

XIX OLIMPÍADA BRASILEIRA DE BIOLOGIA

Gabarito definitivo - comentado

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

Fase 2B - OBB 2023

Utilize o texto para as perguntas 01 e 02.

A bioinformática engloba diferentes áreas de pesquisa e uma das ferramentas simples, porém bastante utilizada pelos bioinformatas é o alinhamento de sequências de DNA, RNA ou proteína. O alinhamento consiste basicamente na comparação de duas ou mais sequências (de nucleotídeos ou aminoácidos) para se observar seu nível de identidade e similaridade. Abaixo estão mostrados um trecho do alinhamento de poliproteína de duas variedades do vírus da dengue, tipo 1 e tipo 2, e a estrutura de dois aminoácidos, glicina e arginina.

CLUSTAL O(1.2.4) multiple sequence alignment

```
sp|P27913|POLG_DEN1C      MNNQRKKTGRPSFNMLKRARNRVSTGSQLAKRFSKGLLSGQGPMLVMAFIAFLRFLAIP 60
sp|P14340|POLG_DEN2N      MNNQRKKARNTPFNMLKRERNRVSTVQQLTKRFSLGMLQGRGPKLKFMAFVAFLRFLTIP 60
*****: . ***** ***** .*:***** *:*.*:***:*.**:*****:**

sp|P27913|POLG_DEN1C      PTAGILARWSSFFKNGAIVLRGFKKEISSMLNIMNRRKRSVTMLMLLPTALAFHLTTR 120
sp|P14340|POLG_DEN2N      PTAGILKRWGTIKKSKAINVLRGFRKEIGRMLNINLNRRTTAGMIIMLIPTVMAFHLTTR 120
***** **.:**.* **:*:**:***. *****:***. *:***:***:*****

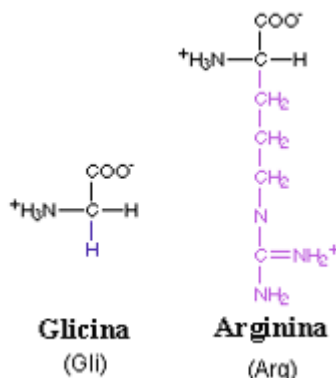
sp|P27913|POLG_DEN1C      GGEPTLIVSKQERGKSLLFKTSAGVNMCTLIAMDGLGELCEDTMTYKCPRITERQPDVDC 180
sp|P14340|POLG_DEN2N      NGEPHMIVSRQEKGKSLLFKTEDGVNMCTLIAMDGLGELCEDTITYKCPFLKQNEPEDIDC 180
.*** :***:***:*****. *****:*****:*****:***** :...*:***:
```

* Asterisco) com um único resíduo totalmente conservado.

: (dois pontos) posições com conservação entre grupos de aminoácidos de propriedades semelhantes.

. (ponto) posições com conservação entre grupos de aminoácidos de propriedades fracamente semelhantes

(espaço em branco) aminoácidos não semelhantes



01) Os aminoácidos de posição 9, sublinhados, G (glicina) e R (arginina) são considerados não semelhantes por que a:

- a) glicina e a arginina diferem apenas no tamanho.
- b) glicina é um aminoácido aromático e a arginina é um aminoácido ácido.
- c) glicina é um aminoácido apolar e a arginina é um aminoácido básico.
- d) glicina é um aminoácido alifático e a arginina é um aminoácido ácido.
- e) glicina é um aminoácido aromático e a arginina é um aminoácido básico.

Resposta: C

Comentário: A glicina é um aminoácido apolar e a arginina é um aminoácido básico

A glicina é um aminoácido apolar e alifático, sem cadeia lateral polarizada. A Arginina é considerada básica, pois sua cadeia lateral apresenta o grupo guanidina (ou um grupo receptor de prótons).

02) Quais informações podem ser diretamente obtidas a partir de um alinhamento de DNA?

- a) Nível de identidade, mutação de nucleotídeo, mutação de aminoácido, tamanho das sequências, estrutura e função da proteína codificada.
- b) Nível de identidade e tamanho das sequências analisadas.
- c) Mutação de nucleotídeo, estrutura e função da proteína codificada.
- d) Apenas o tamanho das sequências analisadas.
- e) Mutação de nucleotídeo, tamanho das sequências analisadas, estrutura e função da proteína codificada.

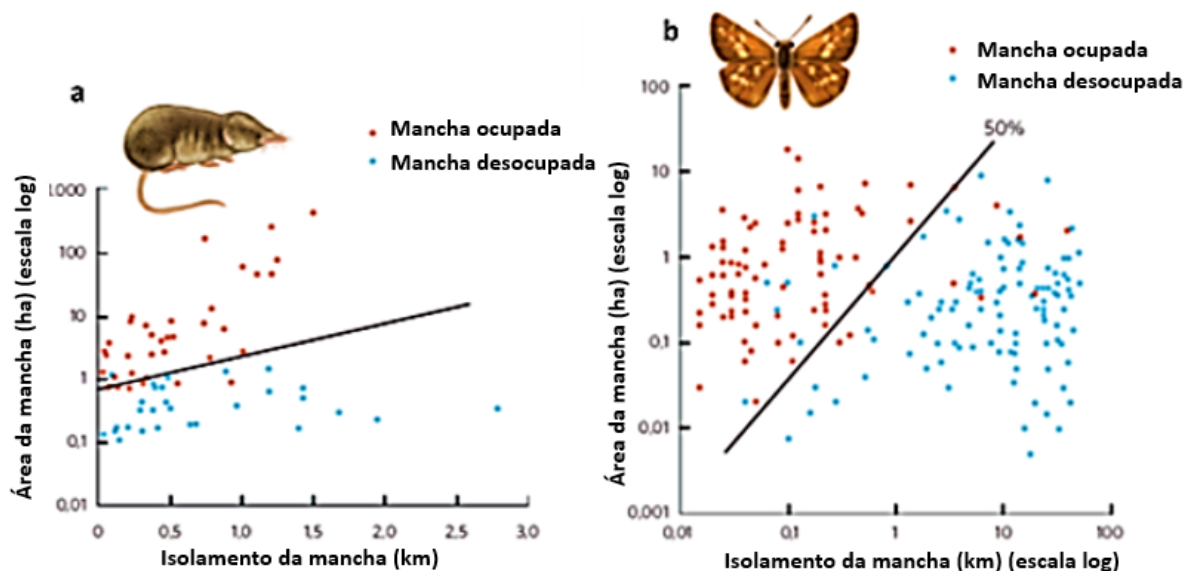
Resposta: B

Comentário: Nível de identidade e tamanho das sequências analisadas.

O alinhamento de DNA compara duas ou mais sequências e traz informações sobre a identidade (semelhança) entre elas e também o tamanho das sequências analisadas (ver figura do alinhamento). Não é possível obter informações de estrutura e função de proteínas apenas pelo alinhamento de sequências de DNA.

03) Sempre que falamos em dinâmica populacional, pensamos na distribuição temporal dos indivíduos, mas ainda podemos estudar como a população se distribui no espaço. Os estudos de dinâmica populacional no espaço têm aumentado devido à fragmentação de habitats, seja por causas antrópicas ou naturais, essa fragmentação faz com que os habitats preferidos ou adequados pelas populações sejam descontínuos, e formem manchas de habitats. Cada mancha de habitat possui uma subpopulação, quando os indivíduos dessas subpopulações conseguem se movimentar entre as diferentes manchas, podemos chamar de metapopulação. As metapopulações são compostas de subpopulações que se relacionam no espaço e que apresentam dinâmicas populacionais independentes nas diferentes manchas. Os estudos mostram que o tamanho e a distância entre as manchas de hábitat são fatores importantes para a dinâmica das metapopulações.

Os gráficos abaixo mostram o efeito do tamanho e do isolamento das manchas na ocupação (a) por musaranho-comum (*Sorex araneus*) e (b) por borboletas skipper (*Hesperia comma*). A reta indica as combinações de área e isolamento de manchas que correspondem à probabilidade de 50% de ocupação.



Fonte: RICKLEFS, Robert. **A economia da natureza**. 7. ed. Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

A partir da interpretação e análise dos gráficos, julgue os itens a seguir como verdadeiros (V) ou falsos (F):

- I. () Borboletas skipper e musaranhos-comum apresentam tendência de ocupar as manchas de forma aleatória.
- II. () Os musaranhos-comum apresentam maior probabilidade de ocupar manchas pequenas e menos isoladas.
- III. () As borboletas skipper apresentam maior probabilidade de ocupar manchas maiores e mais isoladas.
- IV. () As borboletas skipper apresentam tendência de ocupação diferente dos musaranhos-comum, pois elas ocupam preferencialmente manchas pequenas e menos isoladas.

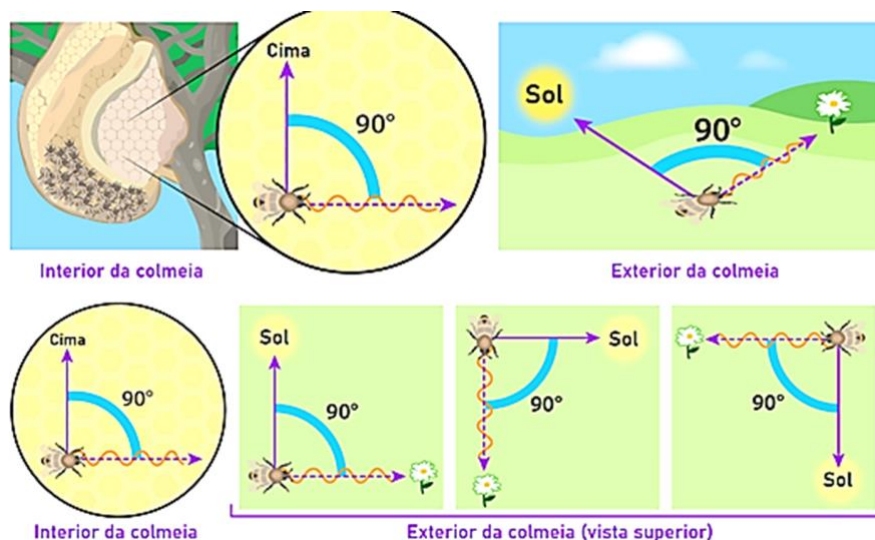
Resposta: I. F - II. F - III. F - IV. F

Comentário: A partir da interpretação e análise dos gráficos, podemos perceber tendência semelhante na ocupação de manchas pelos musaranhos-comum e borboletas skipper, eles têm maior probabilidade de ocupar manchas maiores e menos isoladas. Se dividirmos o gráfico em quadrantes, podemos perceber que a maioria das manchas ocupadas estão no primeiro quadrante, onde temos maior área da mancha (Ha) no eixo y e menor isolamento em Km no eixo x.

04) O cientista alemão Karl Von Frisch determinou a partir de uma série de experimentos que as abelhas da espécie *Apis mellifera* se comunicam entre si através de movimentos de dança. Para indicar a presença de alimento em distâncias maiores que 10 metros, as abelhas percorrem uma pequena distância em linha reta enquanto requebram o abdômen. Fazem um pequeno movimento circular de volta ao início da linha reta e repetem o requebrado.

É a partir do número de vezes que as abelhas fazem a dança por segundo, que elas indicam a distância do alimento em relação à colmeia. Quanto menor a frequência das danças, maior a distância indicada.

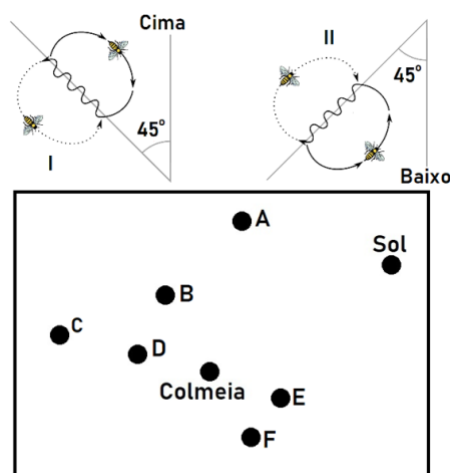
E é a partir do ângulo que elas fazem a dança em relação ao solo, que elas são capazes de indicar a posição do alimento em relação à colmeia e ao Sol, conforme ilustrado na figura abaixo.



Fonte: Figura adaptada de <https://askabiologist.asu.edu/bee-dance-game/introduction.html>

Suponha que uma abelha tenha feito a dança I, indicada abaixo, com a frequência de 1 volta por segundo. Isso levou as outras abelhas até o ponto A.

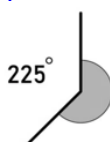
Se no mesmo momento, uma abelha tivesse feito a dança II, indicada abaixo, com a frequência de 2 voltas por segundo, em qual ponto aproximado as outras abelhas seriam levadas?



- a) B
- b) C
- c) D
- d) E
- e) F

Resposta: C

Comentário: A dança II foi feita em um ângulo de 225° em relação ao lado de cima da colmeia. Assim, os pontos C e D poderiam ser indicados. No entanto, a frequência de voltas por segundo foi o dobro do que foi realizado pela dança I. Assim, as abelhas voariam metade da distância do que na dança I, chegando ao ponto D.



05) Vacinas e soros possuem diferentes definições e aplicações, mas compartilham o mesmo objetivo, conferir proteção imunológica contra uma doença infecciosa.

Com relação ao tema, julgue os itens a seguir como verdadeiros (V) ou falsos (F):

I. () Vacinas atenuadas podem ser constituídas por vírus tratados incapazes de se replicar e causar doença.

II. () A transferência de anticorpos específicos por soro convalescente no tratamento de doenças não confere proteção contra a exposição subsequente.

III. () Vacinas profiláticas reduzem a resposta humoral para evitar o aparecimento de infecções.

IV. () Vacinas de DNA são constituídas por DNA complementar codificador de antígenos proteicos que ativam a resposta imune humoral e celular.

Resposta: I. V - II. V - III. F - IV. V

Comentário: Vacinas profiláticas previnem infecções por patógenos por estimularem a resposta humoral. Apesar de induzir a produção de anticorpos neutralizantes não são direcionadas para o tratamento de doenças. A modulação da resposta imune é gerada pelas vacinas terapêuticas. São utilizadas quando uma infecção já está instalada no organismo e induzem as respostas humorais e celulares.

Comentário adicional: A imunidade passiva é de curta duração porque o hospedeiro não responde à imunização. Sua proteção dura apenas enquanto os anticorpos injetados persistirem no organismo antes de serem degradados. Além disso, a imunização passiva não induz memória, então um indivíduo imunizado não é protegido contra a exposição subsequente à toxina ou ao microrganismo.

06) Em laboratórios de pesquisa, o cultivo de linhagens celulares é feito para a realização de estudos *in vitro*. As células são mantidas a partir da oferta de oxigênio, CO₂ e de nutrientes essenciais embebidos em soluções denominadas meio de cultura. De modo geral, a composição de diversos meios de cultura contém: sais inorgânicos, aminoácidos, carboidratos, proteínas e vitaminas. Também é utilizado nas composições indicadores de pH, como o vermelho de fenol. Este composto faz com que o meio de cultura fique amarelo em pH 6.5, vermelho em pH 7.4 e mais rosa em pH 7.6. Nesse sentido, a cor vermelha indica o pH ótimo para as células. Joana é uma Jovem Cientista que está trabalhando com a linhagem Neuro-2a, derivada de neuroblastoma murino, em sua primeira Iniciação Científica. Esta linhagem requer, em média, a oferta de nutrientes a cada dois dias e são mantidas em frascos celulares, onde ficam aderidas no fundo da placa. Em condições ideais, as células Neuro-2a formam uma espécie de tapete, eventualmente denso, tornando-se confluentes. Suponha que Joana não realizou a troca do meio de cultura em dois dias, e sim, em quatro dias. Ao observar novamente o frasco, a estudante notou a mudança da cor do meio de cultura, de vermelho para amarelo. No microscópio, notou a presença de células no sobrenadante do meio de cultura.

De acordo com os seus conhecimentos, escolha as opções verdadeiras (V) ou falsas (F) sobre o que pode ter acontecido com a cultura celular de Joana.

I. () As células presentes no sobrenadante do meio de cultura são resultado do consumo de metabólitos que promovem a proliferação de novas células não aderentes.

II. () A mudança de cor do meio de cultura está relacionada com a atividade metabólica de células em mitose.

III. () As fases de intervalo G0 e G2 foram úteis para promover maior proliferação celular a partir do terceiro dia.

VI. () O meio de cultura ativou vias de sinalização celular responsáveis por manter as junções aderentes da linhagem Neuro-2a na superfície do frasco celular.

Resposta: I. F - II. V - III. F - IV. V

Comentário: I. A depleção de nutrientes a partir do terceiro dia diminuiu a atividade metabólica das células e induziram à morte celular. Logo, as células presentes no sobrenadante do meio de cultura estão mortas e perderam a aderência da superfície do frasco. Conforme o texto é

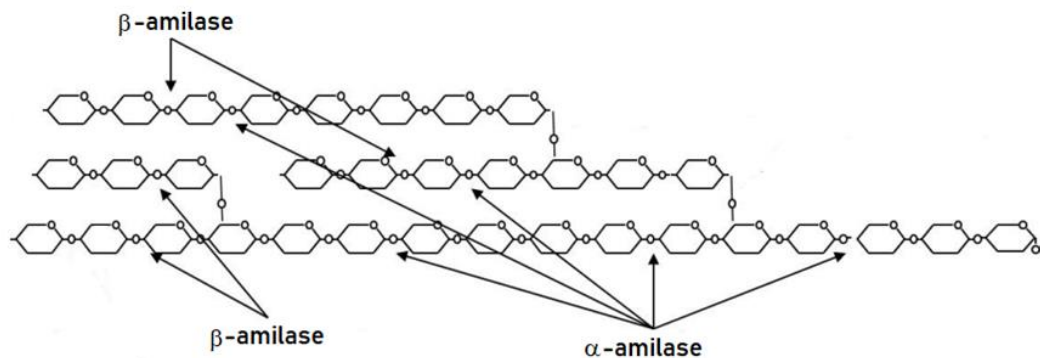
descrito que a linhagem Neuro-2a é aderente, não sendo comentada a possibilidade de ser cultivada em suspensão.

II. A atividade mitótica das células é promovida pelo ambiente favorável de nutrientes essenciais do meio de cultura. As células metabolizam nutrientes, a partir de reações enzimáticas, produzindo metabólitos, que por sua vez, alteram a cor do meio de cultura.

III. As fases G0 e G2 são as fases de intervalo da mitose e servem para assegurar que o ambiente para as fases S e M sejam favoráveis. A partir do terceiro dia, o meio de cultura apresenta depleção de nutrientes, logo, não é um ambiente favorável para proliferação celular.

IV. Os nutrientes do meio de cultura contêm moléculas que mantêm o funcionamento de vias importantes para a atividade metabólica, expressão gênica e de funcionamento do citoesqueleto celular.

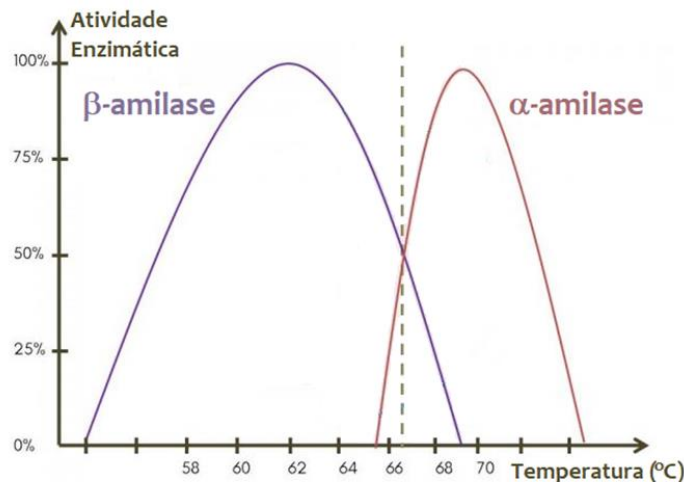
07) A brassagem ou mosturação é uma das primeiras etapas da produção da cerveja. Ela consiste em aquecer o malte em água para ativar a atuação enzimática das próprias células vegetais, o que converte amido em açúcares simples e melhora a solubilidade das moléculas fermentescíveis. Isso permitirá uma maior atividade dos micro-organismos que fermentam maltose mais eficientemente, como por exemplo, a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. O esquema abaixo ilustra a ação de duas das enzimas ativadas durante o processo da brassagem: a α -amilase e a β -amilase.



A α -amilase hidrolisa aleatoriamente as ligações α -1,4'-glicosídicas internas, enquanto a β -amilase facilita a hidrólise da penúltima ligação α -1,4'-glicosídica no terminal não-redutor das cadeias.

Fonte: adaptado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00425.x>

Observe no gráfico abaixo a variação da atividade das enzimas α -amilase e β -amilase de acordo com a temperatura.



Adaptado de: <https://comment-brasser-sa-biere.fr/wp-content/uploads/2020/11/fenetre-du-brasseur-600x450.jpg>

Sobre a atividade dessas duas enzimas foram feitas as afirmativas abaixo. Julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. () A atividade da β -amilase gera açúcares variados, enquanto a atividade da α -amilase só gera maltose.
- II. () Uma brassagem a 62° C aumenta o teor alcoólico da cerveja no final do processo.
- III. () A temperatura média de 67° C é a mais eficiente na geração de maltose durante o processo citado.
- IV. () Para gerar uma cerveja mais encorpada (com mais açúcares) e menos alcoólica, é recomendado que a brassagem seja realizada em temperaturas próximas aos 70° C.

Resposta: I. F - II. V - III. F - IV. V

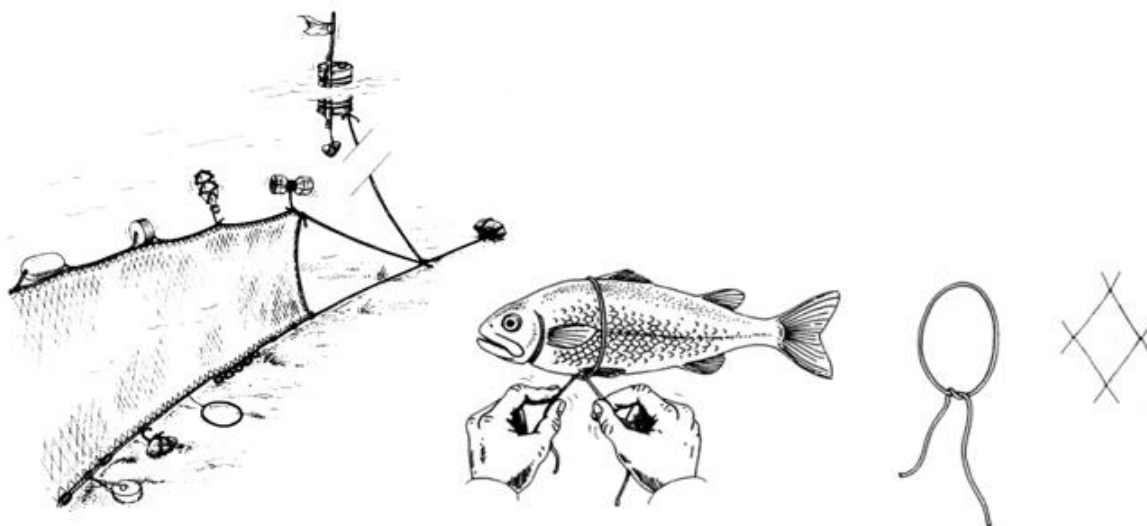
Comentários: I. A atividade da α -amilase gera açúcares de tamanhos variados, alguns fermentescíveis e outros não. A atividade da β -amilase só gera maltose.

II. Uma brassagem a 62° C é favorável à atividade da β -amilase, o que gera maior quantidade de maltose. Como os micro-organismos fermentam maltose mais eficientemente, isso aumentará o teor alcoólico da cerveja no final do processo.

III. Para maior geração de maltose, a atividade da β -amilase deve estar elevada. A temperatura média de 62° C permite maior atividade dessa enzima.

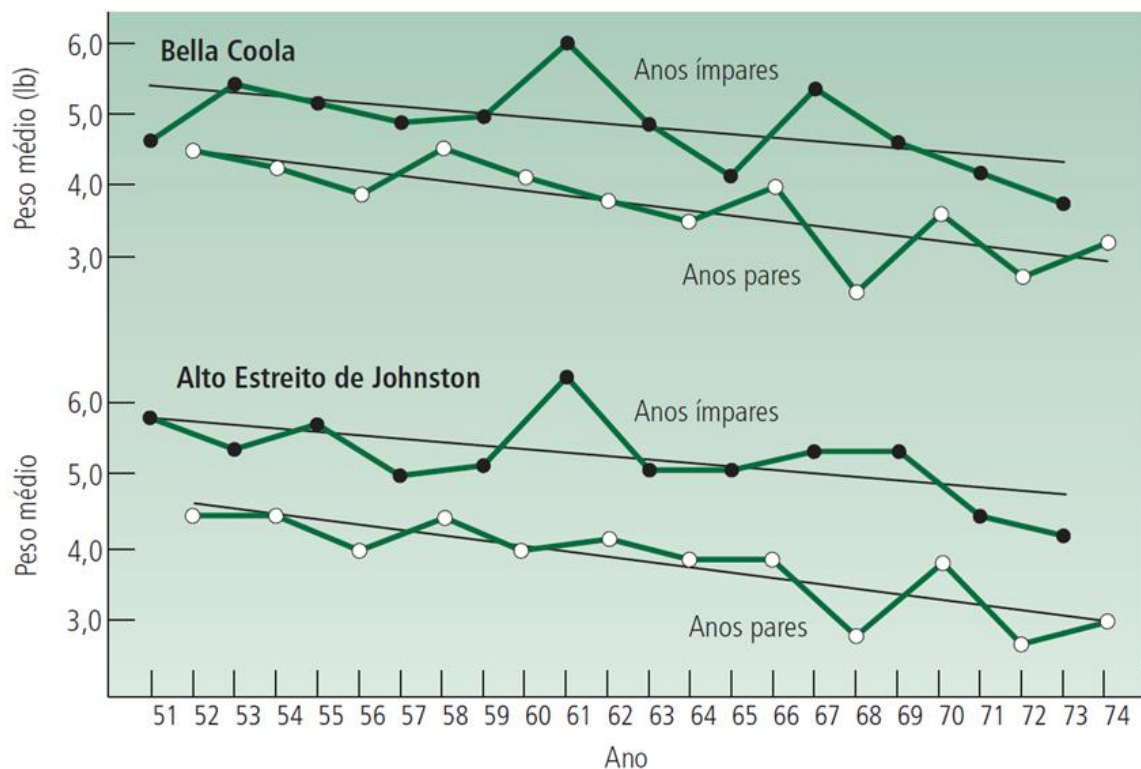
IV. Para gerar uma cerveja mais encorpada e menos alcoólica, deve haver a produção de açúcares não fermentescíveis. Assim, a atividade da α -amilase deve estar elevada, o que ocorre em temperaturas próximas aos 70° C.

08) A pesca com rede de emalhe é uma técnica utilizada por pescadores de todo o mundo (obs.: a utilização de qualquer rede de pesca por pescadores esportivos ou amadores é proibida em todo o território nacional de acordo com a Instrução Normativa Interministerial nº 9, publicada no dia 13 de junho de 2012, sendo seu uso restrito aos pescadores profissionais). Ela consiste na instalação de uma rede que flutua com o auxílio de boias e de pesos que a mantém esticada, na esperança de que peixes fiquem presos nos espaços entre as linhas, conforme indicado na figura a seguir. Esse tipo de pesca permite selecionar o tamanho do peixe desejado, ao criar malhas com espaçamento correto.



Fonte: <https://www.fao.org/3/x6935e/x6935e00.htm>

Em 1945, pescadores do Pacífico Norte passaram a ser pagos pelo peso do salmão rosado (*Onchorhynchus gorbuscha*) e não mais por indivíduo pescado. Assim, os pescadores que utilizavam redes de emalhe ajustaram o tamanho de suas redes para capturar indivíduos maiores. O gráfico abaixo mostra como o tamanho médio dos salmões rosados capturados variou durante 25 anos em dois rios da Colúmbia Britânica, Canadá.



Fonte: extraído de Mark Ridley, *Evolução*, 3ª Edição, Artmed

Analise as proposições abaixo e julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. () O tamanho médio dos salmões diminuiu pela metade durante esses 25 anos.
- II. () Observamos a ocorrência de uma seleção direcional ao longo desse processo.
- III. () O uso da rede de pesca é ecologicamente correta, pois evita a captura de peixes ainda pequenos e de animais maiores como tartarugas e golfinhos.
- IV. () Sabendo que o salmão rosado tem um ciclo de vida de dois anos, podemos explicar a razão dos indivíduos capturados em anos ímpares serem maiores do que aqueles capturados em anos pares.

Resposta: I. F - II. V - III. F - IV. V

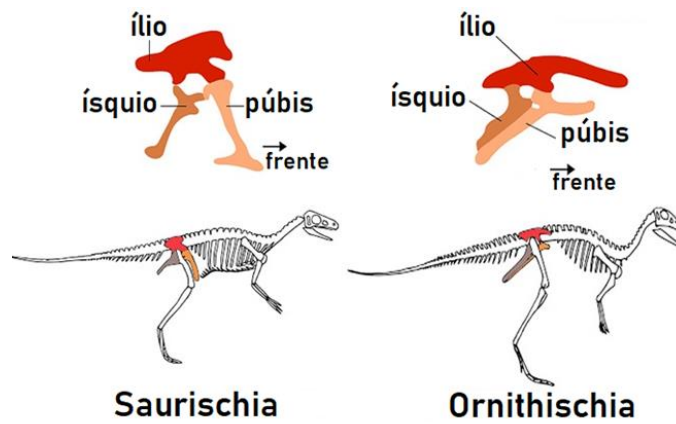
Comentários: I. O tamanho médio dos salmões diminuiu em torno de um terço durante esses 25 anos.

II. A seleção provocou a diminuição do tamanho médio, caracterizando uma seleção direcional.

III. O uso da rede de emalhe pode evitar a captura de peixes ainda pequenos, mas não evita a captura de animais maiores. Caso uma rede feita de material não biodegradável seja perdida no oceano, ela pode durar por um tempo indefinido, matando muitos animais que fiquem presos acidentalmente. É o que se chama "pesca fantasma".

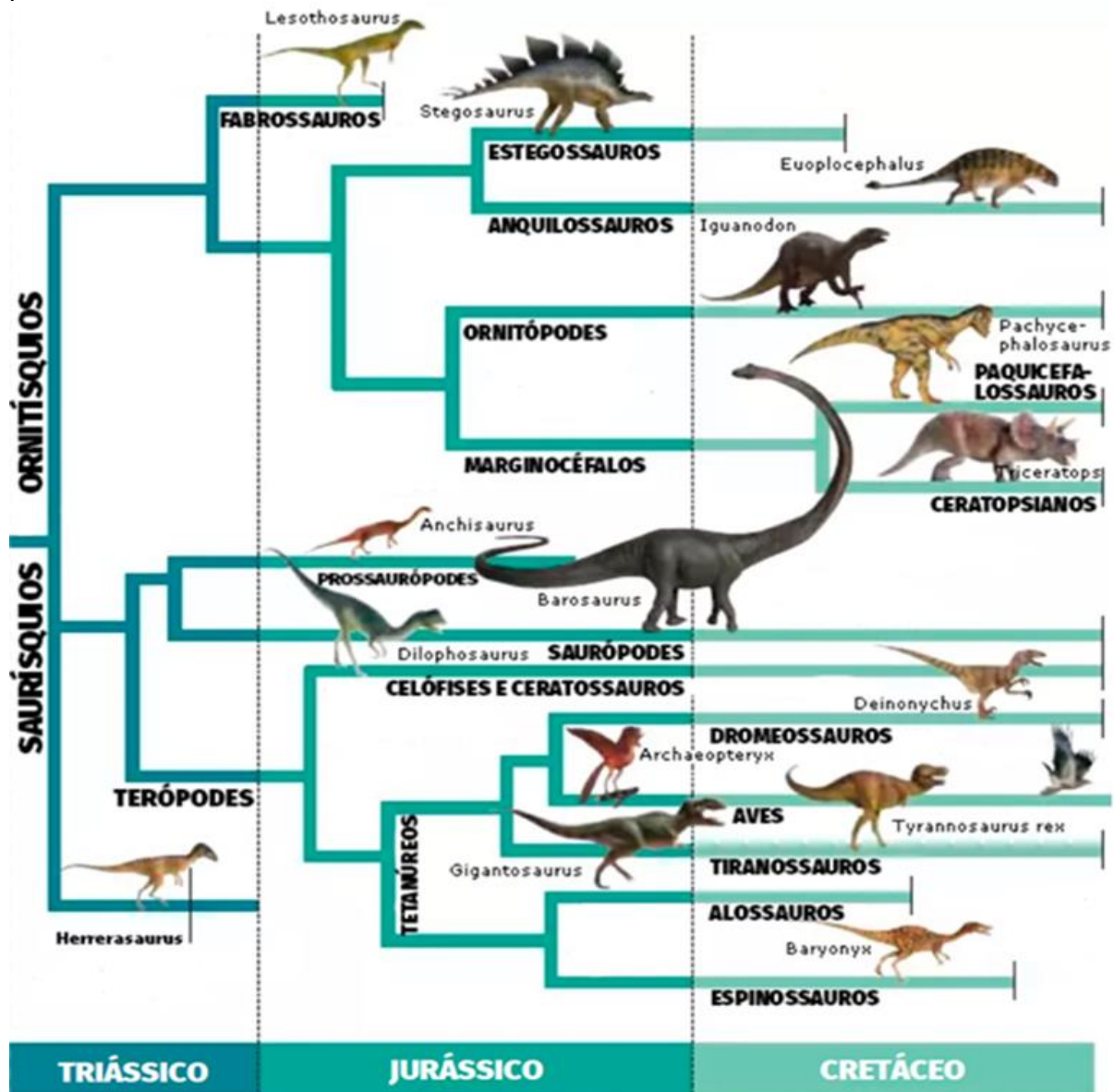
IV. Os salmões capturados em anos pares ainda estão em fase de crescimento, enquanto nos anos ímpares são capturados os salmões mais desenvolvidos.

09) No final do século XIX, Harry Seeley percebeu que os dinossauros se dividiam em dois grupos: Saurischia e Ornithischia. Os dois nomes foram baseados na anatomia pélvica: o púbis dos saurísquios aponta para baixo, sendo semelhante ao dos lagartos modernos, enquanto nos ornitísquios ele aponta para trás, de modo semelhante ao púbis das aves.



Fonte: <https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-51350887d1054f2ab94a07a9afbd5ca8>

O esquema abaixo ilustra uma possível filogenia dos dinossauros muito aceita por grande parte da comunidade científica.



Fonte: Retirado e adaptado de <https://www.monolitonimbus.com.br/dinossauros/>

Em 2017, Matthew Baron e seus colegas publicaram na revista *Nature* uma análise que comparava muitas características dos dinossauros e propunha que os terópodes eram um grupo irmão dos ornitíscuios. Assim, ambos deveriam ser classificados em um novo clado chamado Ornithoscelida (“pernas de pássaro”), divergindo dos Saurischia.

Análise as proposições abaixo, considerando o novo clado Ornithoscelida, e julgue se são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- I. () Se as aves pertencem ao ramo dos saurísquios, a semelhança da sua anatomia pélvica com a dos ornitíscuios é um resultado de convergência adaptativa.
- II. () Se as aves pertencem a Saurischia, a diferença da sua anatomia pélvica com a dos outros saurísquios reflete uma analogia.
- III. () Se os terópodes pertencem a Ornithoscelida, a semelhança da anatomia pélvica das aves com a dos ornitíscuios pode refletir uma homologia.
- IV. () Se forem excluídas as aves, os dinossauros formam um grupo polifilético.

Resposta: I. V - II. F - III. V - IV. F

Comentários: I. Se as aves pertencem ao ramo dos saurísquios, elas não herdaram sua anatomia pélvica de um ancestral que compartilhavam com os ornitíscuios. Assim, a semelhança seria resultado de convergência adaptativa.

II. Características análogas são aquelas que apresentam semelhanças morfológicas e funcionais, sem que tenham sido herdadas de um mesmo ancestral. Se as aves pertencem a Saurischia, sua anatomia pélvica deve ser herdada de um ancestral comum a todos os saurísquios, mesmo que tenha se diferenciado posteriormente.

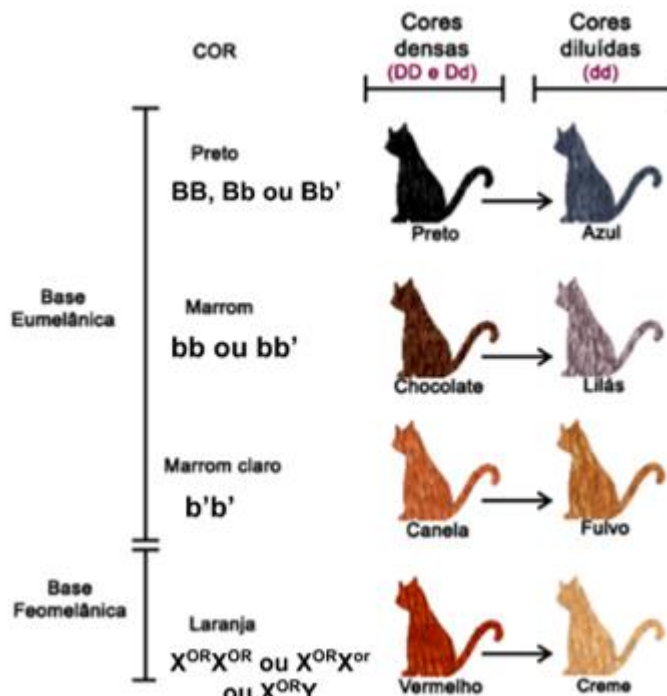
III. Características homólogas são aquelas herdadas de um ancestral comum. Se os terópodes pertencem a Ornithoscelida, a semelhança da anatomia pélvica das aves com a dos ornitíscuios pode ter sido herdada de um mesmo ancestral, visto que as aves são um grupo de terópodes.

IV. Se excluirmos as aves, os dinossauros formam um grupo parafilético, pois seriam classificados de acordo com a presença de plesiomorfias (homologias ancestrais).

Texto e imagem para as questões 10 e 11:

A fascinante genética da cor dos gatos

As cores da pele, pelos e olhos são determinadas pela presença de um pigmento chamado melanina. A melanina é depositada nos fios dos pelos na forma de grânulos microscópicos que variam em forma, tamanho e arranjo, fornecendo uma variedade de cores. Há dois tipos de melanina, a eumelanina que produz a cor preta (determinada pelo gene autossômico dominante B), a cor marrom (alelo b, recessivo em relação a B) ou a cor marrom claro (alelo b', recessivo em relação a B e b') e a feomelanina que produz a cor vermelha/alaranjada (herança ligada ao cromossomo X sexual). O alelo não-vermelha/laranja é recessivo, representado pela letra X^{or} (orange), e permite a expressão dos genes B, b e b'. No entanto, a presença de um único alelo X^{or} dominante substitui a produção de eumelanina por feomelanina, e altera a cor do gato para vermelha/laranja. Em um locus com segregação independente em relação aos outros dois genes citados, existe o gene que determina a densidade desses pigmentos. O gene D determina alta densidade dos pigmentos, enquanto seu alelo recessivo d, determina densidade diluída. A imagem a seguir mostra os padrões possíveis, de acordo com o texto:



https://www.researchgate.net/profile/Rubens-Pasa/publication/309653509_Uma_pequena_introducao_a_genetica_de_felinos_domesticos/links/581bda8108ae40da2ca9241d/Uma-pequena-introducao-a-genetica-de-felinos-domesticos.pdf

10) Uma gata chocolate foi cruzada com um macho creme e na primeira ninhada nasceram filhotes pretos e fulvos. Qual a chance de, na próxima ninhada desse casal, nascerem gatos na cor canela?

- a) 1/8
- b) 3/8
- c) 1/16
- d) 3/16
- e) 1/32

Resposta: C

Comentário: A gata Chocolate, para ter a expressão da eumelanina, tem de ser X^{or}X^{or}. Além disso, como ela teve filhotes fulvos (b'b'dd) ela tem de ter o genótipo bb'Dd. O macho creme tem feomelanina, logo é X^{OR}Y. Como ele teve filhotes pretos (B_D_) e fulvos (b'b'dd), complementa-se seu genótipo com Bb'dd. Então, temos um cruzamento de X^{or}X^{or}bb'Dd x X^{OR}YBb'dd. O texto afirma que os genes citados estão em segregação independente, e assim, fazemos os cruzamentos separadamente:

X^{or}X^{or} x X^{OR}Y = X^{OR}X^{or}; X^{or}Y; X^{OR}X^{or}; X^{or}Y. bb' x Bb' = Bb; b'b; Bb'; b'b'.
Dd x dd = Dd; Dd; dd; dd

Para nascer gatos na cor canela, desse cruzamento, eles têm de ter o genótipo X^{or}Yb'b'Dd. Multiplicamos os percentuais 1/2 x 1/4 x 1/2, obtendo como resposta 1/16.

11) Apesar do que é dito no texto, existem fêmeas que apresentam, ao mesmo tempo, regiões do corpo com pelos na cor vermelha/laranja e outras regiões com pelos pretos. Escolha a alternativa a seguir que apresenta uma explicação mais plausível para essa característica:

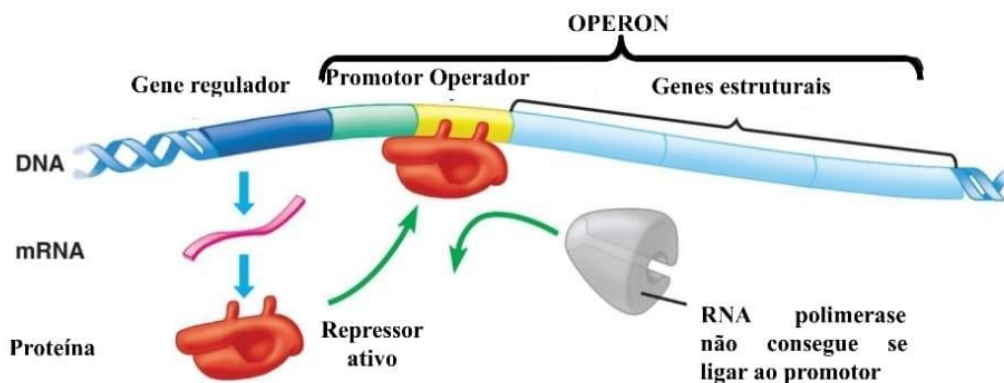
- a) Uma mutação, causada por exposição a produtos químicos contidos em rações industrializadas, alterou a sequência de bases do DNA, inativando o gene que determinava a cor vermelha/laranja em algumas regiões do corpo das fêmeas.
- b) Como é um caso de interação gênica entre cromossomos com segregação independente, é possível que haja epistasia do gene X^{or} sobre seu alelo X^{OR} permitindo a expressão do gene B e consequentemente, o aparecimento da cor preta.

- c) A presença do gene que determina a cor vermelha/laranja em heterozigose no cromossomo X sexual pode ser o responsável pela bicoloração, caracterizando um caso de codominância entre ele e o gene autossômico B.
- d) A inativação aleatória de um dos cromossomos X sexual, conhecido como corpúsculo de Barr, em fêmeas heterozigóticas. Nesse caso, o gene B pode se expressar quando há inativação do cromossomo X sexual que apresenta o gene dominante.
- e) Alterações físico-químicas do ambiente, como a temperatura, podem inativar as enzimas que transformam a eumelanina em feomelanina em algumas regiões do pelo. Esse fenômeno é conhecido como desnaturação proteica.

Resposta: D

Comentário: As fêmeas têm um de seus cromossomos X inativado, chamado de corpúsculo de Barr ou cromatina sexual. Essa inativação é aleatória e, se elas forem heterozigotas para o genótipo em questão, podem expressar as duas características em seu corpo. No caso, algumas regiões terão a expressão do gene Xor, e serão pretas (B_D_), e outras regiões terão a expressão do gene XOR, e serão vermelhas/laranja.

12) Operon ou operão é um conjunto de genes nos procariontes e em alguns eucariontes que se encontram funcionalmente relacionados, contíguos e controlados coordenadamente, sendo todos expressos em apenas um RNA mensageiro. É formado pela união de um gene promotor, de um gene operador e de um ou mais genes estruturais e pode ser controlado por um gene regulador, como mostra a imagem a seguir:



<https://diaryofanalevelstudent.wordpress.com/2013/02/23/the-lac-operon/>

Utilizando a imagem, explique o funcionamento desse importante mecanismo de controle celular:

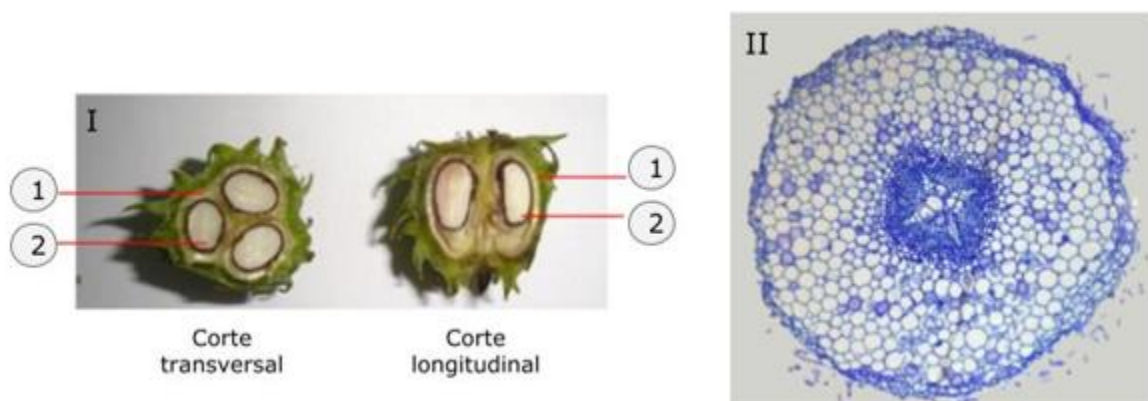
- a) O gene promotor é onde se liga a RNA-polimerase, enzima responsável por dar início à tradução dos genes estruturais.
- b) Os genes estruturais apresentam a informação para a produção de novas moléculas de DNA que, ao serem transcritas, determinam a formação do RNAm.
- c) O gene regulador codifica a produção de uma proteína que atua como repressor. Compete a esse último gene controlar a expressão dos genes estruturais.

- d) O gene regulador apresenta um sítio de ligação do RNA no qual se liga o repressor. Esse gene está situado entre o gene operador e os genes estruturais.
- e) A proteína repressora pode se ligar ao gene operador ou diretamente nos genes estruturais, promovendo a inibição da tradução dos RNAs mensageiro e ribossômico.

Resposta: C

Resolução: O operon é representado por uma sequência de genes estruturais, controlados por uma região promotora (onde há a ligação da RNA polimerase para a transcrição). Existem outras regiões que podem regular a transcrição desses genes estruturais, como o operador e o repressor (regulador). A sequência chamada de operador fica entre a região promotora e os genes estruturais e pode interferir na transcrição. O gene regulador determina a formação de uma proteína repressora que controla a atividade do operador e consequentemente a transcrição ou não dos genes estruturais.

13) Em estudos de anatomia vegetal, é muito comum que os pesquisadores realizem cortes nos órgãos das plantas para melhor visualizar suas estruturas internas. Tais estruturas podem ser analisadas a olho nu ou com o auxílio de microscópio, fazendo uso ou não de corantes. As imagens a seguir mostram cortes realizados em diferentes estruturas do *Ricinus communis*, conhecido popularmente como mamona. A figura I mostra dois cortes de seus frutos vistos a olho nu, enquanto que a imagem II mostra um corte transversal de um órgão vegetativo da mamona que foi corado e, posteriormente, visto em microscópio óptico:



Imagens modificadas de: <https://slideplayer.com/> e <http://www.ccb.uem.br/>

Com base nos seus conhecimentos e na análise das figuras apresentadas, julgue os itens a seguir como verdadeiros (V) ou falsos (F):

- I. () A estrutura marcada como 1 na imagem I foi originada a partir da parede carpelar.
- II. () O gineceu da flor da mamona provavelmente possui dois óvulos.
- III. () O órgão mostrado em II é encontrado principalmente na porção aérea dos vegetais.
- IV. () O órgão mostrado em II apresenta basicamente crescimento primário.

Resposta: I. V - II. F - III. F - IV. V

Comentário: I. A estrutura marcada como 1 é o pericarpo, ou parede do fruto, que é derivado da parede do carpelo, mais especificamente da região do ovário.

II. Os óvulos dão origem às sementes, marcadas como 2 na figura I. Pelo corte transversal, pode-se concluir que há três fileiras de sementes no fruto da mamona e, pelo corte

longitudinal, observa-se que há apenas uma semente por fileira. Logo, o fruto possui três sementes e, portanto, muito provavelmente o gineceu da flor da mamona possui três óvulos também.

III. A ausência de uma medula parenquimática e a organização do xilema primário em cruz, alternando com o floema primário, mostram que o corte foi obtido da raiz, órgão predominantemente subterrâneo.

IV. Não se observa nem a periderme, o tecido de revestimento secundário, nem grande desenvolvimento dos tecidos vasculares secundários. Desse modo, o corte mostrado apresenta basicamente tecidos primários (epiderme, parênquima cortical e tecidos vasculares primários).

14) Ao longo da evolução, os vegetais desenvolveram diversas variações em suas estruturas reprodutivas, que auxiliam no sucesso destes organismos. Nesse sentido, as imagens a seguir mostram estruturas relacionadas com a reprodução de três grandes grupos vegetais:



Imagens modificadas de: <https://g1.globo.com>, <https://lereaprender.com.br/> e <https://br.pinterest.com>

Acerca das estruturas reprodutivas mostradas nas imagens, julgue como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes conclusões:

- I. () As três estruturas reprodutivas estão associadas com a produção de pólen.
- II. () As três estruturas reprodutivas se desenvolvem durante a fase haplóide do ciclo de vida das plantas.
- III. () As plantas que portam a estrutura em A são sifonogâmicas.
- IV. () A estrutura mostrada em B é provavelmente a única mostrada que atrai animais, que atuam como dispersores de seus esporos.

Resposta: I. F - II. F - III. V - IV. F

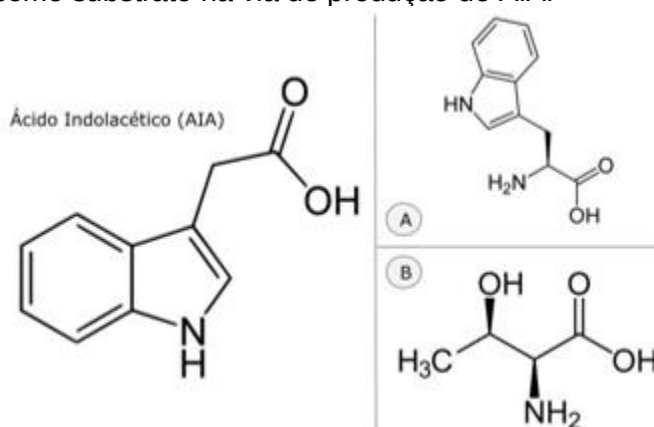
Comentário: I. Em A é mostrado o megaestróbil, que está associado à produção do gametófito feminino e não do masculino (grão de pólen). Além disso, o pólen só é encontrado nas angiospermas e gimnospermas, logo não é produzido pelos esporângios agrupados nos soros da samambaia mostrados em B.

II. As três estruturas reprodutivas se desenvolveram durante a fase esporofítica, que é diploide.

III. O megaestróbil mostrado na imagem A pertence a uma Pinófitas (ex.: pinheiros, araucárias), grupo de plantas que apresentam a sifonogamia, ou seja, o tubo polínico conduz as células espermáticas até a abertura do óvulo (micrópila).

IV. Provavelmente a flor mostrada em C, por apresentar características chamativas (cor, vistiosidade, etc.), é a que atrai animais para servirem como agentes polinizadores. Os soros mostrados em B possuem esporângios que produzem esporos que serão dispersos pelo vento.

15) Uma das propriedades mais interessantes associadas às auxinas é o transporte polar, ou seja, que se dá basicamente numa única direção, graças a características químicas das auxinas e das células vegetais. Tomando como exemplo o ácido indolacético (AIA), este hormônio fica em maior proporção em sua conformação mais hidrofóbica no meio extracelular, onde o pH é ácido, do que no citoplasma da célula vegetal, em que o pH é neutro, onde o AIA assume mais sua conformação hidrofílica. A entrada do AIA na célula pode se dar pela sua passagem através da bicamada fosfolipídica que compõe a membrana plasmática. Por outro lado, sua saída depende de transportadores específicos que se localizam de forma diferencial ao longo da membrana plasmática, garantindo a direcionalidade do transporte do AIA. Desse modo, percebe-se a importância da estrutura química do AIA para que haja o transporte polar. Nesse sentido, a imagem a seguir mostra a estrutura química do AIA e de dois aminoácidos distintos, marcados como A e B, sendo que apenas um dos aminoácidos participa diretamente como substrato na via de produção de AIA:



Imagens modificadas de: <https://pt.wikipedia.org>

A respeito das informações apresentadas, julgue as afirmativas a seguir como verdadeiras (V) ou falsas (F):

- I. () O AIA é derivado do aminoácido B.
- II. () A imagem mostra o AIA em seu estado menos capaz de atravessar a membrana plasmática por difusão simples.
- III. () O transporte polar de AIA é importante para o processo de dominância apical.
- IV. () A redução de transportadores de AIA citados no texto faria com que este hormônio tivesse sua concentração intracelular aumentada.

Resposta: I. F - II. F - III. V - IV. V

Comentário: I. Observando as estruturas químicas, observa-se que o aminoácido A (triptofano) possui um anel benzênico e um nitrogênio em anel heterocíclico que servem como bloco construtor para o AIA. Já o aminoácido B (treonina) possui poucas semelhanças em sua estrutura química com o AIA. Portanto, é possível concluir que o AIA é derivado do aminoácido A.

II. O grupo carboxila do AIA está protonado (com o hidrogênio) tornando o composto neutro e, com isso, mais hidrofóbico e, portanto, pode atravessar a membrana plasmática através da bicamada fosfolipídica. No citoplasma, o AIA pode ter seu grupo carboxila desprotonado (perde o hidrogênio), tornando-se carregado negativamente e, portanto, necessitando dos transportadores específicos para sair da célula.

III. A dominância apical é uma das funções principais das auxinas. Assim, o transporte de auxinas do meristema apical caulinar para as demais partes do sistema aéreo, até atingir as gemas axilares, é de suma importância para garantir a dominância apical.

IV. Sem os transportadores específicos, o AIA poderia entrar na célula normalmente mas sairia a uma taxa muito mais lenta, fazendo, assim, com que sua concentração no citoplasma aumentasse.

16) A fotossíntese é um processo metabólico essencial para praticamente todos os vegetais, sendo que o seu tipo mais comum é o denominado C3. No entanto, a fotossíntese C3 está associada a uma maior taxa de fotorrespiração e de perda de água. Assim, alguns vegetais desenvolveram mecanismos adicionais de concentração de carbono que permitem tornar a fotossíntese mais eficiente em ambientes quentes e secos. Estes mecanismos consistem, de forma simplificada, em reagir o CO₂ atmosférico com o fosfoenolpiruvato (PEP) pela ação da enzima PEP carboxilase, formando então um ácido orgânico que irá liberar o CO₂ diretamente para a rubisco, evitando, assim, que esta enzima, que participa do ciclo de Calvin, reaja com o O₂. Nesse sentido, há dois tipos de fotossíntese que utilizam estes mecanismos. Na fotossíntese C4, a absorção de CO₂ atmosférico e a liberação do CO₂ para a rubisco se dão em células diferentes. Já na fotossíntese CAM, o que acontece é que a absorção do CO₂ atmosférico se dá durante a noite, enquanto que durante o dia há a liberação de CO₂ para a rubisco. O gráfico a seguir mostra como varia a absorção de CO₂ atmosférico e a atividade da rubisco em uma determinada planta ao longo de um período de 24 horas:

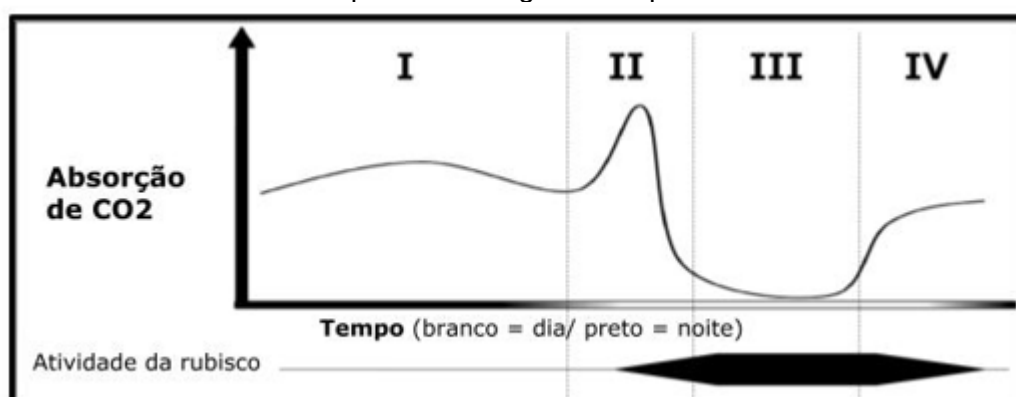


Imagem modificada de: <https://www.intechopen.com>

Com base nas informações apresentadas no texto e no gráfico, julgue os itens como verdadeiros (V) ou falsos (F):

I. () A planta em questão realiza fotossíntese do tipo CAM.

II. () A transpiração associada aos estômatos deve ser mais intensa em I do que em III.

III. () A produção de ácidos orgânicos, como o malato, deve ser maior em III do que em I.

IV. () A atividade da PEP carboxilase deve reduzir no final do período II, mas deve aumentar no início do período IV.

Resposta: I. V - II. V - III. F - IV. V

Comentário I. Segundo o gráfico, ainda que a atividade da rubisco seja maior durante o dia, a absorção do CO₂ acontece basicamente à noite e no entardecer. Isso caracteriza a separação temporal observada na fotossíntese CAM.

II. A abertura estomática está associada à perda de água por transpiração e pela troca de gases com o ambiente. Desse modo, os momentos do gráfico em que há maior absorção de CO₂ devem ser aqueles em que também há maior transpiração relacionada à abertura estomática.

III. A produção de ácidos orgânicos deve ser maior nos períodos em que há maior absorção de CO₂.

IV. Ao final do período II, observa-se queda da absorção de CO₂, que deve vir acompanhada de menor atividade de PEP carboxilase e menor produção dos ácidos orgânicos. Já no início do período IV há um aumento na absorção de CO₂, que deve vir acompanhada do aumento da atividade da PEP carboxilase e da produção de ácidos orgânicos.

17) A síndrome da angústia respiratória do recém-nascido (SARRN) é um distúrbio pulmonar que acomete bebês prematuros, sobretudo os nascidos com menos de 37 semanas de gestação. Os sintomas iniciais incluem respiração difícil e ruidosa, que progride para cianose, apneia e, finalmente, insuficiência cardíaca, caso não seja iniciado o tratamento adequado. Sua ocorrência deve-se à deficiência de surfactante pulmonar nos alvéolos do neonato. Um dos principais constituintes do surfactante pulmonar, o dipalmitoil fosfatidilcolina, está representado quimicamente na imagem a seguir:

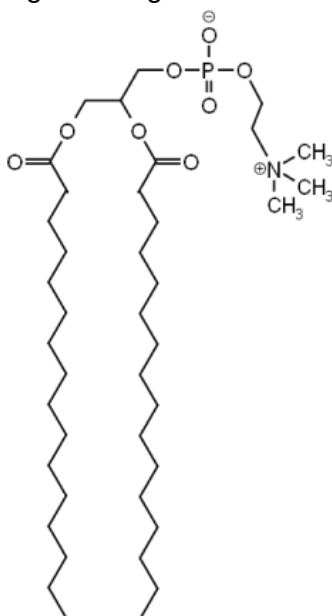


Imagem retirada de: <https://biomodel.uah.es/model2/lip/surfac-lung.htm>

Com base nas informações do enunciado e em seus conhecimentos prévios, assinale verdadeiro (V) ou falso (F) para as seguintes afirmações:

I. () O surfactante pulmonar é uma mistura complexa de fosfolipídios e lipoproteínas sintetizada e secretada por células do epitélio alveolar que atua reduzindo a tensão superficial do filme aquoso que reveste a superfície interna dos alvéolos.

II. () A deficiência do surfactante pulmonar reduz a pressão necessária para expandir os alvéolos, provocando hiperinsuflação pulmonar e aprisionamento de ar.

III. () A redução da tensão superficial pelo surfactante pulmonar deve-se à natureza anfipática de seus componentes, como o fosfolipídio dipalmitoil fosfatidilcolina, composto por uma cabeça apolar de fosfatidilcolina e duas caudas polares de ácidos graxos saturados.

IV. () O diagnóstico pré-natal da SARRN é realizado por meio do chamado “teste do pezinho”.

Resposta: I. V – II. F – III. F – IV. F

Comentário: II. A deficiência do surfactante pulmonar eleva a pressão necessária para expandir os alvéolos, acarretando o colapso destes, condição denominada “atelectasia”.

III. A afirmativa apresenta de forma invertida as propriedades das porções do fosfolípido; na verdade, a cabeça de fosfatidilcolina tem natureza polar, enquanto as duas caudas de ácidos graxos saturados são apolares.

IV. A triagem neonatal, popularmente denominada “teste do pezinho”, visa à detecção das seguintes doenças: fenilcetonúria, hipotireoidismo congênito, doença falciforme (e outras hemoglobinopatias), fibrose cística, hiperplasia adrenal congênita e deficiência de biotinidase. Não está incluída, portanto, a SARRN, cujo diagnóstico pré-natal é feito por testes de maturidade pulmonar fetal no líquido amniótico.

18) Uma complicação comum em pacientes com diabetes *mellitus* tipo 1 não tratado é a cetoacidose diabética (CAD), distúrbio metabólico caracterizado pela redução do pH sanguíneo, como consequência do acúmulo de “corpos cetônicos” – acetona, acetoacetato e D-β-hidroxibutirato – no sangue. A produção demasiada desses corpos cetônicos está associada ao acúmulo de acetil-CoA nas células hepáticas. Indivíduos com CAD frequentemente exibem sintomas como sede excessiva, náuseas e vômitos e presença de hálito característico. Com base nessas informações e em seus conhecimentos prévios, assinale verdadeiro (V) ou falso (F) para as seguintes afirmativas:

I. () A CAD é causada, em parte, pela oxidação excessiva de ácidos graxos – da qual deriva a acetil-CoA – nas células musculares e nos adipócitos, como consequência da incapacidade de captar glicose em quadros de diabetes não tratado.

II. () O D-β-hidroxibutirato é um composto volátil e confere um odor característico ao hálito dos indivíduos que exibem CAD. Indivíduos submetidos a dietas hipercalóricas, com alto consumo de carboidratos, também podem apresentar essa característica.

III. () Um dos sintomas observados em casos de CAD é um padrão de respiração rápida e profunda (respiração de Kussmaul), que atua como um mecanismo fisiológico para aumentar a concentração de gás carbônico no sangue e, consequentemente, elevar o pH sanguíneo.

IV. () A administração de insulina reverte o quadro de CAD por mobilizar transportadores de glicose para a membrana celular de adipócitos e células musculares.

Resposta: I. V – II. F – III. F – IV. V

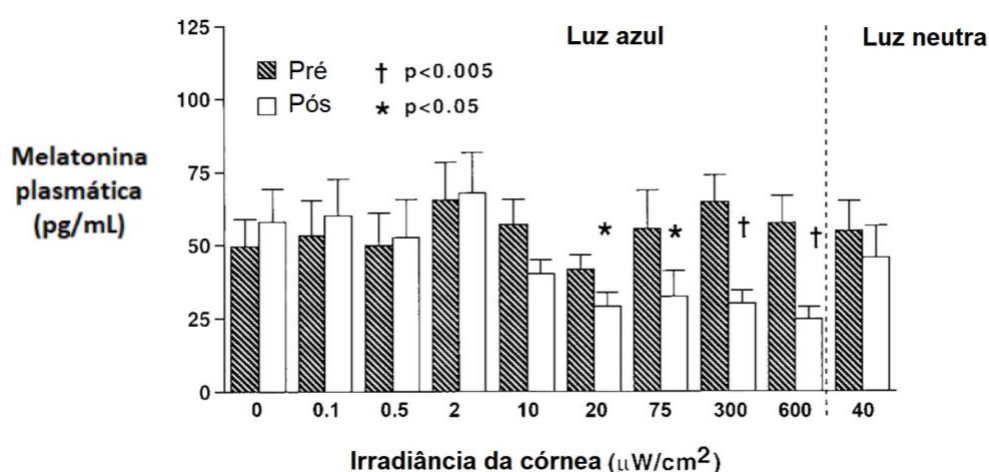
I. A reduzida produção de insulina em pacientes com diabetes *mellitus* tipo 1 limita a captação de glicose pelas células do músculo esquelético, do coração e do tecido adiposo. Por essa razão, estas células utilizam como principal fonte de energia a oxidação dos ácidos graxos, da qual deriva a acetil-CoA. Esta passa a se acumular nas células hepáticas, sendo convertida a acetoacetato no fígado a uma velocidade que supera a capacidade de consumo dos tecidos extra-hepáticos.

II. O composto responsável pelo odor característico do hálito de pacientes em cetoacidose metabólica é a acetona, e não o D-β-hidroxibutirato. Além disso, são dietas com reduzido consumo de carboidratos que podem propiciar o “hálito cetônico”, pois resultam em menor quantidade de glicose disponível no sangue.

III. De fato, a respiração de Kussmaul é um sintoma verificado em casos de CAD, porém ela tende a reduzir a concentração de CO₂ no sangue como forma de aumentar o pH sanguíneo.

IV. A administração de insulina mobiliza os transportadores de glicose insulínodpendentes denominados GLUT4, que, nos períodos entre refeições, encontram-se majoritariamente inseridos em vesículas intracelulares.

19) A exposição à luz azul tornou-se um problema relevante nas últimas décadas, principalmente devido ao uso crescente de dispositivos eletrônicos com tela iluminada. Dentre os diversos efeitos que a luz azul pode ter no organismo, um dos mais estudados é sua interferência na produção de melatonina. Um experimento foi feito para testar como o nível plasmático deste hormônio é afetado, e os resultados são apresentados abaixo.



Adaptado e traduzido de:
<https://journals.physiology.org/cms/10.1152/japplphysiol.01413.2009/asset/images/large/zdg0031194630002.jpeg>

Com base nos dados apresentados e no tema abordado, responda verdadeiro (V) ou falso (F) para cada afirmativa.

- I. () Irradiâncias de luz azul na faixa de 10 μW/cm² causam mudanças no sono.
- II. () O núcleo supraquiasmático, regula os ritmos circadianos em mamíferos. Ele tem receptores para melatonina, mas não produz esse hormônio.
- III. () Escolheu-se 40 μW/cm² de irradiância para a luz neutra pois não houve resultado relevante nessa faixa para luz azul.
- IV. () O Sol gera a luz mais relevante no ritmo circadiano em humanos.

Resposta: I. F – II. V – III. F – IV. V

Comentário: I. De acordo com o gráfico apresentado, mudanças significativas nos níveis de melatonina plasmática só ocorrem a partir de irradiâncias de luz azul de 20 μW/cm² ou mais. Portanto, irradiâncias de 10 μW/cm² não causam mudanças significativas no sono, pois os níveis de melatonina plasmática são relevantes para isso.

II. O núcleo supraquiasmático, localizado no hipotálamo, regula os ritmos circadianos em mamíferos. Ele tem receptores para melatonina, mas não produz o hormônio. A melatonina é produzida pela glândula pineal.

III. A escolha de 40 μW/cm² de irradiância para a luz neutra foi feita como um grupo controle para comparar os efeitos da luz azul, pois sabe-se que nessa faixa de irradiância há diferença significativa de melatonina produzida pós exposição à luz azul.

IV. A luz solar é a principal fonte de sincronização dos ritmos circadianos em humanos. A exposição à luz solar durante o dia ajuda a regular a produção de melatonina à noite, garantindo um sono de qualidade e a manutenção de ritmos biológicos adequados.

20) Uma pesquisa ilustrativa sobre a aplicação da técnica CRISPR/Cas9 em camundongos, modelos importantes para seres humanos, gerou uma série de resultados. No estudo, 20 embriões de camundongos foram submetidos à edição genética utilizando CRISPR/Cas9, e os resultados foram analisados em termos de mutações no gene alvo e mutações fora do alvo. A tabela a seguir mostra as médias de mutações no alvo correto e o número médio de bases mutadas fora do alvo:

Camundongos Editados	Taxa de Mutação no Gene Alvo (%)	Taxa de Mutação Fora do Alvo (número médio de bases)
20	90	5

Com base nos dados apresentados e no tema abordado, responda verdadeiro (V) ou falso (F) para cada afirmativa.

I. () Enquanto enzimas de restrição como EcoRI e BamHI reconhecem sítios palindrômicos, a Cas9, também descoberta em bactérias, apresenta maior especificidade e versatilidade devido à utilização de RNA guia.

II. () A técnica CRISPR/Cas9 pode causar instabilidade genômica em uma linhagem celular, caso afete exonucleases.

III. () O sistema CRISPR/Cas9 é totalmente preciso e seguro para uso em embriões humanos, dado o histórico recente de estudos bem sucedidos com bebês que nasceram.

IV. () A presença de *protospacer adjacent motifs* (PAMs) é irrelevante para o reconhecimento do alvo pelo sistema CRISPR/Cas9.

Resposta: I. V – II. V – III. F – IV. F

Comentário: I. As enzimas de restrição, como EcoRI e BamHI, reconhecem e cortam sequências palindrômicas específicas de DNA. Já a proteína Cas9 apresenta maior especificidade e versatilidade em razão do uso de RNA guia, que permite o direcionamento do corte em sequências alvo desejadas.

II. A instabilidade genômica pode ser causada pela técnica CRISPR-Cas9, especialmente quando mutações fora do alvo ocorrem em regiões críticas do genoma, como enzimas de reparo com atividade de exonuclease.

III. Apesar de o sistema CRISPR-Cas9 utilizar a proteína Cas9 e um RNA guia para reconhecer sequências específicas de DNA, o estudo mostra que mutações off-target ainda podem ocorrer, o que indica que a técnica não é completamente precisa. Estudos que utilizaram edição com CRISPR/Cas9 em embriões humanos foram altamente repudiados.

IV. As sequências PAM são importantes para o reconhecimento do alvo pelo sistema CRISPR-Cas9, pois ajudam a proteína Cas9 a se ligar ao DNA e iniciar o corte na sequência alvo.

21) Suponha que um estudo comparativo foi realizado para analisar a eficiência energética entre a respiração celular e a beta-oxidação, processos fundamentais no metabolismo

energético celular. Os pesquisadores utilizaram a técnica de calorimetria indireta para medir o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono em diferentes condições fisiológicas, como jejum e alimentação recente. Além disso, eles também mediram a quantidade de ATP gerada em cada processo e realizaram ensaios bioquímicos para analisar o conteúdo de glicogênio e ácidos graxos em tecidos relevantes. Os dados obtidos a partir dos ensaios bioquímicos estão apresentados na tabela abaixo:

Condição fisiológica	Glicemia (mg/dL)	Insulina plasmática (μ U/mL)	Glucagon plasmático (pg/mL)	Glicogênio hepático (mg/g de tecido)	Ácidos graxos livres no plasma (μ mol/L)
Jejum	70	6	150	15	600
Alimentação recente	140	30	80	45	300

Com base nos processos mencionados, na tabela apresentada e no tema abordado, responda verdadeiro (V) ou falso (F) para cada afirmativa.

I. () A respiração celular e a beta-oxidação ocorrem integralmente no mesmo compartimento celular.

II. () A lipogênese é estimulada em períodos de jejum, enquanto a glicogênese é ativada após a ingestão de alimentos.

III. () Com base nos dados da tabela, é possível inferir que ocorre glicogênese e lipogênese após a alimentação, considerando a variação nos níveis de glicogênio hepático e ácidos graxos livres no plasma.

IV. () A quantidade de ATP gerada por molécula de glicose na respiração celular é maior do que a quantidade de ATP gerada por molécula de ácido graxo na beta-oxidação.

Resposta: I. F – II. F – III. V – IV. F

Comentário: I. A respiração celular ocorre no citoplasma (glicólise) e nas mitocôndrias (ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa), enquanto a beta-oxidação ocorre nas mitocôndrias.

II. A lipogênese é estimulada após a ingestão de alimentos, quando o corpo armazena energia em forma de gordura, enquanto a glicogênese ocorre tanto em períodos de jejum quanto após a ingestão de alimentos, dependendo da necessidade de armazenamento e disponibilidade de glicose.

III. A partir da tabela, é possível inferir que ocorre glicogênese e lipogênese após a alimentação, considerando o aumento do glicogênio hepático e a diminuição dos ácidos graxos livres no plasma, o que indica um maior armazenamento de energia na forma de glicogênio e lipídeos.

IV. A quantidade de ATP gerada por molécula de ácido graxo na beta-oxidação é maior do que a quantidade de ATP gerada por molécula de glicose na respiração celular.

22) O Projeto Genoma Humano, concluído no início do século XXI, foi um marco na história da genética, entretanto, não conseguiu sequenciar o genoma humano em sua totalidade. Para preencher essa lacuna, o Projeto Telomere-to-Telomere (T2T) tem como objetivo sequenciar o genoma humano de ponta a ponta, abrangendo regiões anteriormente inacessíveis, como sequências repetitivas que constituem grande parte dos nossos cromossomos. Durante o desenvolvimento do projeto, os pesquisadores exploraram e compararam diferentes métodos de sequenciamento, incluindo o sequenciamento de Sanger e os sequenciadores de nova geração. Para essa análise, consideraram aspectos como o tamanho do fragmento lido, velocidade, custo total e taxa de mutação média dos diferentes métodos. A tabela abaixo apresenta algumas características dos diferentes métodos de sequenciamento:

Método de Sequenciamento	Tamanho do Fragmento Lido	Velocidade	Preço por base	Taxa de erro por base lida
Sanger	800 - 1000 pb	Baixa	Alto	Baixa
2ª e 3ª Gerações	100 - 600 pb	Alta	Médio	Média
4ª Geração	~ 10.000 pb	Alta	Baixo	Alta

Com base nos dados apresentados e no tema abordado, responda verdadeiro (V) ou falso (F) para cada afirmativa.

- I. () O sequenciamento de Sanger é mais vantajoso em situações como investigar se um indivíduo herdou dos pais uma mutação de ponto associada a uma síndrome.
- II. () Os sequenciadores de quarta geração permitem melhor capacidade de análise de regiões repetitivas do genoma.
- III. () O sequenciamento de 4ª geração identifica melhor variações de número de cópias (CNVs) - ganho ou perda de segmentos de DNA - do que sequenciadores de Sanger e de nova geração.
- IV. () O aumento na velocidade de sequenciamento dos métodos de nova geração em comparação ao sequenciamento de Sanger não afeta a taxa de mutação média.

Resposta: I. V – II. V – III. V – IV. F

Comentário: I. O sequenciamento de Sanger pode ser mais apropriado em casos onde a análise é focada em uma região específica e limitada do genoma, como um exon isolado. Embora o custo possa ser maior em comparação com os métodos de nova geração, sua aplicação em situações pontuais pode torná-lo mais vantajoso, inclusive mais barato, devido à sua precisão e confiabilidade.

II. Os sequenciadores de quarta geração conseguem ler fragmentos de DNA muito maiores (> 10.000 pb) e, portanto, são mais eficientes no sequenciamento de regiões repetitivas e complexas em comparação aos sequenciadores de Sanger.

III. O sequenciamento de quarta geração consegue ler fragmentos de DNA mais longos, permitindo a identificação mais precisa de variações de número de cópias (CNVs), que envolvem ganho ou perda de segmentos de DNA. Essas variações são desafiadoras para os sequenciadores de Sanger e de nova geração.

IV. O aumento na velocidade de sequenciamento dos métodos de nova geração em comparação ao sequenciamento de Sanger pode afetar negativamente a taxa de mutação.

23) As doenças humanas podem ser classificadas em raras e monogênicas ou comuns e multifatoriais. Doenças raras e monogênicas são causadas por mutações em um único gene, enquanto doenças comuns e multifatoriais envolvem interações complexas entre múltiplos genes e fatores ambientais. O Score de Risco Poligênico (PRS) é uma ferramenta de pesquisa, ainda não aplicada clinicamente, que estima o risco genético de um indivíduo desenvolver uma doença comum e multifatorial com base em um conjunto de variantes genéticas. O PRS é calculado considerando a frequência de cada variante da população e o tamanho de seu efeito individual, aqui simplificado como peso. A tabela abaixo mostra 10 variantes genéticas hipoteticamente associadas à hipertensão e seus respectivos pesos:

Variante	Peso
A	0,5
B	1,0
C	1,5
D	2,0
E	0,8
F	1,3
G	0,6
H	0,9
I	1,1
J	1,7

Com base nos dados apresentados e no tema abordado, responda verdadeiro (V) ou falso (F) para cada afirmativa.

I. () A presença das 10 variantes genéticas no genoma de um indivíduo garante que ele desenvolverá hipertensão.

II. () O PRS pode ser usado para identificar indivíduos que se beneficiariam de intervenções preventivas precoces, mesmo antes do aparecimento de sintomas.

III. () Um indivíduo com um PRS alto pode não desenvolver hipertensão, enquanto um indivíduo com um PRS baixo pode desenvolver a doença.

IV. () Um indivíduo com variantes A, B e C tem um PRS maior do que um indivíduo com variantes D e E.

Resposta: I. F – II. V – III. V – IV. V

Comentário: I. A presença de todas as 10 variantes genéticas em um indivíduo indica um risco maior de desenvolver hipertensão, mas não garante o desenvolvimento da doença, uma vez que outros fatores ambientais e genéticos também podem influenciar.

II. O PRS pode ser usado para identificar indivíduos que se beneficiariam de intervenções preventivas precoces, mesmo antes do aparecimento de sintomas, permitindo um melhor manejo do risco de desenvolver doenças multifatoriais, como a hipertensão.

III. O PRS é uma medida de risco genético, mas não é determinístico. Isso significa que um indivíduo com um PRS alto pode não desenvolver hipertensão, enquanto um indivíduo com um PRS baixo pode desenvolver a doença, devido à interação de outros fatores ambientais e genéticos.

IV. Um indivíduo com variantes A, B e C tem um PRS de $(0,5 + 1,0 + 1,5) = 3,0$, enquanto um indivíduo com variantes D e E tem um PRS de $(2,0 + 0,8) = 2,8$. Portanto, o indivíduo com variantes A, B e C tem um PRS maior do que o indivíduo com variantes D e E.

24) Um grupo de pesquisadores está estudando os efeitos de diferentes compostos químicos no transporte de elétrons na cadeia respiratória mitocondrial. Eles investigam o impacto de três compostos (X, Y) na taxa de transporte de elétrons, na produção de ATP e no potencial de redução dos complexos respiratórios. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela abaixo:

Composto	Taxa de transporte de elétrons (% do controle)	Produção de ATP (% do controle)	Potencial de redução do complexo I (mV)	Potencial de redução do complexo III (mV)	Potencial de redução do complexo IV (mV)
Controle	100	100	-300	-100	400
X	0	0	0	-100	400
Y	150	50	-300	-100	400

Com base nas informações fornecidas, responda verdadeiro (V) ou falso (F) para cada afirmativa:

I. () O composto X atua como um desacoplador, enquanto o composto Y atua como um inibidor.

II. () O composto Y atua interagindo diretamente com o complexo V (ATP-sintase).

III. () A ação do composto X na cadeia respiratória é igual ao efeito do cianeto.

IV. () A lançadeira malato-aspartato é responsável por transportar o NADH para a matriz mitocondrial.

Resposta: I. F – II. F – III. F – IV. F

Comentário: I. O composto X atua como um inibidor, bloqueando o transporte de elétrons no complexo I, enquanto o composto Y atua como um desacoplador, aumentando a taxa de transporte de elétrons, mas diminuindo a eficiência na produção de ATP.

II. A atividade do complexo V (ATP-sintase) não é diretamente afetada pela ação do composto Y. O composto Y age como uma molécula desacopladora, diminuindo a eficiência do acoplamento entre o transporte de elétrons e a passagem dos prótons por dentro da ATP-sintase, mas a enzima continua em seu pleno funcionamento sem mudanças estruturais.

III. O efeito do composto X na produção de ATP não é igual ao efeito do cianeto. O cianeto inibe o transporte de elétrons na cadeia respiratória mitocondrial ao bloquear o complexo IV, enquanto o composto X bloqueia o complexo I.

IV. A lançadeira malato-aspartato é responsável por transferir prótons e elétrons, e não o NADH em si, para a matriz mitocondrial. Ela permite a transferência indireta de elétrons e prótons do NADH produzido no citosol para a cadeia respiratória mitocondrial.

25) Michael Meaney e colaboradores investigaram o comportamento materno em ratas, analisando a frequência de lambar e acariciar seus filhotes. As mães foram divididas em dois grupos: alta frequência de lambar e baixa frequência de lambar. Os pesquisadores examinaram as respostas ao estresse dos filhotes e exploraram a influência da metilação no comportamento materno. Descobriram que as mães tinham maior probabilidade de apresentar comportamento de alta frequência de lambar se fossem criadas por mães com alta frequência de lambar, independentemente de serem filhas adotivas ou biológicas. Considerando o experimento e seus resultados, identifique se cada declaração é verdadeira (V) ou falsa (F).

I. () O experimento utilizou apenas o grupo controle das mães biológicas com alta frequência de lambar, já que a epigenética deve ser responsável pela transmissão do comportamento materno observado.

II. () A metilação reduz a expressão gênica ao modificar regiões promotoras e/ou potenciadores, impactando a interação entre proteínas reguladoras e o DNA.

III. () O estudo indica que as mudanças epigenéticas no DNA das ratas são responsáveis pela transmissão do comportamento materno entre gerações.

IV. () Os resultados do experimento indicam que o ambiente pré-natal tem um impacto desprezível na expressão gênica e no comportamento materno das ratas.

Resposta: I. F – II. V – III. V – IV. F

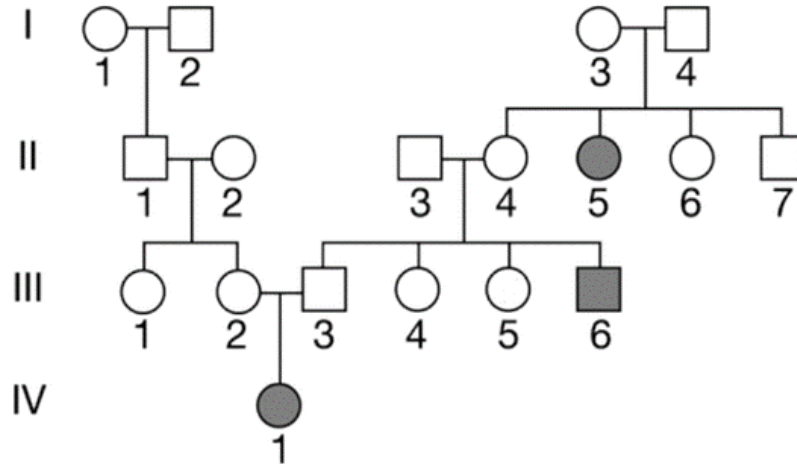
Comentário: I. O experimento precisou de grupos adicionais, incluindo mães adotivas, para estabelecer a influência da epigenética no comportamento materno e excluir outras variáveis externas às observadas.

II. A metilação é uma modificação epigenética que pode afetar a expressão gênica ao modificar regiões promotoras ou potenciadores no DNA. Essas modificações podem alterar a interação entre proteínas reguladoras e o DNA, influenciando a transcrição e, consequentemente, a síntese proteica.

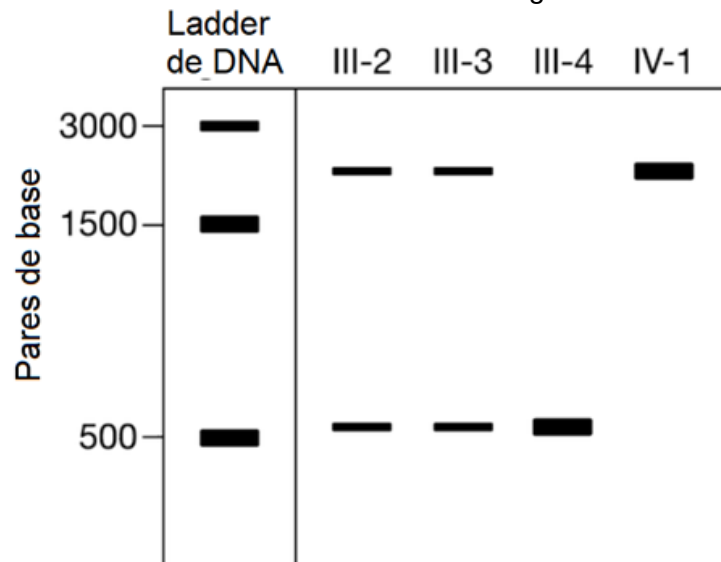
III. Os resultados do estudo sugerem que as mudanças epigenéticas, como a metilação, podem ser responsáveis pela transmissão do comportamento materno entre gerações, independentemente de as mães serem biológicas ou adotivas.

IV. O estudo de Meaney e colaboradores mostrou que o ambiente pré-natal, como o comportamento materno, pode afetar a metilação e a expressão gênica relacionada ao estresse e ao investimento materno, o que influencia o comportamento das ratas na próxima geração.

26) A ataxia de Friedreich é uma doença hereditária causada por uma mutação de inserção em uma porção não codificante do gene FXN, onde a trinca GAA é repetida centenas de vezes. O gene codifica a proteína frataxina. O heredograma de uma família com membros afetados por esse distúrbio é mostrado na figura.



Um pesquisador coletou DNA de vários membros da família e realizou PCR para amplificar o gene FXN de cada indivíduo. O pesquisador então usou a eletroforese em gel para separar os fragmentos de DNA. Os resultados são mostrados na figura.



O pesquisador também usou um computador para modelar a estrutura do alelo mutante. O modelo sugere que a repetição de trincas no gene mutante pode levar à formação de uma configuração incomum de fita tripla de DNA, mostrada abaixo.

Tipo de meio de cultura			Cor das colônias sob luz branca	Cor das colônias sob luz UV
Ágar	Ampicilina	Arabinose		
+	-	-	Todas brancas	Todas brancas
+	+	-	Todas brancas	Todas brancas
+	-	+	Todas brancas	Maioria brancas, algumas verdes
+	+	+	Todas brancas	Todas verdes

+ significa presente; - significa ausente.

Análise as afirmativas abaixo como verdadeiras (V) ou falsas (F).

I. () A presença de arabinose no ágar nutriente ativou a expressão dos genes, formando um RNA mensageiro policistrônico.

II. () A combinação de ampicilina e arabinose no ágar nutriente inibiu a expressão de certos produtos gênicos, resultando no aumento da expressão do GFP.

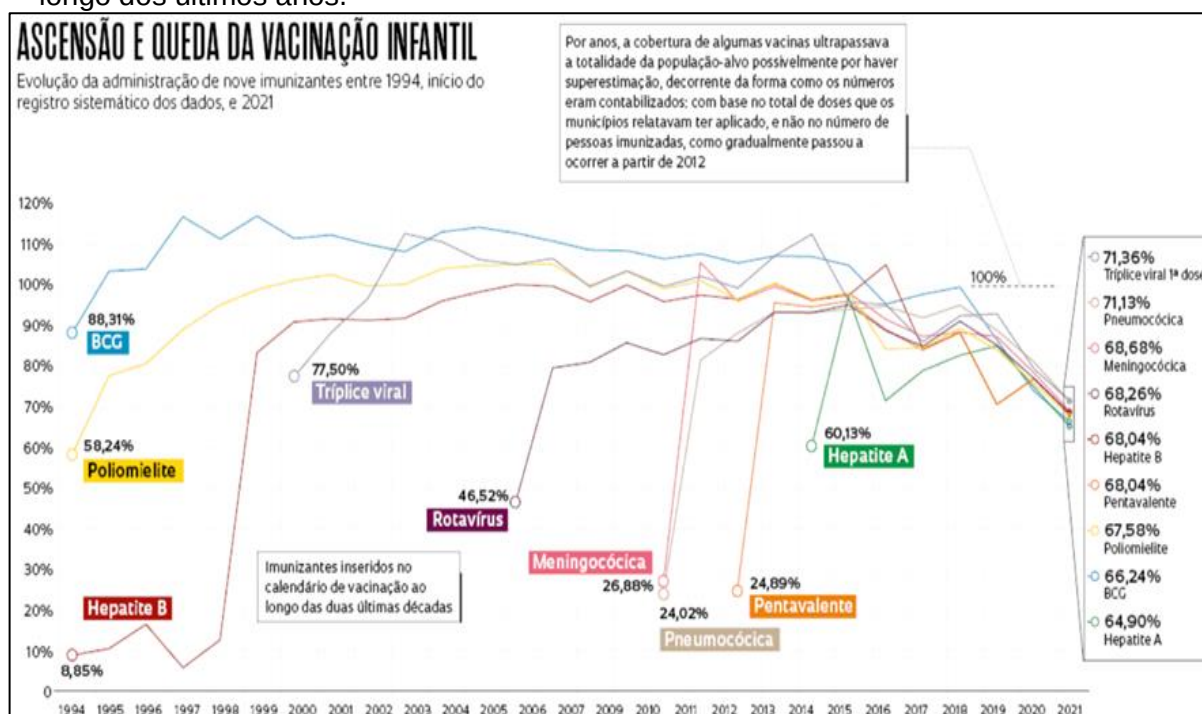
III. () O ágar nutriente sem arabinose, mas com ampicilina, ativou a expressão monocistrônica dos genes localizados a jusante das sequências regulatórias do operon ARA.

IV. () A diferença dos resultados observados entre o terceiro e o quarto grupo do experimento (linhas 3 e 4 da tabela) são explicados pela falta do antibiótico.

Resposta: I. V - II. F - III. F - IV. V

Comentário: Neste tipo de experimento, o plasmídeo inserido na bactéria contém, além do gene de interesse (GFP, no caso), um gene de resistência a antibióticos. Desta forma, apenas as bactérias que de fato foram transformadas exibirão a fluorescência. Para que este operon seja ativado, é necessário que o meio contenha este nutriente.

28) Um dos maiores males que a desinformação por *fake News* trouxe para o mundo é a queda na cobertura vacinal da população. Embora tenha aumentado muito recentemente, o movimento antivacina existe desde o século XIX, quando havia o medo da “vacalização” humana. O gráfico abaixo mostra a variação da cobertura vacinal, separada por infecção, ao longo dos últimos anos.



Fonte: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-tombo-na-vacinacao-infantil/>

Sobre a cobertura vacinal nacional e a imunização, leia as afirmativas abaixo, e julgue-as como verdadeiras (V) ou falsas (F).

I. () Algumas vacinas, como a tríplice viral e a BCG, possuem cobertura vacinal inferior ao ano em que foram inseridas no PNI.

II. () Entre as finalidades da vacinação, estão a formação de linfócitos B de memória, que produzirão imunoglobulinas G após as primeiras semanas, assim como a produção de linfócitos T *helper* de memória.

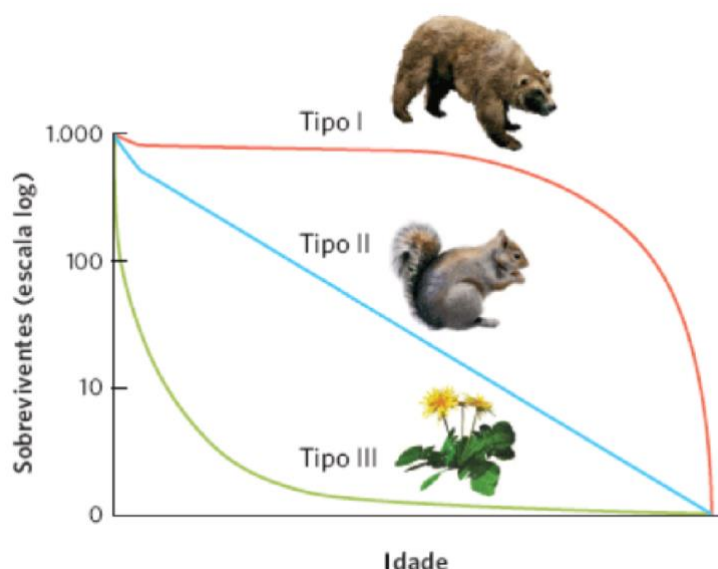
III. () A queda da cobertura da vacina BCG é uma das explicações para o aumento dos casos de sarampo na população brasileira.

IV. () Ao analisar as amostras sorológicas de um paciente, o profissional da saúde será capaz de afirmar que o paciente está infectado pela doença sendo pesquisada, caso encontre níveis elevados de IgM.

Resposta: I.V - II.V - III.F -IV.V

Comentário: A vacina BCG combate a tuberculose; a vacina responsável pela proteção contra o sarampo é a tríplice viral (ou tetra viral, de acordo com a disponibilidade em postos de saúde e clínicas particulares).

29) As espécies apresentam diferentes estratégias de vida e tipos de curva de sobrevivência total diferentes. Para construir o gráfico da curva de sobrevivência de uma determinada espécie utiliza-se os dados da tabela de vida da espécie, nessa tabela estão informações como idade (x), número de indivíduos (n_x), número de mortos (d_x), proporção de sobreviventes (l_x), taxa de mortalidade (q_x). Existem três tipos de curvas de sobrevivência, como ilustrado na figura abaixo.



(Figura retirada de: Ricklefs e Relyea, 2016)

Tabela de vida da ovelha (*Ovis dalli*), adaptado de Murrie (1944).

x	n_x	$d_x = (n_x - n_{x+1})$	$l_x (= n_x/n_0)$	$q_x (= d_x/n_x)$
0-1	1000	199	1.000	.199
1-2	801	12	0.801	.015
2-3	789	13	0.789	.016
3-4	776	12	0.776	.015
4-5	764	30	0.764	.039
5-6	734	46	0.734	.063
6-7	688	48	0.688	.070
7-8	640	69	0.640	.108
8-9	571	132	0.571	.231
9-10	439	187	0.439	.426
10-11	252	156	0.252	.619
11-12	96	90	0.096	.937
12-13	6	3	0.006	.500
13-14	3	3	0.003	1.00

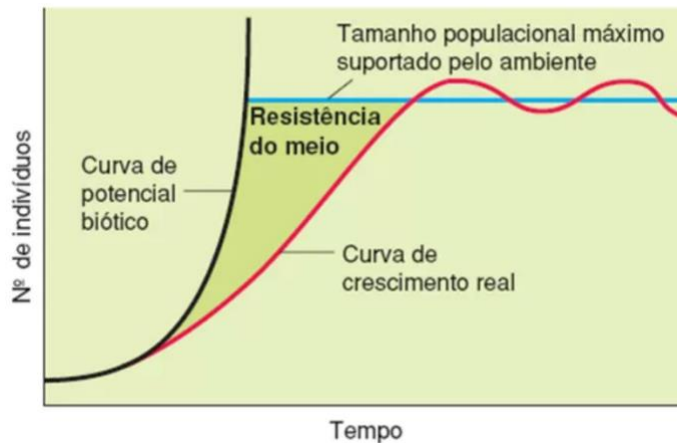
Após analisar a tabela de vida da ovelha (*Ovis dalli*) e os tipos de curva de sobrevivência, assinale a alternativa correta.

- Ovis dalli* apresenta curva de sobrevivência do tipo I, é considerado uma espécie *k*-estrategista, pois a população flutua próxima à capacidade de suporte do ambiente (*k*).
- Ovis dalli* é uma espécie *r*-estrategista, apresenta curva de sobrevivência do tipo I, com gestações mais longas e prole pequena, típicas de mamíferos de grande porte.
- A curva do tipo II representa a espécie *Ovis dalli*, esse tipo de curva é pouco comum na natureza, representa os organismos *k*-estrategistas, com taxa reprodutiva constante por toda a vida.
- Ovis dalli* possui curva de sobrevivência do tipo III, é considerada *r*-estrategista, pois possui taxa reprodutiva e de mortalidade altas em toda a vida.
- A curva do tipo III é típica da espécie *Ovis dalli*, considerada uma espécie *r*-estrategistas, com taxa reprodutiva baixa e poucos filhotes por ciclo reprodutivo.

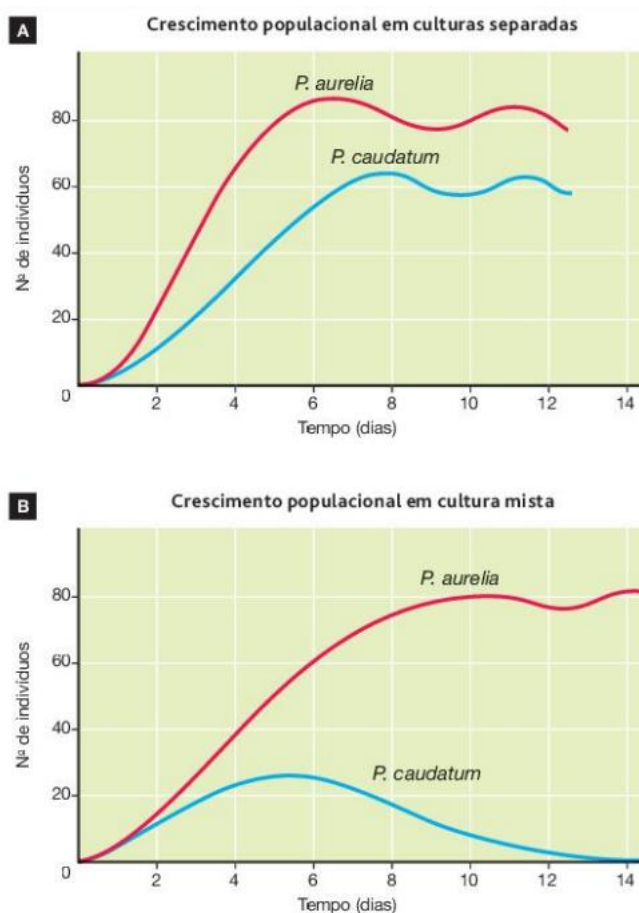
Resposta: A

Comentário: A resposta correta é a letra A. Quando analisamos a tabela de vida da *Ovis dalli* percebemos que existe uma mortalidade um pouco mais elevada no primeiro ano de vida, mas ao longo dos anos, a proporção de sobreviventes flutua em torno da capacidade de suporte do ambiente (*k*), e já nos últimos anos que o número de sobreviventes decai rapidamente, indicando uma alta mortalidade nos indivíduos mais velhos, quando esses dados são plotados em relação ao tempo, observamos uma curva de sobrevivência do tipo I. Esse tipo de curva é típico de organismos *k*-estrategistas, que apresentam populações flutuando em torno da capacidade de suporte do ambiente. As espécies *r*-estrategistas apresentam uma alta taxa reprodutiva, com reprodução rápida e alto número de filhotes.

30) Julgue como verdadeiras (V) ou falsas (F) as afirmativas abaixo que são feitas a respeito dos gráficos que mostram dinâmicas populacionais:



Fonte: ThinkBio



Fonte: Amabis & Martho, Biologia moderna, 2016

- I – () O tamanho populacional máximo varia em função da resistência do meio, que pode se tratar de relações ecológicas mutualísticas, por exemplo
- II – () É possível notar uma relação ecológica de predação entre *P. aurelia* e *P. caudatum* quando ambas espécies estão no mesmo ambiente.
- III – () A taxa de crescimento populacional de *P. caudatum* é diretamente proporcional a taxa de crescimento populacional de *P. aurelia*
- IV – () A taxa de crescimento populacional de *P. aurelia* é menor no ambiente em que a espécie *P. caudatum* também está presente pois essa espécie aumenta a resistência do meio

Resposta: I.F; II. F; III.F; IV.F; V.V

Gabarito:

I – (F) Relações mutualísticas não contribuem para resistência do meio. Exemplos válidos seriam disponibilidade de recursos ou espaço.

II – (F) Se trata de uma relação de competição interespecíficas. Relações de predação resultam em gráficos de tamanho populacional onde ambas espécies tem flutuações no tamanho populacional simultaneamente, onde o pico do tamanho populacional das presas precede os de predadores.

III – (F) A taxa de crescimento de *P. caudatum* é inversamente proporcional a de *P. aurelia*, já que pelo princípio da exclusão competitiva a espécie *P. caudatum* tende a ser excluída por sua competidora, a *P. aurelia*.

IV – (V) O gráfico onde ambas espécies estão no mesmo ambiente se trata de um ensaio feito por Georgyi Gause para demonstrar a competição entre duas espécies, tendo como consequência diminuição da taxa de crescimento populacional inclusive da espécie que se sobressai nessa situação (*P. aurelia*) resultante do princípio da exclusão competitiva, já que a espécie *P. caudatum* aumenta a resistência do meio.



