

# Ciências Biológicas

## 1

Em 1571, a fundação de Manila pelos espanhóis mudou o ritmo do comércio global. O assentamento logo se tornou uma metrópole e um importante ponto de conexão entre a Ásia e as Américas. Os bens, como especiarias e seda, começaram a se mover pelo Pacífico sem passar primeiro pela Europa. A prata era um dos bens que não pagava tributos nessa rota. A mina de Potosí, nos Andes, na atual Bolívia, mostrou ser a maior descoberta de jazida de prata da história, respondendo por mais da metade da produção global durante mais de um século. Mas não foi só na Europa que a fase áurea despontou. Grandes programas de construções foram empreendidos pelo mundo otomano, dos Bálcãs ao Norte da África. Na Índia, construíram o Taj Mahal, o monumento mais romântico do mundo. A glória da Europa e da Índia ocorreu às custas das Américas.

(Adaptado de FRANKOPAN, P. *O coração do mundo: uma nova história universal a partir da rota da seda*, o encontro do Oriente com o Ocidente. São Paulo: Planeta, 2019, p. 261-268.)

- a) As marcações A, B, C, D e E, no mapa ao lado, remetem a localidades mencionadas no texto, que são importantes para a compreensão do contexto descrito no século XVI. Identifique, para cada letra, no espaço de resposta, as seguintes localidades: Calicute, Istambul, Manila, Madri e Potosí. Em seguida, responda: por que Manila tornou-se estratégica para o comércio da prata pelos espanhóis? Exemplifique como o ritmo do comércio global se alterou depois de sua fundação.



- b) Explique a afirmação de Frankopan de que a “glória da Europa e da Índia ocorreu às custas das Américas”, relacionando-a com o início da globalização dos mercados.

A B C D E

## **Resolução**

- a) A – Potosí
- B – Madri
- C – Istambul
- D – Calcutá
- E – Manila

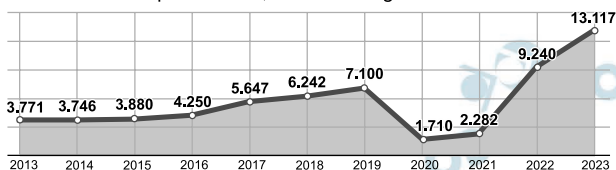
A importância de Manila deve-se a sua baía estar localizada em um lugar estratégico e privilegiado para a circulação comercial de navios de grande porte, sendo considerado um porto natural. Mesmo antes da chegada dos espanhóis, Manila já era um movimentado porto por garantir fácil acesso ao Sudeste e Leste asiático, especialmente a China, interligando rotas do Pacífico no comércio da seda e a partir da chegada dos espanhóis, essas redes são reorientadas em direção a costa oeste da América.

- b) No início da época moderna, a exploração mercantilista da colonização, em particular o extrativismo metalista em Potosí (“às custas da América”), drenou vultosos recursos para a Europa, gastos parcialmente na formação de armadas, exércitos nacionais e na compra de mercadorias orientais, contribuindo também para o enriquecimento de sociedades asiáticas, consubstanciado no caso do Taj Mahal (“a glória(...)da Índia”).

O Brasil enfrenta novo cenário de violência em instituições de ensino, marcado por uma escalada nos casos de agressões na comunidade escolar e pelos ataques a essas instituições. Dados da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo mostram que, entre 2019 e 2023, o número de ocorrências relacionadas ao sofrimento psíquico de alunos da rede estadual pulou de 117 para 3,1 mil. Outros dados referentes a essa violência são apresentados nos gráficos ao lado:

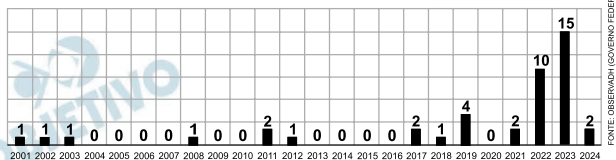
### VIOLÊNCIAS NO AMBIENTE ESCOLAR

Pessoas atendidas em serviços públicos e privados de saúde com lesões autoprovocadas, vítimas de agressões físicas e verbais



### Ataques em escolas do Brasil

O país registrou recorde de casos entre 2022 e 2023



FONTE: OBSERVADH (GOVERNO FEDERAL)

(Adaptado de QUEIROZ, C. “Violência escolar aumenta nos últimos dez anos no Brasil”. In: *Revista Fapesp*. n. 350, S. Paulo: abril de 2025. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/violencia-escolar-aumenta-nos-ultimos-10-anos-no-brasil/>. Acesso em 15/10/2025.)

- O crescimento de 117 para 3,1 mil casos de sofrimento psíquico nas escolas paulistas, entre 2019 e 2023, aponta para a existência de um problema a ser discutido pela sociedade. Cite e explique dois exemplos de sofrimento psíquico entre estudantes no ambiente escolar.
- Descreva o que os gráficos informam sobre a violência escolar em três períodos (até 2019, 2020–2021 e depois de 2022). O que aconteceu no Brasil nos mesmos períodos? Em seguida, relacione os processos sociais e políticos à evolução dos números apresentados.

### Resolução

- Entre os sofrimentos psíquicos no ambiente escolar podemos citar:
  - **ansiedade**: resultado de pressões por desempenho.
  - **depressão**: dificuldade de estabelecer socialização e vínculos afetivos.

- esgotamento e burnout: sensação de incapacidade de seguir a rotina escolar e frustração.
- insegurança: perseguição e violência física no ambiente escolar; distorções de auto imagem;
- bullying e cyberbullying: perseguições no ambiente escolar, na internet e redes sociais, inclusive utilizando ferramentas de 'inteligência artificial' para atacar colegas com manipulação de imagens.

b) A partir de 2018 até 2019, os índices apresentaram pequeno crescimento no início o novo governo. Entre 2020-2021, os números apresentam queda devido ao isolamento social provocado pela pandemia de COVID-19.

Após 2022, crescimento acentuado dos casos notificados de violência nas escolas em contexto de radicalização no processo político; corte de orçamento em educação, desestruturando iniciativas de combate à violência. Do ponto de vista social destacam-se o maior acesso sem mediação dos jovens a grupos que propagam violência e intolerância nas redes sociais e a exposição do aumento de ataques violentos em escala global estimulando casos similares.

### Por que você quase sempre vai perder dinheiro com bets, segundo a matemática.

“Eu conheço uma pessoa que vive só de *bets*”, “eu vejo muito futebol e quase sempre acerto o vencedor”, “é só estudar bastante, que você vai conseguir ganhar”. Essas são frases comuns ditas hoje em dia em conversas de bar, redes sociais ou até mesmo em canais de internet dedicados a apostas esportivas. Mas a realidade do mundo das apostas é muito diferente, segundo matemáticos e especialistas que estudam o fenômeno. A grande maioria inevitavelmente vai perder dinheiro se continuar apostando. É só uma questão de tempo.

(Adaptado de GALLAS, D. BBC News. 30/11/2024.)

Para entender as *bets*, primeiro é preciso entender o que são as *odds*. As *odds* expressam quanto cada apostador ganhará caso sua aposta seja vencedora e podem ser expressas no formato decimal ou no formato britânico.

Uma *odd* britânica de 7|4 indica que, para cada 4 reais apostados, o apostador terá um retorno de 7 reais, além dos 4 reais apostados, em caso de acerto. Ou seja, o retorno total será de 11 reais.

Uma *odd* decimal de 2,75 indica que o retorno total será 2,75 vezes o valor apostado. Ou seja: uma aposta de 4 reais que é vencedora com essa *odd* dá um retorno total de 11 reais.

Caso a aposta seja perdedora, o jogador perde todo o valor apostado.

- a) O *site* ComBet apresenta suas *odds* na forma britânica e o *site* BetCamp apresenta suas *odds* como decimais. Para um mesmo jogo, a *odd* correspondente à vitória de um time é de 5|3 na ComBet e de 1,5 na BetCamp. Qual dos *sites* está pagando mais pela vitória do time? Justifique.
- b) Uma pessoa fez 10 apostas de 100 reais cada em eventos cujas *odds* decimais são todas iguais a 1,1. Das dez apostas, ganhou em 9. Ela teve lucro ou prejuízo? De quanto? Justifique.

#### Resolução

- a) Vamos considerar para as duas um jogo de R\$ 3,00. O valor pago pelo combet será, em reais,  $3 + 5 = 8$ . Já o valor pago pela Beccamp, em reais, será  $3 \cdot 1,5 = 4,5$ .
- b) O valor total gasto, em reais, nas apostas é  $10 \cdot 100 = 1000$ .  
Já o valor ganho, em reais, será de

$$9 \cdot 100 \cdot 1,1 = 990.$$

Portanto, ela teve prejuízo, em reais, de  $1\ 000 - 990 = 10$ .

Respostas: a) Combet

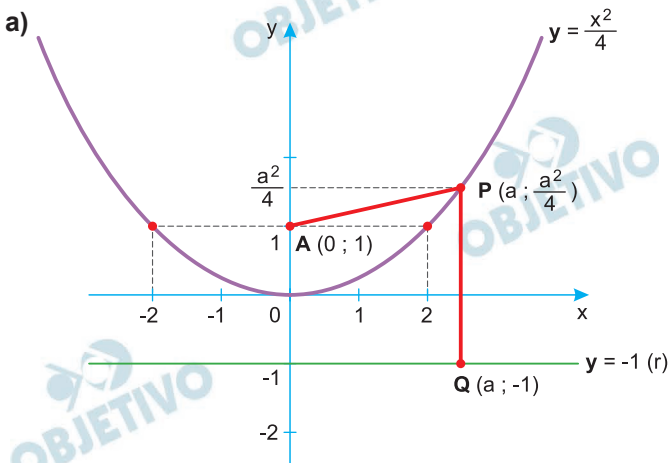
b) Prejuízo de R\$ 10,00

Considere o gráfico da parábola  $y = x^2 / 4$ , a reta  $r$  dada por  $y = -1$  e o ponto  $A = (0, 1)$ . Seja  $P$  um ponto qualquer da parábola e  $Q$  o ponto de interseção da reta  $r$  com uma reta perpendicular à reta  $r$  que passa pelo ponto  $P$ .

a) Mostre que a distância entre  $P$  e  $A$  é igual à distância entre  $P$  e  $Q$ .

b) Encontre o(s) ponto(s)  $P$  tais que o triângulo  $APQ$  é equilátero.

### Resolução



$$\begin{aligned}
 d_{P,A} &= \sqrt{(a-0)^2 + \left(\frac{a^2}{4} - 1\right)^2} = \\
 &= \sqrt{a^2 + \frac{a^4 - 8a^2 + 16}{16}} = \sqrt{\frac{a^4 + 8a^2 + 16}{16}} = \\
 &= \sqrt{\frac{(a^2 + 4)^2}{16}} = \frac{a^2 + 4}{4} = \frac{a^2}{4} + 1 = d_{P,Q}
 \end{aligned}$$

Portanto, a distância entre  $P$  e  $A$  é igual a distância entre  $P$  e  $Q$ , sendo essa distância igual a  $\frac{a^2}{4} + 1$ , onde  $a$  é a abscissa do ponto  $P$ .

b) Para que o triângulo  $APQ$  seja equilátero, a distância entre  $Q$  e  $A$  deve ser igual a distância entre  $P$  e  $Q$ . Assim

$$\begin{aligned}
 d_{P,Q} &= d_{Q,A} \\
 \frac{a^2}{4} + 1 &= \sqrt{a^2 + 2^2} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{a^2 + 4}{4} &= \sqrt{a^2 + 4} \Rightarrow \\
 \Rightarrow \frac{a^4 + 8a^2 + 16}{16} &= a^2 + 4 \Rightarrow
 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow a^4 - 8a^2 - 48 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a^2 = 12 \text{ ou } a^2 = -4 \text{ (não convém)}$$

$$\Rightarrow a = \pm 2\sqrt{3}$$

Portanto, temos dois pontos, sendo

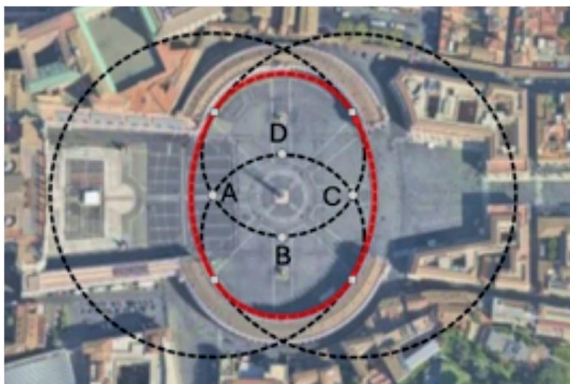
$$P_1(-2\sqrt{3}; 3) \text{ e } P_2(2\sqrt{3}; 3)$$

Respostas: a) demonstração

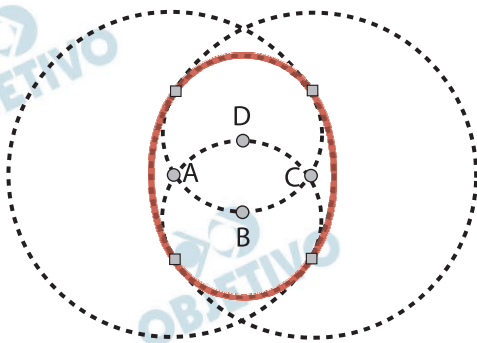
$$\text{b) } (-2\sqrt{3}; 3) \text{ e } (2\sqrt{3}; 3)$$

Na arquitetura, uma “oval” é uma figura formada por dois pares de arcos de circunferência com raios distintos. Esses arcos se conectam nos pontos de tangência entre as circunferências.

(Adaptado de Oval. Wikipedia)



(Imagem adaptada de Google Maps. Acesso em 08/09/2025.)



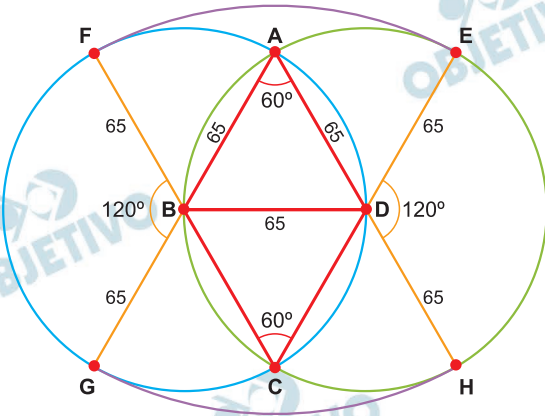
(Imagem adaptada de Google Maps. Acesso em 08/09/2025.)

A Praça de São Pedro, no Vaticano, concebida pelo renomado artista italiano Gian Lorenzo Bernini, é um exemplo notável do uso desse formato na arquitetura. As duas circunferências menores têm o mesmo raio, e o mesmo acontece com as duas circunferências maiores. Os centros das duas circunferências menores (pontos B e D) estão situados nos chamados “centro del colonnato”, distam 65 metros um do outro e o centro de uma circunferência está contido na outra circunferência, e vice-versa. Os centros das circunferências maiores (pontos A e C), por sua vez, estão posicionados nas interseções das circunferências menores, conforme ilustrado na imagem. Os centros das quatro circunferências formam um losango ABCD.

a) Calcule a área do losango ABCD.

b) Calcule o perímetro da oval (curva em vermelho na imagem).

## Resolução



- a) A área do losango é igual ao dobro da área do triângulo ABD.

Assim, a área  $A$  do losango ABCD, em metros quadrados é dada por:

$$A = 2 \cdot \frac{\ell^2 \sqrt{3}}{4} = 2 \cdot \frac{65^2 \sqrt{3}}{4} = 2112,5 \sqrt{3}$$

- b) O perímetro da oval, é igual à soma dos comprimentos dos arcos  $\widehat{FG}$ ,  $\widehat{EH}$ ,  $\widehat{FE}$  e  $\widehat{GH}$ .

Assim, o perímetro  $P$  da oval, em metros, é dado por:

$$P = \widehat{FG} + \widehat{EH} + \widehat{FE} + \widehat{GH} =$$

$$= \frac{120^\circ}{360^\circ} \cdot 2\pi \cdot 65 + \frac{120^\circ}{360^\circ} \cdot 2\pi \cdot 65 +$$

$$+ \frac{60^\circ}{360^\circ} \cdot 2\pi \cdot 130 + \frac{60^\circ}{360^\circ} \cdot 2\pi \cdot 130 =$$

$$= \frac{130\pi}{3} + \frac{130\pi}{3} + \frac{130\pi}{3} + \frac{130\pi}{3} = \frac{520\pi}{3}$$

Respostas: a) A área de ABCD é  $2112,5\sqrt{3} \text{ m}^2$

b) O perímetro da oval é  $\frac{520\pi}{3} \text{ m}$

Sejam  $b$  e  $d$  números positivos distintos de 1 e considere o sistema linear nas variáveis  $x$  e  $y$ :

$$(\log_b 2)x + (\log_4 b)y = k$$

$$(\log_d 4)x + (\log_2 d)y = 0$$

a) Para  $k = 1$ ,  $b = 2$  e  $d = 4$ , determine  $x$  e  $y$ .

b) Para  $k = 0$ , determine para quais valores de  $b$  e  $d$  o sistema admite infinitas soluções.

### Resolução

a) Para  $k = 1$ ,  $b = 2$ ,  $d = 4$ , temos:

$$\begin{cases} (\log_2 2) \cdot x + (\log_4 2) \cdot y = 1 \\ (\log_4 4) \cdot x + (\log_2 4) \cdot y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} x + \frac{1}{2}y = 1 \\ x + 2y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow x = \frac{4}{3} \text{ e } y = -\frac{2}{3}$$

b) Para  $k = 0$ , temos:

$$\begin{cases} (\log_b 2) \cdot x + \log_4 b \cdot y = 0 \\ (\log_d 4) \cdot x + (\log_2 d) \cdot y = 0 \end{cases}$$

Este sistema admite infinitas soluções se, e somente se,

$$\begin{vmatrix} \log_b 2 & \log_4 b \\ \log_d 4 & \log_2 d \end{vmatrix} = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \log_b 2 \cdot \log_2 d - \log_d 4 \cdot \log_4 b = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \log_b d - \log_d b = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \log_b d = \frac{1}{\log_b d} \Leftrightarrow \log_b d = \pm 1 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow d = b^{\pm 1} \Leftrightarrow d = b \text{ ou } d = \frac{1}{b}$$

Respostas: a)  $x = \frac{4}{3}$  e  $y = -\frac{2}{3}$

b)  $d = b$  ou  $d = \frac{1}{b}$

Medidas para proteger as crianças e os jovens dos cigarros eletrônicos são necessárias. No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária proíbe a comercialização, a importação e a propaganda de todos os tipos de dispositivos eletrônicos para fumar, como *e-cigs*, *vapes* e *Pods*, seja com nicotina ou não. A nicotina causa dependência, podendo influenciar negativamente o desenvolvimento cerebral de crianças e adolescentes, impactando o aprendizado, a memória e a saúde mental.

(Adaptado de <https://www.paho.org/pt/noticias/14-12-2023-medidas-urgentes-sao-necessarias-para-protoger-criancas-e-os-jovens-dos>.

Acesso em 01/07/2025.)

a) A adolescência é um período vulnerável do desenvolvimento, marcado por uma neuroplasticidade elevada. A neuroplasticidade é a capacidade do cérebro de se adaptar e se remodelar em resposta a estímulos e experiências. Qual é a principal função dos dendritos e dos axônios? Explique a importância estrutural e funcional dos neurônios para a neuroplasticidade.

(CASTRO, E.M. et al. *Pharmacological Research*, Londres, abr:190:106716, 2023.)

b) A deposição inicial de aerossóis dos dispositivos eletrônicos para fumar ocorre na cavidade oral e danos no revestimento bucal podem alterar a ação das glândulas salivares, aumentando o risco de doenças bucais. Cite e explique duas funções da saliva.

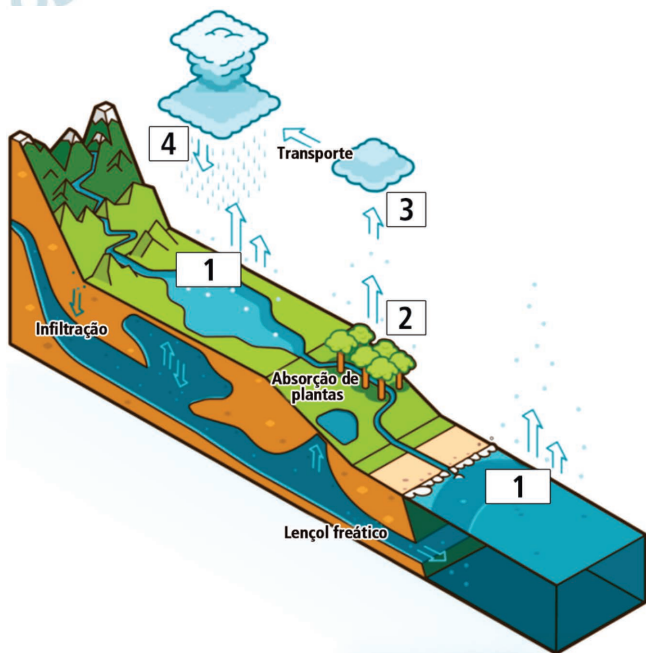
### **Resolução**

a) Os dendritos têm como função iniciar o impulso nervoso, seja pela recepção de neurotransmissores seja por estímulo sensorial. Já o axônio é responsável pelo armazenamento e pela liberação dos neurotransmissores, assegurando a transmissão do impulso nervoso na sinapse ou em órgãos-alvo. A capacidade de neurônios em formar novas ramificações de dendritos e axônios pode contribuir na neuroplasticidade, ao permitir o aumento da rede neural, facilitando o processamento de informações nervosas.

b) A saliva tem função de umidificação do alimento, facilitando a mastigação e a deglutição. Outra função da saliva reside em criar condições de pH para a atividade da amilase salivar, permitindo o início da digestão de carboidrato (amido).

Um rio voador é um rio que flui no ar. Ele não tem margens nem peixes. É um rio metafórico, formado por uma extensa coluna de vapor d'água.

(Adaptado de <https://revistapesquisa.fapesp.br/um-rio-que-flui-pelo-ar/>. Acesso em 26/05/2025.)



(Adaptado de <https://revistapesquisa.fapesp.br/aquecimento-global-acelera-ciclo-da-agua-...> Acesso em 26/05/2025.)

- a) Indique, no espaço de resposta, o nome dos processos do ciclo da água numerados de 1 a 4 na figura.
- b) Na Amazônia, parte de sua umidade gera correntes aéreas que transportam chuva para o centro-sul do continente. Explique como as plantas participam da formação dos rios voadores. Inclua em sua resposta o nome da estrutura anatômica que regula esse processo.

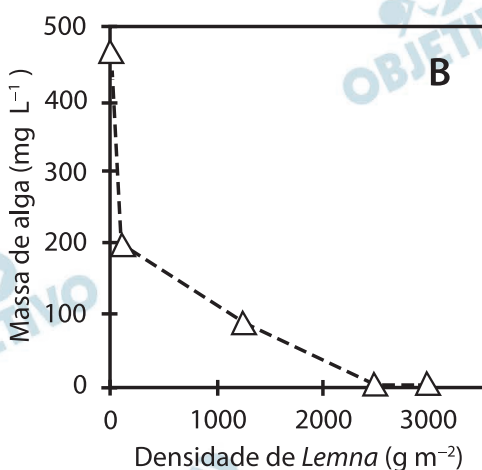
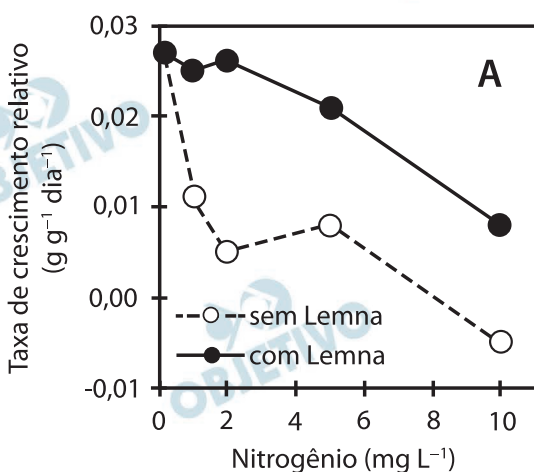
## Resolução

a)

	Indique o nome de cada processo do Ciclo da Água
1	Evaporação
2	Evapotranspiração / transpiração vegetal
3	Condensação
4	Precipitação

- b) O processo pelo qual as plantas participam da formação dos rios voadores é a transpiração, na qual ocorre a liberação de água na forma de vapor através de estruturas presentes nas folhas denominadas estômatos.

Luz e nutrientes são dois elementos ambientais que determinam a abundância de plantas aquáticas. Na eutrofização, a alta disponibilidade de nutrientes pode aumentar o crescimento de algas, mas também reduzir o crescimento de plantas submersas. Quando há alta densidade de organismos na superfície do meio aquático, a intensidade de luz é bastante reduzida em profundidade. Em um ambiente aquático, as interações entre algas, plantas submersas e flutuantes determinam a estrutura e a composição das comunidades. Um estudo avaliou como a presença de plantas flutuantes (*Lemna spp.*) e o teor de nitrogênio na água influenciaram o crescimento e a presença de uma espécie de planta submersa (*Ceratophyllum*), em (A) e também como a presença de plantas flutuantes influencia as algas em (B).



(Adaptado de SZABÓ, S. et al. *Hydrobiologia*, Dordrecht, jun:851, 2024, p. 2749-2760.)

- a) Com base nos resultados apresentados pelo estudo (gráficos A e B) e considerando as interações entre as espécies, descreva como a eutrofização e a presença das plantas flutuantes influenciam as plantas submersas e as algas.

- b) Com base nas informações apresentadas, indique uma relação ecológica possível entre dois organismos. Justifique sua resposta citando os dois organismos e classificando a relação ecológica entre eles.

### **Resolução**

- a) A eutrofização altera a disponibilidade de nutrientes e de luz no ambiente aquático, acarretando um aumento na população de algas. Esse aumento na massa de algas leva à morte das plantas submersas por sombreamento. De acordo com o gráfico B, notamos que a presença da planta flutuante leva à diminuição da massa de algas. Assim, como notamos no gráfico A, a presença de plantas flutuantes favorece as plantas submersas, já que a competição pela luminosidade existente com as algas diminui.
- b) A relação ecológica representada no experimento é a competição interespecífica entre a planta aquática e a alga, por luz e nutrientes.

O trato intestinal dos mamíferos possui múltiplos compartimentos com diferentes condições físico-químicas e de nutrientes e, conseqüentemente, diferentes comunidades microbianas. O intestino delgado é caracterizado por um tempo de trânsito rápido, por uma ampla variação de pH e pela presença de secreções. Além disso, o intestino delgado apresenta níveis relativamente mais altos de oxigênio, que diminuem gradualmente do duodeno ao íleo até que condições de ausência de oxigênio predominem no lúmen do intestino grosso.

(Adaptado de ZHENG, L. et al. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, Bethesda, set:15; 309(6), C350-360, 2015; PEREIRA, F.; BERRY, D. E. *Environmental Microbiology*, Nova Jersey, fev:3;19(4), 2017, p.1366-1378.)

- a) Qual é a distribuição esperada de bactérias anaeróbias facultativas e anaeróbias obrigatórias nos intestinos delgado e grosso? Justifique sua resposta considerando os processos de respiração e fermentação.
- b) O intestino contém secreções próprias, como enzimas e muco, e também recebe secreções de outros órgãos. Cite duas secreções produzidas por outros órgãos que estão presentes no lúmen do intestino delgado. Indique uma função para cada uma dessas secreções.

### **Resolução**

- a) **Bactérias anaeróbias facultativas deverão ser encontradas no intestino delgado, local de maior concentração de oxigênio, ambiente propício para a respiração, já as bactérias anaeróbias obrigatórias estarão localizadas primordialmente no intestino grosso, local com baixa concentração de oxigênio, no qual a microbiota realiza fermentação e auxilia na absorção de vitaminas e sais minerais.**
- b) **Além das secreções entéricas, podemos citar o suco pancreático, produzido no pâncreas e que auxilia na digestão de macronutrientes; e os sais biliares (bile), produzidos no fígado, que realizam a emulsificação das gorduras, atuando de forma análoga a um sabão.**

As populações, e não os organismos individuais, é que evoluem. As mudanças que ocorrem em um indivíduo ao longo de sua vida estão relacionadas ao seu desenvolvimento. Em algumas espécies de aves, os machos adquirem uma plumagem mais colorida à medida que atingem a maturidade sexual.

- a) A espécie de pavão-indiano (*Pavo cristatus*) apresenta dimorfismo sexual: as fêmeas são predominantemente cinzas, e os machos chamam atenção pela longa e colorida cauda que pode chegar a 2 m de comprimento. Cite uma vantagem e uma desvantagem da coloração para os machos da espécie de pavão-indiano. Em relação às fêmeas, explique uma vantagem de sua cor para a reprodução das aves.
- b) “A evolução resulta em progresso; os organismos estão sempre melhorando por meio da evolução biológica”. Você concorda com essa afirmação ou discorda dela? Apresente duas justificativas que sustentem sua resposta.

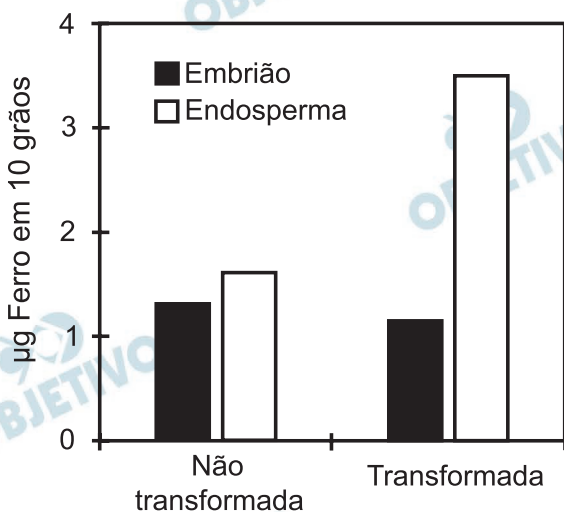
(Adaptado de <https://evolution.berkeley.edu/teach-evolution/>.

Acesso em 04/07/2025.)

### Resolução

- a) **Uma vantagem da coloração e do tamanho da plumagem nos machos é a atração sexual de fêmeas para cópula, já uma desvantagem é que as plumas e sua coloração tornam os machos um alvo fácil para predadores, o que é conhecido como princípio de *handicap*. Nas fêmeas a plumagem predominantemente cinza promove uma melhor camuflagem durante o período de nidificação.**
- b) **Discordo da afirmação, pois segundo o princípio do neodarwinismo, as variações / modificações surgem a partir de eventos como a recombinação gênica e a mutação, sendo que o último é um processo espontâneo e ao acaso que pode gerar características negativas, logo, nem sempre é uma melhoria. Além disso, o meio seleciona os indivíduos mais adaptados a um ambiente, eliminando aqueles que não possuem as características necessárias à sobrevivência. Soma-se a isso o fato de a evolução não ser um processo linear, podendo ser em saltos, ou seja, ocorrem períodos de rápida mudança após longos períodos de estabilidade evolutiva.**

O arroz apresenta baixos teores de ferro em sua composição, em especial no endosperma da semente (arroz branco). Por ser um doador eceptor de elétrons, o ferro é um cofator para diversas proteínas envolvidas em vários processos fisiológicos tanto em animais como em plantas. Uma alternativa para aumentar o oferecimento de ferro em dietas seria aumentar a sua disponibilidade nos cereais, em especial nas partes consumíveis, estratégia conhecida como biofortificação.



### Plantas de arroz

(Adaptado de GOTO, F. et al. *Nature Biotechnology*, Nova Iorque, mar:17(3), 1999, p.282-286.)

- a) A ferritina é uma proteína que armazena ferro e está presente em animais e plantas. Usando biotecnologia e transformação via *Agrobacterium*, pesquisadores transferiram o gene da ferritina da soja para o arroz e obtiveram os resultados expostos no gráfico ao lado. Com base nos resultados apresentados, por que podemos considerar que a estratégia foi efetiva para a biofortificação? Como se denomina essa tecnologia de transgenia? Explique a importância da *Agrobacterium* para a produção da planta de arroz transgênica.
- b) Em mamíferos, o ferro encontra-se geralmente associado à hemoglobina. Cite a célula que contém hemoglobina e explique a importância dessa proteína em mamíferos.

### Resolução

- a) A estratégia foi bem sucedida pois, segundo os dados apresentados no gráfico, a planta transformada apresenta uma quantidade de ferro

muito maior no endosperma do que a planta não transformada.

A técnica utilizada foi a da transformação genética mediada pela *Agrobacterium*, técnica esta que obtém plantas transgênicas de interesse agrícola que não seriam possíveis pelos métodos de melhoramento convencional.

Nesse processo a *Agrobacterium* atua como vetor de transferência do gene da soja, que após inserto no plasmídeo bacteriano, é então transferido para a célula hospedeira do arroz.

- b) A hemoglobina é encontrada no interior dos eritrócitos (hemácias ou glóbulos vermelhos) e tem como função o transporte de gases respiratórios  $O_2$  e  $CO_2$ , especialmente e em maior quantidade o  $O_2$ , que tem 97% (aproximadamente) de seu total transportado na forma de oxiemoglobina (associação de hemoglobina e oxigênio).

Em 2025, um grupo de pesquisadores desenvolveu e aplicou com sucesso uma terapia genética personalizada para tratar um bebê com uma doença rara e grave causada pela deficiência de carbamoil-fosfato sintetase 1 (CPS1). Essa enzima é essencial para o funcionamento do ciclo da ureia. Os principais sintomas do bebê apareceram nas primeiras 48 horas de vida e incluíam sonolência, hipotonia, dificuldade respiratória e níveis extremamente elevados de amônia no sangue.

a) O bebê apresentava duas mutações diferentes no gene que codifica CPS1, uma herdada do pai e outra da mãe, os quais não apresentavam os sintomas da doença. Para tratar esse bebê, a substituição de uma adenina por uma guanina foi realizada pela técnica de edição de base, uma forma precisa de editar o DNA. O alelo paterno mutado resultava em um códon de parada e foi o alvo na edição de base no bebê. Qual é o significado biológico da mutação resultante em um códon de parada? Considerando o provável genótipo dos pais em relação ao gene CPS1, por que eles não apresentam os sintomas da doença?

(Adaptado de <https://www.science.org/content/article/gene-editing-therapy-made-just-6-months-helps-baby-life-threatening-disease>.

Acesso em 25/05/2025.)

b) A deficiência de CPS1 leva ao acúmulo da amônia, um resíduo altamente tóxico no sangue em humanos. Qual é a origem metabólica da amônia? Em condições fisiológicas, o que ocorre com a amônia até ela ser eliminada do corpo?

### Resolução

a) **Uma mutação que causa um códon de parada leva à produção de uma proteína de tamanho menor e conseqüentemente não funcional. Os pais não apresentam os sintomas, pois possuem um genótipo heterozigoto, no qual o alelo funcional tem caráter dominante em relação ao alelo não funcional, tendo este o caráter recessivo.**

b) **A amônia tem sua origem a partir do metabolismo de compostos nitrogenados, especialmente na degradação de proteínas e aminoácidos. Logo após ser formada, é liberada na corrente sanguínea, que a transporta até o fígado e, já nos hepatócitos, entra no ciclo da ornitina, formando como produto final a ureia. Esta, por sua vez, é levada pelo sangue até os rins e nos glomérulos dos néfrons a ureia é retirada da**

corrente sanguínea passando para o filtrado glomerular, tendo como fim a urina, que é a forma de eliminarmos esta excreta.

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

 OBJETIVO

O mundo está explosivo. Quando uma reação química ocorre, geralmente vem acompanhada de evidências macroscópicas perceptíveis, algumas dessas somente para quem está muito próximo da reação. No entanto, se o calor liberado ( $Q$ ) for muito grande, assim como o volume de gases ( $V$ ), como acontece numa explosão em uma guerra convencional, o poder de detonação ( $Q \times V$ ) pode “ser sentido” à longa distância e por muito tempo. Em uma eventual guerra nuclear, as consequências podem ser muito mais devastadoras, ocorrendo antes mesmo da detonação das ogivas. Adicionalmente, as consequências próximas do local da detonação são a contaminação primária do solo e água e o extermínio da vida, mas há os efeitos de longa distância e tempo, geralmente não levados em conta.

A partir dessas informações, responda aos itens (a) e (b).

a) Calcule o volume ( $V$ ) de gases liberados na explosão de uma ogiva de 1200 kg do explosivo RDX ( $C_3H_6N_6O_6$ ), em uma guerra convencional. Considere que todos os produtos são gasosos e estão nas CNTP. A explosão do RDX, único reagente, produz água, monóxido de carbono e nitrogênio molecular.

Dados: Mol RDX = 222 g mol<sup>-1</sup>; P = 100 kPa; T = 273 K; R = 8,3 Pa·m<sup>3</sup>·K<sup>-1</sup>·mol<sup>-1</sup>.

b) Uma guerra nuclear pode levar a consequências muito graves em médio e longo prazo. Em uma situação extrema, pode gerar até  $150 \cdot 10^9$  kg de fuligem. Há muitas verdades tristes sobre uma guerra nuclear, elencamos apenas duas delas:

- (i) as armas nucleares prejudicam o meio ambiente, muito antes de serem utilizadas numa guerra;
- (ii) após uma guerra nuclear, podemos esperar uma insegurança alimentar mundial gigantesca.

Aponte duas justificativas para cada afirmação, no quadro no campo de resposta.

Afirmação i	Afirmação ii
Razão 1	Razão 1
Razão 2	Razão 2

## Resolução

a) Equação balanceada da explosão do RDX



1 mol

9 mol de gases

Cálculo da quantidade de matéria (gasosa) produzida, considerando a massa de RDX:

1 mol de  $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$  ————— 9 mol de gases

222g ————— 9 mol

$1200 \cdot 10^3\text{g}$  ————— n

$$n = \frac{1200 \cdot 10^3\text{g} \cdot 9 \text{ mol}}{222\text{g}}$$

Cálculo do volume de gases liberado:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$100 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot V =$$

$$= \frac{1200 \cdot 10^3 \cdot 9 \text{ mol}}{222} \cdot 8,3 \cdot \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{K} \cdot \text{mol}} \cdot 273 \text{ K}$$

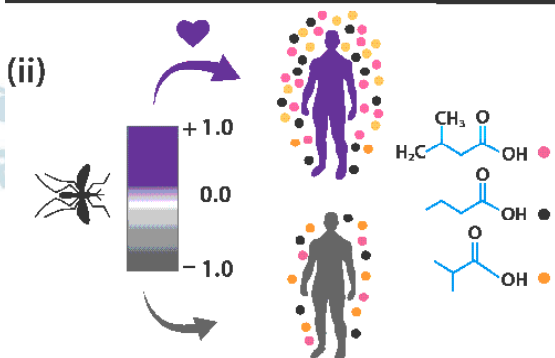
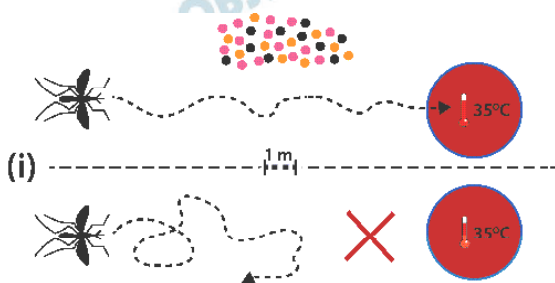
$$V = 1102,3 \text{ m}^3 \text{ de gases}$$

b)

Afirmação i	Afirmação ii
Razão 1 – desmatamento, relacionado à mineração – ocasiona a perda da biodiversidade pela modificação / destruição de habitats naturais	Razão 1 – inverno nuclear – a grande quantidade de fuligem interfere na temperatura média global e na fotossíntese, portanto, na produção de alimentos
Razão 2 – produção de rejeitos. Testes nucleares provocam a contaminação de solo e dos recursos hídricos nos locais de armazenamento e nas redondezas	Razão 2 – contaminação por material radioativo – produtos da fissão nuclear contaminam solo, água e ar e serão incorporados aos alimentos

As informações quimiosensoriais transmitidas pelos odores corporais (OCs) podem influenciar as relações sociais entre amigos, parceiros e familiares. De modo especial, os OCs contribuem de forma distinta para a comunicação entre pais e filhos em diferentes fases do desenvolvimento. Além disso, os odores podem desempenhar papel importante nas relações entre espécies animais.

- a) Um estudo científico que compara OCs presentes na cabeça de bebês recém-nascidos revela que o nonanal é o aldeído mais abundante no OC tanto nos bebês recém-nascidos (1 hora) quanto nos bebês de 2 ou 3 dias. Nesse período, o nonanal é produzido constantemente, porém sua quantidade permanece praticamente inalterada enquanto a quantidade do ácido nonanóico aumenta cinco vezes no mesmo período. Descreva por que as quantidades das substâncias OCs descritas, comportam-se dessa forma no período de três dias, incluindo a equação química que justifica esse comportamento.
- b) As pessoas costumam se perguntar “Por que os mosquitos são mais atraídos por mim do que pelos meus amigos?”. Para responder a essa pergunta, foram realizados dois experimentos identificados como (i) e (ii), na figura abaixo, que investigaram o comportamento do mosquito da malária *Anopheles gambiae*.

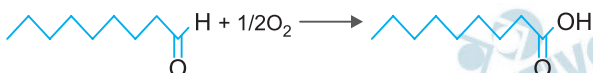


No campo de resposta, indique o objetivo e a conclusão de cada um dos dois experimentos, que respondem à pergunta mencionada anteriormente.

Objetivo(s) do experimento	Conclusão(ões)
(i)	(i)
(ii)	(ii)

### Resolução

- a) O nonanal é produzido continuamente pelo recém-nascido e parte desse composto é oxidado pelo  $O_2$  atmosférico a ácido nonanoico segundo a equação abaixo:



Essa reação explica o aumento expressivo de ácido nonanoico. Em relação ao nonanal, a taxa com o qual esse aldeído é produzido pelo recém-nascido é igual à taxa com a qual ele é oxidado, mantendo sua concentração constante.

b)

Objetivo(s) do experimento	Conclusão(ões)
(i) Pesquisar se a presença dos odores corporais (OCs) no ambiente próximo direciona o inseto a um alvo a uma mesma temperatura.	(i) Sim. Os (OCs) direcionam os insetos até o alvo.
(ii) Pesquisar se a concentração dos OCs de cada indivíduo interfere na intensidade de atração do mosquito.	(ii) Quanto maior a concentração de OCs, maior a atração dos mosquitos

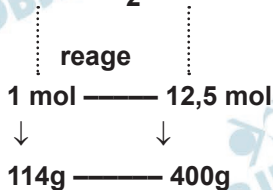
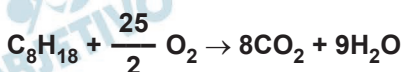
Os carros *flex* desempenham um papel crucial na mobilidade sustentável no Brasil. Seus motores a combustão permitem o uso de etanol ou gasolina ou mesmo as suas misturas, dando ao consumidor liberdade de escolha conforme o preço e a disponibilidade dos combustíveis. Além disso, o etanol é uma fonte renovável com menor emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para a redução do impacto ambiental.

- a) No carro *flex*, há um dispositivo chamado sensor lambda, que ajuda a controlar a relação entre a quantidade de ar e a quantidade de combustível. Essa relação é dada pela estequiometria da reação de combustão. Considere duas situações extremas: um carro usando apenas octano (representando a gasolina) como combustível e outro usando apenas etanol. Em qual situação a relação (quantidade de ar/quantidade de combustível) será maior? Justifique sua resposta matematicamente.
- b) Em 2025, o percentual em volume de etanol na gasolina mudou de 27% para 30%. Imagine que se deseje manter o teor de 27% de etanol utilizando a nova gasolina. Para isso, deve-se extrair o etanol da nova gasolina por meio da adição de água, de modo a separar o etanol da mistura (deixando a gasolina com 0% de etanol). Em seguida, deve-se juntar essa gasolina sem álcool a um volume da nova gasolina, para encher completamente o tanque de 60 litros. Calcule o volume mínimo da nova gasolina a ser usado para alcançar êxito. Apresente os cálculos, mostrando claramente cada uma das variáveis.

Dados: Fórmula Molecular: Octano (gasolina):  $C_8H_{18}$ ; etanol:  $C_2H_6O$

### Resolução

- a) Combustão da gasolina (octano) ( $M_{C_8H_{18}} = 114\text{g/mol}$ ;  $M_{O_2} = 32\text{g/mol}$ )

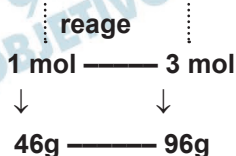
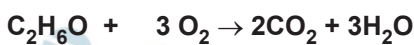


**Cálculo da relação quantidade de ar/quantidade de combustível:**

**Quanto maior a quantidade de  $O_2$ , maior a quantidade de ar.**

$$\text{Relação} = \frac{12,5 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = \frac{400\text{g}}{114\text{g}} \approx 3,5$$

Combustão do etanol ( $M_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = 46\text{g/mol}$ )



Cálculo da relação quantidade de ar/quantidade de combustível:

$$\text{Relação} = \frac{3 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} = \frac{96\text{g}}{46\text{g}} \approx 2,1$$

b) 1) O tanque de volume = 60L, cheio de gasolina 27%, contém  $0,27 \times 60\text{L} = 16,2\text{L}$  de etanol.

2) Volume da nova gasolina (30% de etanol) que contém 16,2L de etanol:

$$\begin{array}{l} 100\text{L} \text{ ————— } 30\text{L} \\ x \text{ ————— } 16,2\text{L} \end{array}$$

$$x = 54\text{L}$$

3) É necessário adicionar 6L de gasolina pura (0% de etanol) para atingir a porcentagem de 27%.

1L da nova gasolina tem 0,7L de gasolina pura.

xL da nova gasolina tem 6L de gasolina pura.

$$x = 8,57\text{L}$$

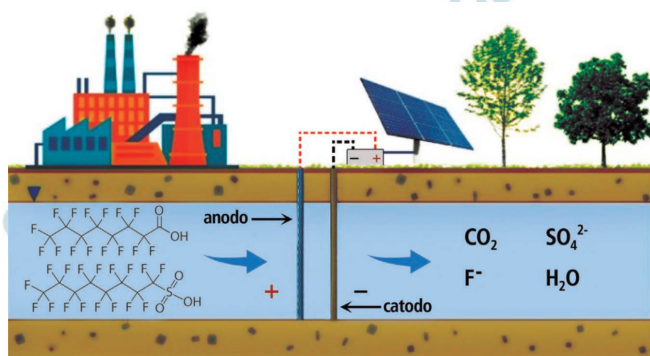
4) Volume mínimo da nova gasolina que deve ser usado.

54L adicionados diretamente no tanque.

8,57L para extração do etanol que rende 6L de gasolina pura.

Resposta: 62,57L de gasolina nova (30% de etanol)

O filme *Dark Waters*, ou *O Preço da Verdade*, de 2019, retrata um processo judicial motivado por uma intensa contaminação ambiental pelo descarte inapropriado do C8, única identificação do composto químico que o advogado sabia no início da acusação formal. Essa contaminação havia sido promovida por uma indústria, a partir de um lago de decantação. Hoje, essa substância, assim como alguns de seus “parentes” próximos estão presentes na maioria dos ambientes aquáticos mundo afora. Devido à sua alta estabilidade, essas substâncias apresentam alta persistência ambiental e ausência de vias naturais eficazes de degradação. Além disso, são altamente maléficas à saúde humana e de outros animais, como mostra o filme. Para responder aos itens (a) e (b), considere essas informações e a figura abaixo.



- a) Interprete a figura acima e indique: (i) objetivo e resultados esperados no processo representado e (ii) método químico utilizado. Além disso, **nomeie** as substâncias do lado esquerdo da figura. Use a nomenclatura usual, não necessariamente a nomenclatura IUPAC.
- b) Estudos mostram que carvão ativo (CA), com ou sem carga, é capaz de adsorver quantidades semelhantes, em meio aquoso e pH 7, das substâncias orgânicas apresentadas à esquerda, na figura acima. Levando em consideração esses fatos e as interações entre essas substâncias e a superfície do CA, complete as figuras no campo de resposta, desenhando a orientação da molécula da substância orgânica em relação à superfície de cada partícula de CA. Escolha uma das substâncias orgânicas de modo a representar corretamente o relatado e nomeie, em cada caso, o tipo de interação química dominante.

Dado: pKa das substâncias orgânicas menor que 4.



Tipo de Interação:



Tipo de Interação:

## Resolução

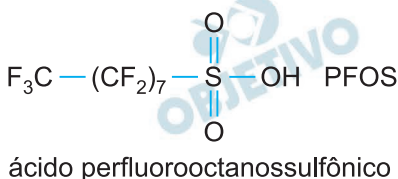
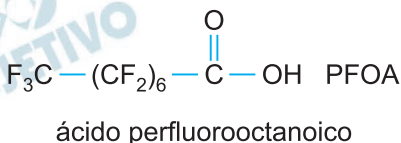
a) i) **Objetivo:**

A decomposição dos poluentes PFOA e PFOS (compostos organofluorados altamente tóxicos presentes na água) pelo método eletroquímico, empregando energia renovável.

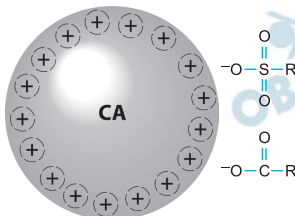
**Resultado:**

Os poluentes sofrem oxidação e redução, através do uso de corrente contínua numa solução eletrolítica, formando produtos menos tóxicos ao meio ambiente.

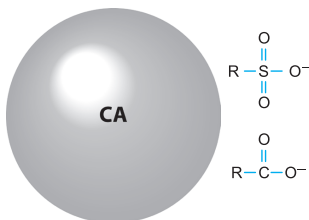
ii) **Método químico utilizado: decomposição eletroquímica empregando energia renovável.**



b)



Tipo de Interação: eletrostática entre as cargas negativas dos compostos e o CA carregado positivamente  
R = cadeia perfluorada



Tipo de Interação: van der Waals (forças de dispersão de London)

O cálcio é o elemento metálico mais abundante em nosso corpo. Esse elemento está presente na constituição de nossos ossos, sendo vital em inúmeros processos fisiológicos, atuando, por exemplo, como cofator enzimático e na contração muscular. Dessa forma, conhecer corretamente as diferentes formas em que o cálcio se encontra no sangue torna-se uma ferramenta fundamental na avaliação da saúde humana e animal. Nesse contexto, responda aos itens (a) e (b).

a) Quando o cálcio iônico (livre) extracelular não está no nível normal, alguns mecanismos internos são disparados para corrigir o problema. Em um dos casos, há um aumento rápido da secreção de PTH (hormônio da paratireoide) e um consequente aumento no nível de mRNA para a síntese de PTH. O PTH mobiliza o cálcio ósseo, aumentando o fluxo de cálcio do osso para a circulação sanguínea; reduz a excreção renal de cálcio, e aumenta a produção do metabólito  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$  a nível renal. Esse metabólito ativo da vitamina D, por sua vez, age no intestino, aumentando a absorção do cálcio proveniente da dieta. Os mecanismos regulatórios internos citados são utilizados para o caso de uma pessoa com problema de hipocalcemia ou hipercalcemia? Justifique.

b) No cálcio sanguíneo total ( $\text{Ca}^{2+}$  total), há três frações em equilíbrio: o  $\text{Ca}^{2+}$  livre, o  $\text{Ca}^{2+}$  ligado a proteínas e o  $\text{Ca}^{2+}$  ligado a ânions como lactato, fosfato, entre outros. No entanto, apenas o  $\text{Ca}^{2+}$  livre (cerca de 50% do  $\text{Ca}^{2+}$  total em condições normais) é fisiologicamente ativo, sendo um importante fator na avaliação da saúde de uma pessoa. Assim, a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  livre, quando não é medida diretamente, é calculada como sendo 50% da concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  total. No entanto, há duas situações clínicas em que esse cálculo não pode ser usado com exatidão: (i) quando a concentração de proteína sérica é anormal e (ii) quando a pessoa apresenta uma perturbação no equilíbrio ácido-base sanguíneo. Justifique, no campo de resposta, por que o  $\text{Ca}^{2+}$  livre não pode ser calculado a partir do  $\text{Ca}^{2+}$  total em cada uma das situações levando em conta o conceito de equilíbrio químico.

Dado:  $\text{Ca}^{2+}$  total =  $\text{Ca}^{2+}$  livre +  $\text{Ca}^{2+}$  ligado a proteínas +  
+  $\text{Ca}^{2+}$  ligado a ânions.

## Resolução

a) Quando ocorre aumento da secreção de PTH e consequente aumento do mRNA para a síntese de PTH, ocorre o aumento do fluxo de cálcio do osso para a circulação sanguínea. Além disso, o metabólito  $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$  age aumentando a absorção de cálcio proveniente da dieta. Tais mecanismos ocorrem no caso de uma pessoa que apresenta baixo teor de cálcio no sangue, ou seja hipocalcemia.

b) (i) Quando a concentração de proteína sérica é anormal, o equilíbrio entre íons  $\text{Ca}^{2+}$  livre e  $\text{Ca}^{2+}$  ligado a proteína sofre uma perturbação:  
$$\text{Ca}^{2+} + \text{proteína} \rightleftharpoons [\text{Ca proteína}]^{2+}$$

Quando a concentração de proteína sérica está acima da normal, o equilíbrio é deslocado para a direita, diminuindo a concentração de íons  $\text{Ca}^{2+}$  livre resultando em uma concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  total menor que a esperada.

$$\downarrow \text{Ca}^{2+} \text{ total} = \downarrow \text{Ca}^{2+} \text{ livre} + \uparrow \text{Ca}^{2+} \text{ ligado a proteínas} + \text{Ca}^{2+} \text{ ligado a ânions}$$

(ii) Quando ocorre uma perturbação no equilíbrio ácido-base sanguíneo (por exemplo, aumento da acidez), a concentração de ânions livres no sangue (lactato, fosfato, carbonato, representados por  $\text{A}^-$ ) diminui, pois o equilíbrio abaixo é deslocado para a direita:  
$$\text{A}^-(\text{aq}) + \uparrow \text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HA}(\text{aq})$$

A diminuição da concentração de ânions no sangue desloca o equilíbrio abaixo para a esquerda aumentando a concentração do  $\text{Ca}^{2+}$  livre

$$\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \downarrow 2 \text{A}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaA}_2$$

$$\uparrow \text{Ca}^{2+} \text{ total} = \uparrow \text{Ca}^{2+} \text{ livre} + \text{Ca}^{2+} \text{ ligado a proteínas} + \downarrow \text{Ca}^{2+} \text{ ligado a ânions}$$

# CLASSIFICAÇÃO PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																						
<b>H</b> Hidrogênio 1,0079	<b>Li</b> Lítio 6,941(2)	<b>Na</b> Sódio 22,990	<b>K</b> Potássio 39,098	<b>Rb</b> Rubídio 85,468	<b>Cs</b> Césio 132,91	<b>Fr</b> Frâncio 223,02*	<b>Ti</b> Titânio 47,867	<b>Zr</b> Zircônio 91,224(2)	<b>Hf</b> Háfnio 178,49(2)	<b>Rf</b> Rutherfordio 261*	<b>V</b> Vanádio 50,942	<b>Cr</b> Cromo 51,996	<b>Mn</b> Manganês 54,938	<b>Fe</b> Ferro 55,845(2)	<b>Co</b> Cobalto 58,933	<b>Ni</b> Níquel 58,693	<b>Cu</b> Cobre 63,546(3)	<b>Zn</b> Zinco 65,39(2)	<b>Ga</b> Gálio 69,723	<b>Ge</b> germânio 72,61(2)	<b>As</b> Arsênio 74,922	<b>Se</b> Selênio 78,96(3)	<b>Br</b> Bromo 79,904	<b>Kr</b> Criptônio 83,80	<b>Sr</b> Estrôncio 87,62	<b>Y</b> Ítrio 88,906	<b>La-Lu</b> 57 a 71	<b>Ba</b> Bário 137,33	<b>La</b> Lantânio 138,91	<b>Hf</b> Háfnio 178,49(2)	<b>Ta</b> Tântalo 180,95	<b>W</b> Wolfrâmio 183,84	<b>Re</b> Rênio 186,21	<b>Os</b> Osmio 190,23(3)	<b>Ir</b> Írídio 192,22	<b>Pt</b> Platina 195,08(3)	<b>Au</b> Ouro 196,97	<b>Hg</b> Mercúrio 200,59(2)	<b>Tl</b> Telúrio 204,38	<b>Pb</b> Chumbo 207,2	<b>Bi</b> Bismuto 208,98	<b>Po</b> Polônio 209,98	<b>At</b> Astató 209,99*	<b>Rn</b> Radônio 222,02*	<b>Be</b> Berílio 9,0122	<b>Mg</b> Magnésio 24,305	<b>Ca</b> Cálcio 40,078(4)	<b>Sc</b> Escândio 44,956	<b>Y</b> Ítrio 88,906	<b>La-Lu</b> 57 a 71	<b>Ba</b> Bário 137,33	<b>La</b> Lantânio 138,91	<b>Zr</b> Zircônio 91,224(2)	<b>Nb</b> Níbio 92,906	<b>Mo</b> Molibdênio 95,94	<b>Tc</b> Técnicio 98,906*	<b>Ru</b> Rútenio 101,07(2)	<b>Rh</b> Ródio 102,91	<b>Pd</b> Paládio 106,42	<b>Ag</b> Prata 107,87	<b>Cd</b> Cádmio 112,41	<b>In</b> Índio 114,82	<b>Sn</b> Estanho 118,71	<b>Sb</b> Antimônio 121,76	<b>Te</b> Telúrio 127,60(3)	<b>I</b> Iodo 126,90	<b>Xe</b> Xenônio 131,29(2)	<b>Cl</b> Cloro 35,453	<b>Ar</b> Argônio 39,948	<b>Ne</b> Neônio 20,180	<b>He</b> Hélio 4,0026

25	<b>Mn</b>
54,938	Manganês

Massa atômica relativa, A. Incerteza no último dígito é  $\pm 1$ , exceto quando indicado entre parênteses. Os valores com \* referem-se ao isótopo mais estável.

57	<b>La</b>	<b>Ce</b>	<b>Pr</b>	<b>Nd</b>	<b>Pm</b>	<b>Sm</b>	<b>Eu</b>	<b>Gd</b>	<b>Tb</b>	<b>Dy</b>	<b>Ho</b>	<b>Er</b>	<b>Tm</b>	<b>Yb</b>	<b>Lu</b>
Lantânio 138,91	Cério 140,12	Praseodímio 140,91	Neodímio 144,24(3)	Promécio 144,2(9)	Samarítio 150,36(3)	Europio 151,96	Gadolínio 157,25(3)	Térbio 158,93	Disprósio 162,50(3)	Holmíio 164,93	Erbóio 167,26(3)	Tulio 168,93	Íterbio 173,04(3)	Lutécio 174,97	
89	<b>Ac</b>	<b>Th</b>	<b>Pa</b>	<b>U</b>	<b>Np</b>	<b>Pu</b>	<b>Am</b>	<b>Cm</b>	<b>Bk</b>	<b>Cf</b>	<b>Es</b>	<b>Fm</b>	<b>Md</b>	<b>No</b>	<b>Lr</b>
Actínio 227,03*	Tório 232,04*	Protactínio 231,04*	Urânio 238,03*	Neptúnio 237,05*	Plutônio 239,05*	Americo 241,06*	Cúrio 244,06*	Béquerio 249,08*	Califórnio 251,10*	Enebério 252,08*	Férmio 257,10*	Mendelevíio 258,10*	Nobelíio 259,10*	Laurêncio 262,11	