2025.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

I. A evolução de pétalas mais estreitas e pontiagudas em ambientes úmidos é um exemplo de seleção natural, pois indivíduos com essa morfologia conseguem escoar a água mais rapidamente, protegendo o pólen da umidade e garantindo maior sucesso reprodutivo.

II. De acordo com a teoria da seleção natural, as flores mediante o aumento da pluviosidade nas florestas tropicais alteraram o formato de suas pétalas para um design mais aerodinâmico, visando evitar o apodrecimento do pólen pelo contato com a água, pois o apodrecimento das flores maiores as levaram ao desuso.

III. A variabilidade genética preexistente na população de plantas permitiu que, sob a pressão seletiva das chuvas intensas, as variantes com pétalas que facilitavam a drenagem tivessem uma vantagem adaptativa, tornando-se mais frequentes ao longo das gerações.

IV. O formato das pétalas nessas espécies é moldado exclusivamente pela coevolução com os polinizadores, de modo que fatores climáticos como a precipitação não possuem força seletiva suficiente para alterar a morfologia floral de uma linhagem ao longo do tempo geológico.

V. A adaptação na diminuição das pétalas só foi possível pois existiam plantas com mutação para pétalas menores na população e com o aumento da pluviosidade estas foram selecionadas.

Gabarito Comentado

1. **Verdadeira:** A seleção natural favorece características que aumentam a sobrevivência e reprodução; pétalas que drenam água protegem a viabilidade do pólen.
2. **Falsa:** A seleção natural não é um processo de uso e desuso e sim de seleção dos indivíduos melhores adaptados.
3. **Verdadeira:** A evolução ocorre sobre a variabilidade genética; as variantes mais aptas (melhor drenagem) sobrevivem e deixam mais descendentes.
4. **Falsa:** A notícia destaca justamente que, embora a polinização seja importante, a pressão ambiental (chuva) foi um fator determinante e pouco explorado até então para o formato das flores.
5. **Verdadeira:** A frase é verdadeira pois a variabilidade genética (mutação) prévia permitiu que a seleção natural preservasse os indivíduos mais aptos à chuva, aumentando a frequência do alelo favorável até sua fixação.

14. As bactérias apresentam uma diversidade metabólica extraordinária que supera a de qualquer outro grupo de seres vivos, permitindo-lhes colonizar praticamente todos os ecossistemas da Terra. Enquanto os animais são restritos à heterotrofia, as bactérias exploram variadas fontes de energia e carbono: as fotoautótrofas (como as cianobactérias) utilizam a luz solar e o CO_2 ; as quimioautótrofas obtêm energia da oxidação de compostos inorgânicos como amônia ou enxofre; e as heterótrofas decompõem matéria orgânica, atuando desde a ciclagem de nutrientes até o parasitismo. Essa plasticidade inclui ainda processos respiratórios distintos, como a respiração aeróbica, a anaeróbica (utilizando nitratos ou sulfatos como aceptores de elétrons) e a fermentação, consolidando os procariontes como os principais reguladores dos ciclos biogeoquímicos globais.

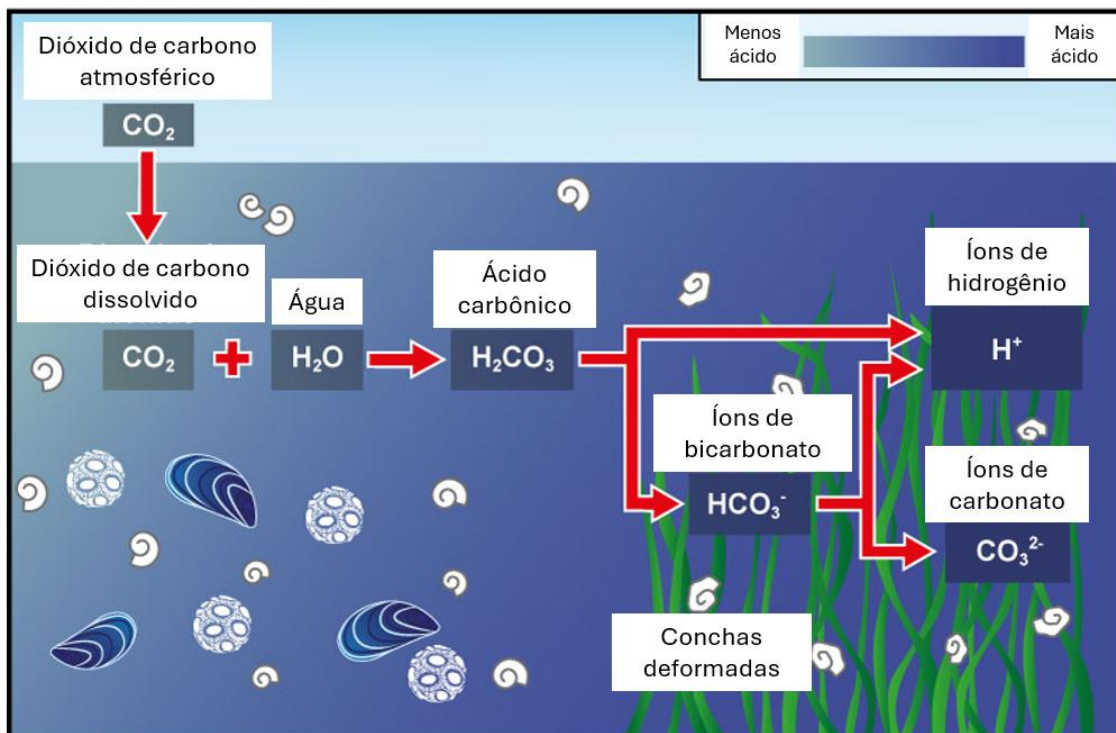
Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. Bactérias autótrofas são capazes de sintetizar suas próprias moléculas orgânicas complexas a partir de fontes inorgânicas de carbono, como o dióxido de carbono (CO_2), utilizando energia da luz ou de reações químicas.
- II. Diferente das autótrofas, as bactérias heterótrofas dependem obrigatoriamente da ingestão ou absorção de compostos orgânicos pré-formados, como glicose, para obterem energia.
- III. As bactérias fotoautótrofas, como as cianobactérias, utilizam compostos orgânicos em decomposição como fonte primária de elétrons para realizar a fotossíntese e liberar oxigênio no ambiente.
- IV. As bactérias quimioheterótrofas representam a maioria das bactérias patogênicas e decompositoras, obtendo energia através da oxidação de moléculas orgânicas que elas mesmas consomem do hospedeiro ou do meio.
- V. Uma característica exclusiva das bactérias autótrofas é a ausência de respiração celular, uma vez que elas produzem seu próprio alimento e, por isso, não precisam quebrar moléculas para gerar ATP.

Gabarito Comentado

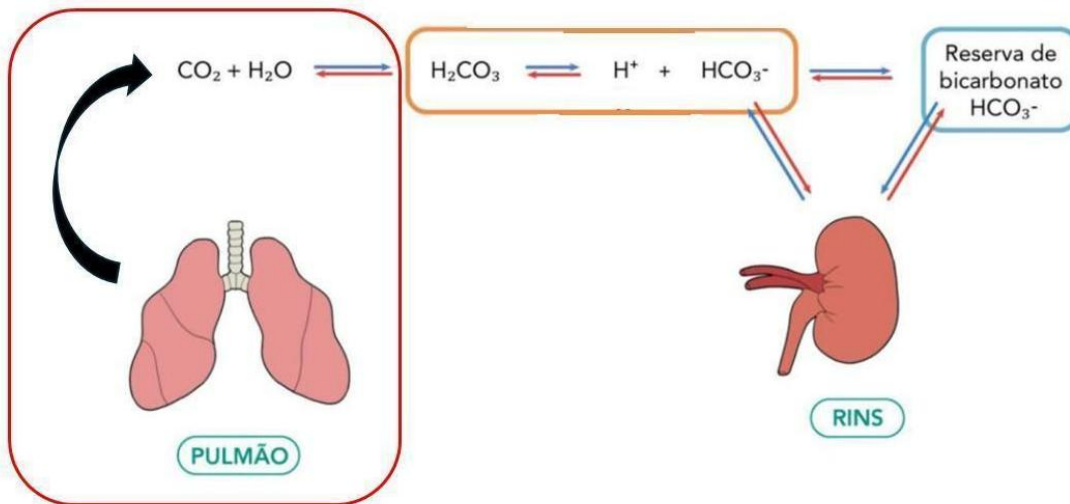
- **1. Verdadeira:** Esta é a definição de autotrofia. O prefixo "auto" indica que elas "alimentam a si mesmas" fixando carbono inorgânico.
- **2. Verdadeira:** Heterótrofos não conseguem fixar CO_2 . Eles precisam "comer" matéria orgânica produzida por outros seres vivos.
- **3. Falsa:** Fotoautótrofas usam a **luz** como fonte de energia e, geralmente, a **água** (ou compostos inorgânicos como H_2S) como fonte de elétrons, e não matéria orgânica em decomposição.
- **4. Verdadeira:** Praticamente todas as bactérias que nos causam doenças são quimioheterótrofas, pois utilizam nossos tecidos e fluidos orgânicos como fonte de matéria e energia.
- **5. Falsa:** Todas as bactérias (sejam autótrofas ou heterótrofas) precisam realizar algum tipo de metabolismo energético (como respiração ou fermentação) para converter a energia armazenada em ATP.

15. O equilíbrio químico entre o dióxido de carbono, o ácido carbônico e o íon bicarbonato é um dos pilares da manutenção da vida. Essa dinâmica ocorre tanto nos oceanos (figura 1), quanto no sangue (figura 2). O desequilíbrio do pH que ocorre no mar ou no sangue causa impactos ecológicos ou à saúde, respectivamente.



Legenda da Figura 1: Representação do impacto do CO_2 atmosférico no equilíbrio químico dos oceanos e na integridade de organismos marinhos.

Fonte: Adaptado de Portal ECONSERV – Blog de Ecologia e Conservação. Agosto | 2016



Legenda da Figura 2: Representação da regulação do equilíbrio ácido-base em mamíferos através da interação entre pulmão, sangue e rins.

Fonte: Adaptado de Portal Estratégia Med. Janeiro | 2025.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. () Embora o pH do sangue seja controlado por sistemas tampão e pela respiração, o pH dos oceanos depende exclusivamente de equilíbrios químicos, não havendo processos biológicos capazes de influenciá-lo em escala global.
- II. () O princípio químico que explica a acidificação dos oceanos pela absorção de CO_2 atmosférico é o mesmo que fundamenta o funcionamento do sistema tampão bicarbonato no sangue humano, uma vez que, em ambos os casos, o CO_2 reage com a água formando ácido carbônico, que pode se dissociar liberando íons H^+ .
- III. () Cada unidade de pH representa uma diferença de dez vezes na concentração de íons H^+ . Então quando o pH passa de 8,1 para 7,1 houve um aumento de 10 vezes na concentração de H^+ .
- IV. () O papel das conchas de carbonato de cálcio na neutralização indireta de H^+ nos oceanos pode ser comparado, funcionalmente, ao papel dos rins, uma vez que ambos contribuem para a remoção da acidez.
- V. () A alta mobilidade de H^+ na água líquida resulta da difusão desse íon para áreas mais básicas, ou seja, com menor concentração de H^+ .

Resposta: F - V - V - V - F

- I. (F) Existem diversos mecanismos biológicos que acontecem no mar que interferem no balanço de pH, como a fotossíntese, que consome o CO_2 dissolvido.
- II. (V) Tanto no sangue humano quanto na água do mar, o controle do pH envolve o mesmo sistema químico fundamental, baseado no equilíbrio entre dióxido de carbono (CO_2), ácido carbônico (H_2CO_3), bicarbonato (HCO_3^-) e íons hidrogênio (H^+). Em ambos os meios, o CO_2 dissolvido reage com a água formando ácido carbônico, uma reação reversível que pode resultar na liberação de H^+ e, portanto, na diminuição do pH. Assim, apesar do fato de o pH no sangue ser fisiologicamente regulado e no oceano ser um fenômeno ambiental em um sistema aberto, as bases de como as reações químicas ocorrem são as mesmas.
- III. (V) A escala de pH é logarítmica, definida como $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$. Uma mudança de uma unidade de pH realmente representa uma diferença de dez vezes na concentração de íons.

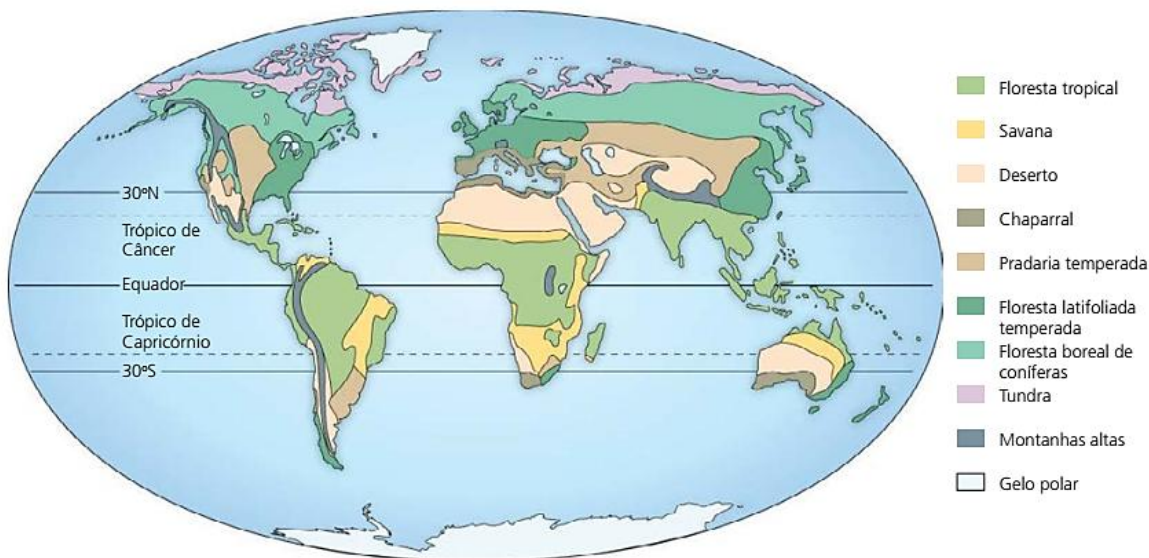
IV. (V) Em ambos os sistemas, o excesso de H^+ é mitigado por equilíbrios químicos: nos oceanos, o H^+ consome íons carbonato, reduzindo a disponibilidade para a calcificação; no organismo humano, os rins excretam H^+ e regeneram bicarbonato plasmático, mantendo o pH sanguíneo. A diferença de custo entre as duas situações é que as conchas se deformam pela indisponibilidade ou sequestro de carbonato, já no corpo humano o rim faz um ajuste fino do pH em indivíduos saudáveis e capazes de manter a homeostasia com pouco ou nenhum prejuízo.

V. (F) Diferente de íons como Na^+ , que precisam se difundir fisicamente pela solução, íons H^+ em água utilizam o mecanismo de "salto de prótons". Eles são transferidos através de uma rede de moléculas de água unidas por ligações de hidrogênio, onde uma molécula aceita um próton e outra o libera quase instantaneamente.

16. O clima exerce uma forte influência na distribuição das espécies vegetais e é um fator importante na determinação das localizações dos biomas terrestres. Elementos como temperatura, precipitação, luz solar, ventos, montanhas e corpos de água estruturam o macroclima em escalas global, regional e de paisagem, condicionando a ocorrência e as características dos diferentes biomas da Terra.

Fonte: REECE, Jane B. *et al.* Biologia de Campbell. Tradução de Anne D. Villela *et al.*; revisão técnica de Denise Cantarelli Machado, Gaby Renard, Paulo Luiz de Oliveira. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

A figura a seguir representa a distribuição dos principais biomas terrestres.



Legenda: Visão geral da organização dos biomas terrestres e sua relação com as principais linhas latitudinais da Terra. Fonte: Figura adaptada de REECE, Jane B. *et al.* Biologia de Campbell. Tradução de Anne D. Villela *et al.*; revisão técnica de Denise Cantarelli Machado, Gaby Renard, Paulo Luiz de Oliveira. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

I. () Os ecótonos são áreas de transição entre os biomas terrestres que podem adentrar os biomas vizinhos, às vezes por grandes extensões.

- II. () As florestas tropicais ocorrem em regiões equatoriais e sub equatoriais e são caracterizadas por uma baixa precipitação anual com variação de temperatura média a alta em todo o ano.
- III. () Os desertos ocorrem em faixas próximas dos 30°C de latitude norte e sul ou em outras latitudes no interior de continentes. Com precipitação média em torno de 2000 mm anuais.
- IV. () Árvores esparsas com espinhos e folhas pequenas, adaptadas à seca e ao fogo frequente. A cobertura do solo é dominada por gramíneas e ervas que crescem rapidamente com as chuvas sazonais e toleram o pastejo. Estas características descrevem o Bioma Savana.
- V. () O *permafrost* é uma camada grossa de solo permanentemente congelada característico do Bioma Tundra. É importante como um sumidouro de carbono atmosférico. Atualmente tornou-se alvo de significativa exploração mineral, inclusive de petróleo, sofrendo também com o aquecimento climático global.

Gabarito comentado

- I. **Verdadeiro.**
- II. **Falso.** As florestas tropicais ocorrem em regiões equatoriais e subequatoriais e são caracterizadas por uma alta precipitação anual e constante, com variação de temperatura média alta em todo o ano.
- III. **Falso.** Os desertos ocorrem em faixas próximas dos 30°C de latitude norte e sul ou em outras latitudes no interior de continentes. Com precipitação média em geral menos de 300 mm anuais.
- IV. **Verdadeiro.**
- V. **Verdadeiro.**

17. Os invertebrados possuem uma enorme diversidade, não só em número de espécies como também em planos corpóreos e hábitos de vida. Classificá-los, portanto, é essencial, a fim de organizar e conhecer tamanha diversidade, valendo-se da união de dados sobre a morfologia, a genética e a embriologia. Também podemos, a partir disso, notar padrões referentes à história evolutiva de cada linhagem, e entender como diferentes características surgiram, desapareceram ou foram mantidas. Com isso, analise as imagens, em que estão representados dois invertebrados, e em seguida, analise as afirmações.



A



B

Legenda: Imagens de dois representantes do reino Animalia.

Fonte: Imagens retiradas e adaptadas de: REECE, Jane B. et al. Biologia de Campbell. Tradução de Anne D. Villela et al.; revisão técnica de Denise Cantarelli Machado, Gaby Renard, Paulo Luiz de Oliveira. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

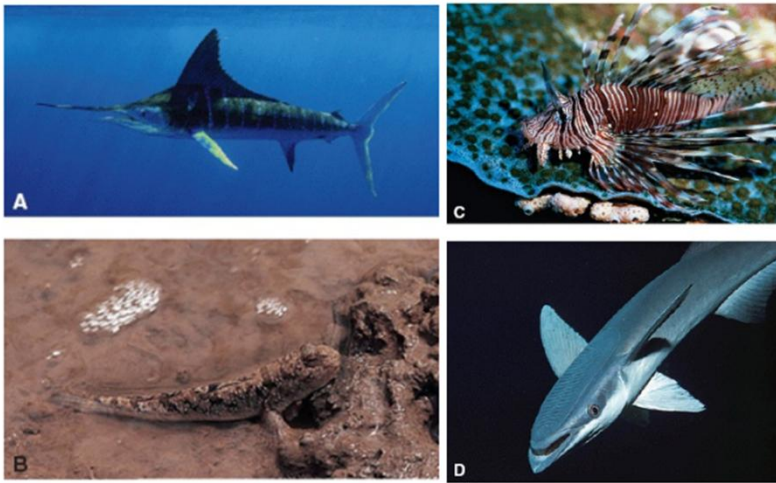
Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I - Ambos os animais (Figuras A e B) pertencem ao mesmo filo de animais, caracterizado pela presença de exoesqueleto de quitina, com mudas periódicas conhecidas como ecdise.
- II - O blastóporo dá origem a estruturas diferentes em cada animal: no da Figura A, dá origem ao ânus (Deuterostomia), enquanto no da Figura B, dá origem à boca (Protostomia).
- III - A multicelularidade organizada em tecidos e a presença de colágeno são características comuns aos dois animais, ainda que não seja exclusiva deles.
- IV - Os animais representados possuem o mesmo tipo de plano de simetria corporal, sendo ela a simetria radial.
- V - Embora apresentem grande diferença morfológica, tanto o animal da Figura A quanto o animal da Figura B são organismos triploblásticos, ou seja, apresentam três folhetos embrionários.

GABARITO

- I) **Falso**. Exoesqueleto de quitina, com mudas periódicas conhecidas como ecdise, é característico apenas dos artrópodes, filo do animal B (pertencente ao grupo dos Ecdysozoa), e não dos moluscos, filo do animal A (pertencente ao grupo dos Lophotrochozoa).
- II) **Falso**. Ambos fazem parte do grupo dos Protostomia, portanto o blastóporo dará origem à boca no desenvolvimento embrionário dos dois animais.
- III) **Verdadeiro**. Multicelularidade organizada em tecidos e presença de colágeno são características comuns a todos os animais, e portanto não é exclusiva desses dois filios.
- IV) **Falso**. Os animais possuem a mesma simetria corporal, sendo ela a simetria bilateral, característica do grupo dos Bilateria, em que estão ambos.
- V) **Verdadeiro**. Ambos são organismos triploblásticos, assim como os outros Bilateria.

18. Do início ao médio período Siluriano, uma linhagem de peixes com endoesqueleto ósseo deu origem a um clado de vertebrados que contém 96% dos peixes e todos os tetrápodes atuais. Os peixes desse clado têm sido tradicionalmente chamados de “peixes ósseos” (Osteichthyes). A figura abaixo contém representantes desses peixes.



Legenda: Exemplos da diversidade morfológica e adaptativa entre os peixes. A imagem ilustra diferentes formas corporais e especializações ecológicas em representantes de Actinopterygii (peixes ósseos), como o marlim (A) e o peixe-leão (C), além de espécies adaptadas a ambientes específicos como o peixe-anfíbio (B) e a rêmora (D).

Fonte: Figura adaptada de Hickman, CP Jr. Princípios integrados de zoologia. 16. ed. - Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. () Todos os peixes são ligeiramente mais densos que a água. A estrutura mais eficiente para flutuação é a bexiga natatória, um espaço preenchido por gás.
- II. () Diferente dos condrictes, praticamente todos os osteíctes têm um endoesqueleto cartilaginoso com uma matriz rígida de fosfato de cálcio.
- III. () A maioria dos peixes respira fazendo a água atravessar quatro ou cinco pares de brânquias, localizadas em câmaras cobertas por uma aba óssea protetora chamada ossículos de Weber.
- IV. () Os peixes ósseos de água doce são reguladores hiposmóticos, perdem água continuamente para o meio externo e compensam essa perda bebendo grandes quantidades de água doce, enquanto seus rins produzem urina concentrada para evitar a desidratação.
- V. () Os Actinopterygii são peixes que apresentam nadadeiras raiadas, enquanto os Sarcopterygii são peixes que apresentam nadadeiras lobadas.

Gabarito comentado

- I. **Verdadeiro.**
- II. **Falso.** O endoesqueleto dos osteíctes é ósseo.
- III. **Falso.** A estrutura descrita é o opérculo.
- IV. **Falso.** Os peixes de água doce são reguladores hiperosmóticos. A água doce é um meio extremamente diluído com concentração salina muito abaixo daquela do sangue dos peixes de água doce. Consequentemente, a água tende a entrar em seus corpos osmoticamente, e o sal é perdido por difusão para o meio externo. Portanto, a circulação precisa controlar o ganho de água e a perda de sal.
- V. **Verdadeiro.**

19. Em ambientes aquáticos (rios, estuários e oceanos), partículas de microplástico podem ser rapidamente colonizadas por microrganismos, formando um biofilme — uma matriz composta por células microbianas e substâncias poliméricas extracelulares (SPE), secretadas por esses organismos. Esse microecossistema associado à superfície do plástico é conhecido como plastisfera.

A formação do biofilme pode modificar propriedades físico-químicas do microplástico (como carga superficial, rugosidade e hidrofobicidade), influenciando a interação com organismos, bem como a dinâmica de adsorção e transferência de contaminantes (por exemplo, metais e compostos orgânicos) ao longo da cadeia alimentar.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

I) A plastisfera se forma principalmente porque o microplástico atua como substrato para adesão microbiana e produção de SPE, estabelecendo uma comunidade biológica associada à superfície do polímero.

II) A presença de biofilme sobre o microplástico pode alterar a interação do polímero com contaminantes, frequentemente aumentando a adsorção de determinados poluentes em comparação a partículas sem biofilme.

III) Em um mesmo local, a comunidade microbiana associada ao microplástico tende a ser idêntica à comunidade planctônica presente na água circundante, pois os microrganismos provêm do mesmo ambiente.

IV) Microplásticos colonizados por biofilme são menos tóxicos do que microplásticos sem biofilme, pois o biofilme neutraliza a toxicidade associada ao plástico e aos contaminantes.

V) Para avaliação de risco ecológico, é suficiente estudar microplásticos sem biofilme em laboratório, já que as propriedades químicas e biológicas do plástico se mantêm estáveis ao longo do tempo no ambiente.

Gabarito e justificativas

I — **V**. Microplásticos fornecem uma superfície sólida para adesão microbiana. A colonização sucessiva e a produção de SPE estruturam um biofilme estável, formando um microhabitat com composição e dinâmica próprias, caracterizando a plastisfera.

II — **V**. O biofilme pode alterar a química superficial do microplástico, aumentando a rugosidade, modificando carga e hidrofobicidade e adicionando componentes biológicos (como polissacarídeos e proteínas). Esses fatores podem elevar a adsorção de certos contaminantes em relação ao plástico “virgem”.

III — **F**. Apesar de os microrganismos terem origem no ambiente circundante, a superfície do plástico funciona como um filtro seletivo. A composição do polímero, o estágio de envelhecimento, a disponibilidade de nutrientes no biofilme e interações interespecíficas podem gerar comunidades distintas da microbiota livre na água.

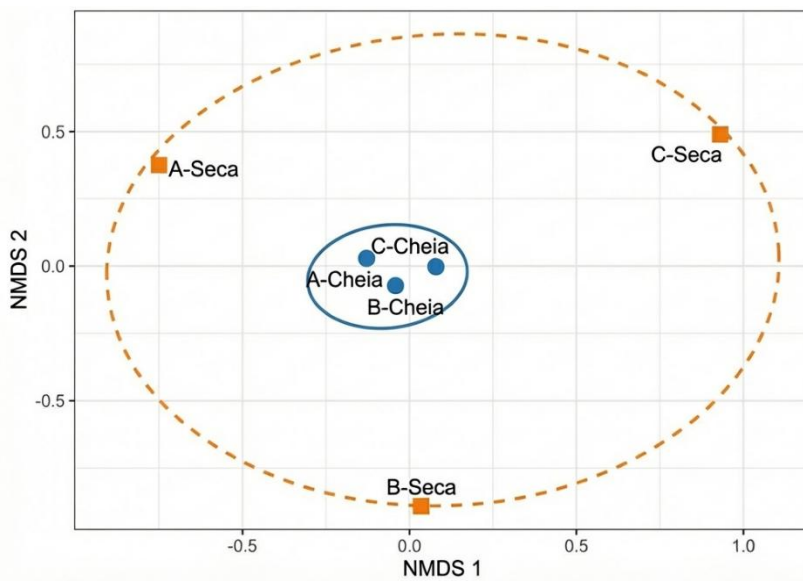
IV — **F**. A colonização por biofilme não implica redução de risco. O biofilme pode aumentar a biodisponibilidade de contaminantes adsorvidos, facilitar a ingestão por organismos e modificar respostas tóxicas. O efeito depende do contaminante, do organismo exposto e das condições ambientais.

V — **F**. No ambiente, microplásticos sofrem envelhecimento (foto-oxidação, abrasão), colonização biológica e interação contínua com contaminantes. Esses processos alteram significativamente seu comportamento e toxicidade, de modo que ensaios com partículas sem biofilme podem subestimar ou distorcer o risco ecológico real.

20. O Pantanal é a maior planície de inundação contínua do planeta, caracterizada por um regime hidrológico sazonal cujo fenômeno ecológico central é o pulso de inundação. Durante a fase de cheia, a conectividade entre lagoas e o canal principal do rio aumenta, enquanto na fase de seca, as lagoas tornam-se isoladas, aumentando a heterogeneidade ambiental. Um estudo hipotético coletou zooplâncton em três lagoas no Pantanal, com diferentes graus de conectividade durante as duas fases do pulso de inundação. Os dados do estudo estão expostos na tabela abaixo:

Lagoa	Fase	Conectividade	Densidade (ind/m ³)	Riqueza (S)	Diversidade (H')
A	Seca	Baixa	15.258	12	1,85
B	Seca	Baixa	31.479	8	1,27
C	Seca	Baixa	22.423	15	2,10
A	Cheia	Alta	5.172	22	2,88
B	Cheia	Alta	6.114	20	2,72
C	Cheia	Alta	5.782	23	2,91

Tabela 1. Parâmetros estruturais da comunidade de zooplâncton – densidade total, riqueza de espécies (S) e diversidade, mensurada aqui pelo índice de diversidade de Shannon (H') – em três lagoas do Pantanal, sob as fases de seca e cheia do pulso de inundação. Fonte: elaborado pelo autor.



Legenda: Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) da composição da comunidade de zooplâncton em três lagoas pantaneiras. Os símbolos representam as lagoas (A, B, C) nos períodos de seca (isolamento) e cheia (conectividade).

Fonte: elaborado pelo autor, com a ferramenta Gemini Google.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. O aumento da riqueza de espécies e da diversidade durante a cheia pode ser explicado pela maior conectividade, que permite a dispersão de espécies entre diferentes habitats e o canal principal do rio.
- II. Os dados de densidade sugerem que, na seca, a produtividade primária e a concentração de nutrientes nas lagoas isoladas podem favorecer o crescimento rápido de poucas espécies oportunistas, resultando em menor diversidade.
- III. O padrão observado no gráfico da Figura 1, durante a cheia, descreve o fenômeno de "homogeneização biótica", onde o aumento da conectividade hídrica reduz a variação na composição de espécies entre as lagoas.
- IV. Os dados apresentados permitem concluir que durante o período de seca, a baixa conectividade promoveu a exclusão competitiva em todos os ecossistemas pantaneiros, isso explica porque a riqueza por lagoa é menor do que na cheia.
- V. A variação nos valores de diversidade entre a seca e a cheia demonstra que a estabilidade da comunidade de zooplâncton independe do pulso de inundação, sendo regulada primordialmente por fatores estocásticos de colonização.

Gabarito comentado:

- I. **Verdadeira.** A cheia funciona como um corredor de dispersão, aumentando a riqueza local (diversidade alfa) ao trazer espécies de outros locais.
- II. **Verdadeira.** Lagoas isoladas na seca tendem a concentrar nutrientes (eutrofização natural). Isso gera altas densidades, mas geralmente de poucas espécies oportunistas que conseguem se tornar dominantes (como rotíferos, por exemplo), o que reduz a diversidade.
- III. **Verdadeira.** Homogeneização biótica é um conceito clássico na ecologia de planícies de inundação: a água "mistura" as comunidades, tornando as lagoas mais parecidas entre si durante a cheia.
- IV. **Falsa.** Não tem como afirmar que algo ocorreu em "todos os ecossistemas pantaneiros", considerando que o Pantanal é uma das maiores planícies inundáveis do mundo, com base em apenas três lagoas amostradas.
- V. **Falsa.** A ecologia de planícies de inundação, como é o caso do Pantanal, é intrinsecamente dependente do pulso hidrológico; dizer que "independe" do pulso contradiz o princípio básico do funcionamento desses ecossistemas.

21. Em experimentos clássicos realizados por Thomas Hunt Morgan e colaboradores mudaram a compreensão geral sobre a herdabilidade dos fatores genéticos de Mendel, principalmente no âmbito dos genes ligados. Em *Drosophila melanogaster*, o principal modelo do grupo de Morgan, três genes recessivos ligados no cromossomo III determinam os seguintes fenótipos:

- *st* (**scarlet**): olhos de cor escarlate brilhante (selvagem st^+ = vermelho tijolo).
- *ss* (**spineless**): cerdas muito pequenas (selvagem ss^+ = cerdas longas).
- *e* (**ebony**): corpo preto escuro (selvagem e^+ = corpo cinza).

Para mapear a distância e a ordem desses genes, Morgan e colaboradores realizaram cruzamentos-teste. Nestes cruzamentos, fêmeas heterozigotas selvagens para as três características foram cruzadas com machos homozigotos

recessivos para os três genes. A análise de 1000 descendentes desse cruzamento gerou a distribuição fenotípica apresentada na **Tabela 1**.

Fenótipos	Genótipo*	N
<i>selvagem</i>	$st^+ss^+e^+$	380
<i>scarlet, spineless, ebony</i>	$st\ ss\ e$	374
<i>scarlet</i>	$st\ ss^+e^+$	65
<i>spineless, ebony</i>	$st^+ss\ e$	69
<i>ebony</i>	st^+ss^+e	48
<i>scarlet, spineless</i>	$st\ ss\ e^+$	52
<i>spineless</i>	$st^+ss\ e^+$	5
<i>scarlet, ebony</i>	$st\ ss\ e$	7
TOTAL		1000

*Genótipo apresentado possui apenas os alelos herdados da mãe.

Tabela 1: Fenótipos e número de descendentes observados na prole.

Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. () A fêmea parental heterozigota possuía os alelos em configuração *Cis* (acoplamento), e a comparação entre os fenótipos parentais e os duplos-recombinantes revela que a ordem correta dos genes no cromossomo é $st - ss - e$.
 - II. () A distância genética entre os loci *scarlet* (st) e *spineless* (ss) é de 13,4 unidades de mapa (u.m. ou cM), calculada pela soma das classes de crossing-over simples nesta região.
 - III. () Os descendentes com fenótipo apenas *Ebony* (st^+ss^+e) resultaram de um evento de permutação simples (single crossover) ocorrido especificamente na região cromossômica entre os genes *spineless* (ss) e *ebony* (e).
 - IV. () A observação de apenas 12 indivíduos duplo-recombinantes, um número inferior ao produto das frequências de recombinação simples, indica a ocorrência de interferência cromossômica positiva neste cruzamento.
 - V. () Caso os três genes não estivessem ligados (segregação independente), a frequência esperada para a classe fenotípica *selvagem* seria de aproximadamente 12,5% (1/8), muito inferior aos 38% observados na tabela.
- I. **Verdadeiro.** A classe mais frequente indica os genótipos parentais ($st\ ss\ e$ e *selvagem* + + +), confirmando a configuração *Cis* (acoplamento). Ao comparar o parental ($st\ ss\ e$) com o fenótipo duplo-recombinante menos frequente ($st\ +\ e$), observa-se que o gene ss é o único que altera sua configuração em relação aos flaqueadores, confirmando que ele é o gene central (ordem $st - ss - e$).

II. **Falso.** O valor de 13,4 cM foi obtido incorretamente somando-se apenas os recombinantes simples (65 + 69). O cálculo correto da distância genética deve incluir os duplos-recombinantes (5 + 7). Portanto: $\frac{(134 + 12)}{1000} = 14,6\%$, ou **14,6 u.m.**

III. **Verdadeiro.** Considerando a ordem $st - ss - e$ e os cromossomos parentais (+ + + e $st ss e$), o fenótipo *Ebony* (+ + e) surge quando ocorre uma permuta apenas entre o gene central (ss) e o gene da ponta (e), mantendo a ligação original entre st e ss .

IV. **Verdadeiro.** A probabilidade teórica de duplo-crossing seria o produto das frequências das regiões ($0,146 \times 0,112 \approx 1,6\%$), esperando-se cerca de 16 indivíduos em 1000. Como foram observados apenas 12, conclui-se que houve interferência positiva (o número observado é menor que o esperado).

V. **Verdadeiro.** Segundo a Segunda Lei de Mendel (Segregação Independente), o cruzamento de um triplo-heterozigoto com um triplo-recessivo geraria 8 classes fenotípicas com probabilidade igual ($\frac{1}{8}$ ou 12,5%). A frequência observada de 38% para a classe selvagem indica desvio dessa proporção devido à ligação gênica (*linkage*).

Referências:

URRY, Lisa A. et al. *Biologia de Campbell*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. Cap. 15.

22. A cor da pelagem em cães Labrador Retriever é determinada pela interação epistática entre dois *loci* autossômicos com segregação independente: o gene *B* (o alelo *B* codifica pigmento preto e *b* pigmento marrom) e o gene *E* (o alelo *E* permite a deposição do pigmento e o genótipo *ee* impede, resultando em cães dourados). Um cruzamento experimental entre parentais duplos-heterozigotos (*BbEe*) gerou uma prole com a distribuição fenotípica de 9/16 pretos, 3/16 chocolates (marrons) e 4/16 dourados. Com base nos dados e na genética mendeliana, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. () A proporção fenotípica 9:3:4 observada caracteriza um caso de epistasia recessiva, onde o par de alelos *ee* atua mascarando a expressão fenotípica dos alelos do locus *B*.
- II. () Os cães dourados da prole são genotipicamente homogêneos (*bbee*), uma vez que a ausência de pigmento indica que não houve produção de eumelanina preta ou marrom.
- III. () O cruzamento teste de um cão dourado puro para o gene *B* (*BBee*) com uma fêmea chocolate heterozigota para deposição (*bbEe*) produzirá descendentes pretos, evidenciando a interação entre os genes.
- IV. () A modificação da proporção clássica de 9:3:3:1 para 9:3:4 indica que os genes *B* e *E* estão fisicamente ligados no mesmo cromossomo, alterando as frequências esperadas pela segregação independente.
- V. () Ao selecionar aleatoriamente um cão preto da prole (*B_E_*) e cruzá-lo com um dourado duplo-recessivo (*bbee*), é impossível prever a proporção exata da prole sem determinar previamente se o parental preto é portador dos alelos recessivos.

I. **Verdadeiro.** A proporção 9:3:4 é a assinatura clássica da epistasia recessiva. O genótipo homocigoto recessivo no gene epistático (*ee*) impede a manifestação da cor determinada pelo gene hipostático (*B* ou *b*).

II. **Falso.** Cães dourados podem apresentar genótipos *BBee*, *Bbee* ou *bbee*. O gene *E* controla a deposição, não a síntese; o pigmento é produzido, mas não é depositado no pelo, tornando os genótipos indistinguíveis fenotipicamente.

III. **Verdadeiro.** Cruzamento: *BBee* (gametas *Be*) x *bbEe* (gametas *bE*, *be*). A combinação *Be* + *bE* resulta em *BbEe* (Preto). A presença de um alelo dominante funcional em cada locus restaura a cor preta e a deposição.

IV. **Falso**. A alteração na proporção fenotípica deve-se à **interação gênica** (epistasia), e não ao *linkage* (ligação gênica). Os genes segregam independentemente (9:3:3:1 genotípico implícito), mas os fenótipos são aglutinados (3+1=4 amarelos) pela via metabólica.

V. **Verdadeiro**. O grupo fenotípico "preto" inclui genótipos distintos (*BBEE*, *BbEe*, *BBEo*, *BbEe*). Sem saber se o cão preto é homocigoto ou heterocigoto, a probabilidade de nascerem filhotes chocolates varia de 0% a 25%, não sendo fixa.

Referências:

URRY, Lisa A. et al. *Biologia de Campbell*. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. Cap. 15.

23. Para determinar definitivamente se o material genético era composto por DNA ou proteínas, Alfred Hershey e Martha Chase realizaram um experimento utilizando o bacteriófago T2 e a bactéria *Escherichia coli*. Eles prepararam dois lotes de vírus marcados radioativamente:

Lote A - cultivado em meio contendo enxofre radioativo (^{35}S);

Lote B - cultivado em meio contendo fósforo radioativo (^{32}P).

Os fagos foram permitidos infectar as bactérias por um breve período. Em seguida, as amostras foram agitadas em um liquidificador (para soltar as cápsulas virais vazias) e centrifugadas. A centrifugação separa as bactérias (pesadas, formam o sedimento/pellet) do meio líquido e carcaças virais (leves, ficam no sobrenadante). A distribuição da radioatividade foi medida e está apresentada na **Tabela 1**.

Lote	Isótopo	A (%) Sobrenadante	A (%) Sedimento
A	^{35}S	80%	20%
B	^{32}P	30%	70%

Tabela 1. Distribuição percentual da radioatividade após centrifugação. A – Atividade radioativa do extrato.

Com base nos dados experimentais e na bioquímica das macromoléculas, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. () A escolha dos isótopos foi crucial: o ^{35}S marca exclusivamente as proteínas, enquanto o ^{32}P marca primariamente o DNA.
- II. () Os dados do Lote A indicam que a maior parte da cápsula viral é inserida na célula bacteriana durante a infecção, mas não é transmitida via replicação.
- III. () O experimento permite concluir que o DNA é o material genético, pois nesse caso é esperado encontrar a maior parte da radioatividade do ^{35}S no sedimento bacteriano e, posteriormente, na progênie viral gerada após a lise celular.
- IV. () O experimento confirma a natureza química do "Princípio Transformante" observado anteriormente por Griffith (1928), demonstrando que o DNA é a molécula capaz de reprogramar a maquinaria celular para produzir novos vírus.

V. () Se os pesquisadores tivessem esperado o ciclo lítico completar antes de centrifugar (Lote B), completariam o experimento com maior sucesso.

I. **Verdadeiro**. Proteínas contêm enxofre (pontes dissulfeto, Met, Cys) mas não fósforo. DNA contém muito fósforo (fosfatos) mas não enxofre.

II. **Falso**. No Lote A (35S), 80% da radioatividade ficou no sobrenadante. Isso prova que a parte proteica do vírus (o capsídeo) fica do lado de fora da bactéria e é removida pela agitação, permanecendo no sobrenadante, não participando da genética interna.

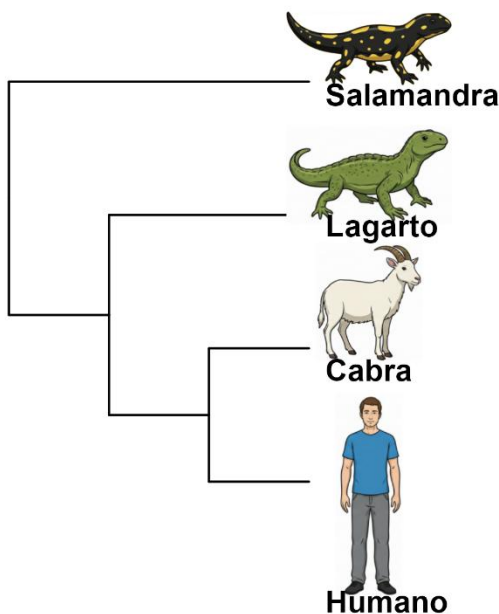
III. **Falso**. A expectativa para DNA como material genético é encontrar a radioatividade do fósforo (^{32}P), não do enxofre no sedimento celular.

IV. **Verdadeiro**. O experimento Hershey e Chase demonstra, usando um sistema viral, que o DNA é a molécula da hereditariedade e programação celular.

V. **Falso**. O experimento depende de separar a "casca" vazia (fora) da bactéria infectada (dentro). Se a bactéria estourar (lise), o DNA viral (agora em novos vírus) volta para o líquido (sobrenadante), misturando tudo e impedindo a conclusão de quem entrou ou não.

URRY, Lisa A. et al. Biologia de Campbell. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2022. Cap. 16, 20.

24. A publicação de "Sistemática Filogenética" por Willi Hennig em 1950 marcou uma mudança de paradigma: a transição da classificação baseada em semelhança morfológica geral para uma baseada estritamente em relações de descendência. Hennig demonstrou que apenas as **sinapomorfias** definem grupos naturais (clados), enquanto **plesiomorfias** não devem ser usadas para agrupar táxons. A Figura 1 apresenta as relações entre quatro linhagens de tetrápodes, utilizando o método de Hennig para organizar a diversidade biológica.



Legenda: Relações entre quatro linhagens de tetrápodes baseado na cladística de Hennig para organizar a diversidade biológica.

Fonte: Adaptado de Urry et al. 2022. *A Biologia de Campbell*. 12 ed. Cap 26.

Com base na interpretação da árvore (cladograma) e nos conceitos de sistemática filogenética, avalie as afirmativas e assinale se verdadeiras ou falsas:

- I. () A linhagem da salamandra representa o táxon basal neste cladograma, pois ela diverge precocemente na raiz da árvore, constituindo o grupo externo em relação ao clado dos amniotas.
- II. () Cabras e Lagartos formam táxons-irmãos, pois compartilham um ancestral comum exclusivo e imediato que não é compartilhado com os lagartos ou salamandras.
- III. () Lagartos são filogeneticamente mais estreitamente relacionados às salamandras do que aos seres humanos, o que é corroborado pelas sinapomorfias: ectotermia e morfologia semelhante.
- IV. () O agrupamento que inclui Lagartos, Cabras e Seres Humanos é monofilético.
- V. () As salamandras são tão estreitamente relacionadas às cabras quanto aos seres humanos.

- I. **Verdadeiro**. A salamandra é o primeiro ramo a se separar do ancestral comum de todos os táxons mostrados. Na terminologia cladística, a linhagem que diverge mais cedo na história do grupo é o táxon basal.
- II. **Falso**. Cabras e lagartos não estão unidos pelo nó mais recente da árvore, portanto, não são irmãos. O grupo-irmão da cabra é o humano, e não o lagarto.
- III. **Falso**. A árvore mostra que Lagartos e Cabras+Humanos compartilham um ancestral comum mais recente (o ancestral dos Amniota) do que Lagartos e Salamandras. Nesta topologia, características fisiológicas ou morfológicas não constituem sinapomorfias, mas plesiomorfias.
- IV. **Verdadeiro**. Se recortarmos o ramo logo após a divergência da salamandra, teremos um grupo (Lagarto, Cabra, Humano) que inclui o ancestral e todos os descendentes. Isso define um clado (neste caso, o clado Amniota).
- V. **Verdadeiro**. A relação é definida pelo ancestral comum. Como a salamandra compartilha o mesmo ancestral comum antigo (na raiz) tanto com a linhagem da cabra quanto com a do humano, o grau de parentesco é equidistante.

Referências:

URRY, L. A., *et al.* *Biologia de Campbell* (12ª ed.). Artmed. 2022. Cap 26.

POUGH, F. Harvey *et al.* *Vertebrate Life*. 11. ed. New York: Oxford University Press, 2023.

25. O infográfico abaixo foi gerado a partir dos dados de um estudo que explora as alterações comportamentais em morcegos induzidas por infecções.

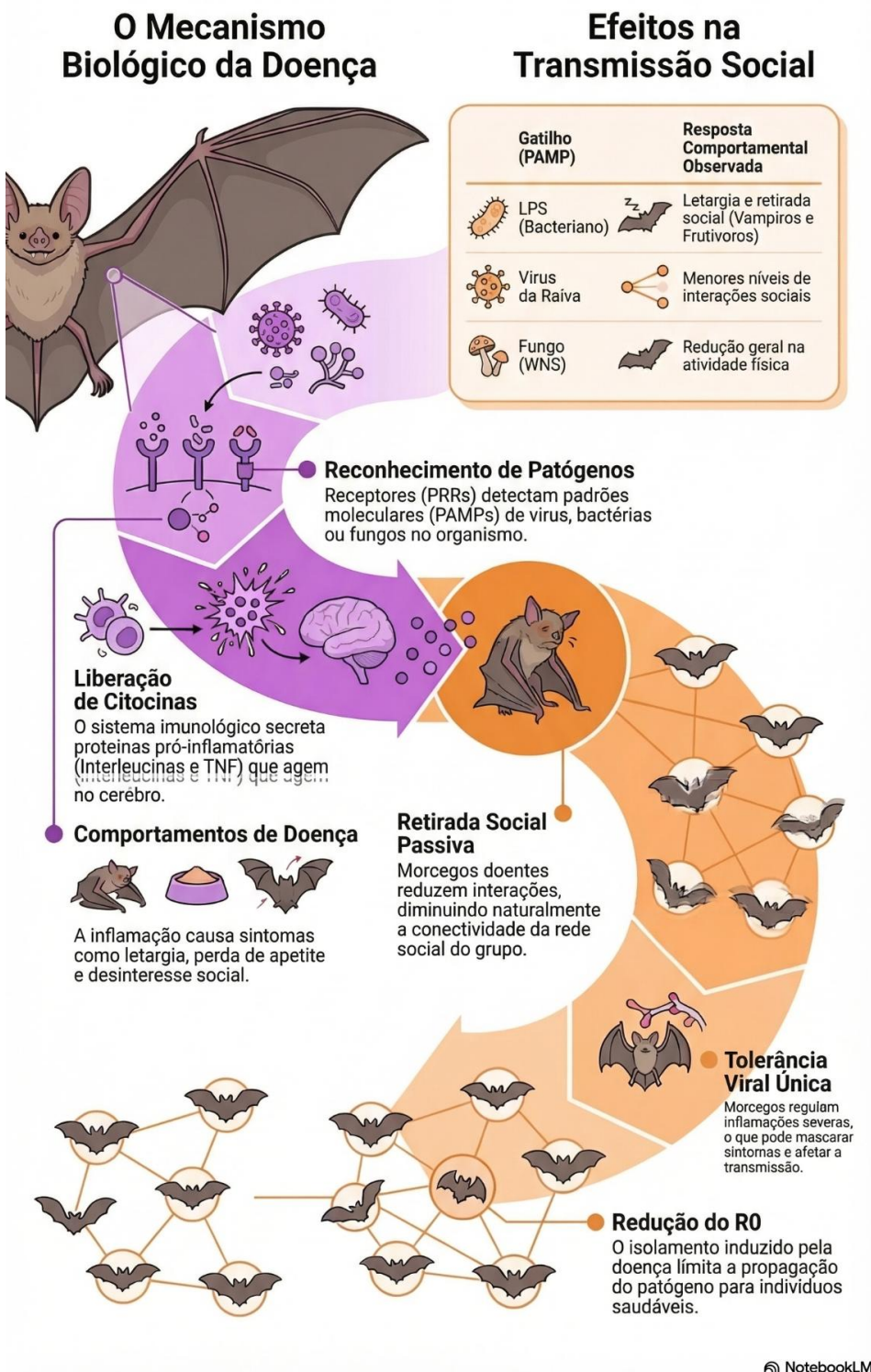


Figura 1: Infográfico gerado pela inteligência artificial a partir dos dados do artigo “Bat behavioral immune responses in social contexts: current knowledge and future directions”.
Fonte: Stockmaier (2023).



Com base no contexto fornecido acima e nos seus conhecimentos, analise as proposições abaixo, julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. O comportamento de isolamento dos morcegos é um exemplo de comportamento inato.
- II. No estudo, o estímulo para a alteração do comportamento dos indivíduos doentes é a liberação de citocinas.
- III. O isolamento do indivíduo doente é um comportamento que visa apenas a cura do indivíduo.
- IV. Como os morcegos são animais sociais, todo comportamento dos indivíduos é em prol do grupo.
- V. Em casos de infecção pelo vírus da raiva, o isolamento social é uma resposta para diminuir a disseminação do vírus entre os indivíduos.

Respostas:

- I. (F) O comportamento de isolamento dos morcegos é um exemplo de comportamento mediado por estímulos, no caso a produção de citocinas.
- II. (V) No estudo, o estímulo para a alteração do comportamento dos indivíduos doentes é a liberação de citocinas.
- III. (F) O isolamento do indivíduo doente é um comportamento que visa apenas a cura do indivíduo.
- IV. (F) Os morcegos são animais sociais, mas nem todo comportamento é em prol do grupo, muitos comportamentos são para o sucesso do indivíduo.
- V. (V) Em casos de infecção pelo vírus da raiva, o isolamento social é uma resposta para diminuir a disseminação do vírus entre os indivíduos.