



Universidade de São Paulo

vencerás pela  
educação

RH nº 067/2025



Especialista de Laboratório

(especialidade: Espectrometria de Massa  
de Isótopos Estáveis Leves Ambientais)**Instruções**

1. **Só abra este caderno quando o fiscal autorizar.**
2. Verifique se o seu nome está correto na capa deste caderno e se a folha de respostas pertence ao **grupo EMI**. Informe ao fiscal de sala eventuais divergências.
3. Durante a prova, são **vedadas** a comunicação entre candidatos e a utilização de qualquer material de consulta e de aparelhos de telecomunicação.
4. Duração da prova: **4 horas**. Cabe ao candidato controlar o tempo com base nas informações fornecidas pelo fiscal. O(A) candidato(a) poderá retirar-se da sala definitivamente apenas a partir das 15 h. Não haverá tempo adicional para preenchimento da folha de respostas.
5. O(A) candidato(a) deverá seguir as orientações estabelecidas pela FUVest a respeito dos procedimentos adotados para a aplicação deste concurso.
6. Lembre-se de que a FUVest se reserva ao direito de efetuar procedimentos adicionais de identificação e controle do processo, visando a garantir a plena integridade do exame. Assim, durante a realização da prova, será coletada por um fiscal uma **foto** do(a) candidato(a) para fins de reconhecimento facial, para uso exclusivo da USP e da FUVest. A imagem não será divulgada nem utilizada para quaisquer outras finalidades, nos termos da lei.
7. Após a autorização do fiscal da sala, verifique se o caderno está completo. Ele deve conter **60 questões objetivas**, com 5 alternativas cada, e **1 questão dissertativa**. Informe ao fiscal de sala eventuais divergências.
8. Preencha as folhas de respostas com cuidado, utilizando caneta esferográfica de **tinta azul ou preta**. Essas folhas **não serão substituídas** em caso de rasura.
9. Ao final da prova, é **obrigatória** a devolução das folhas de respostas acompanhadas deste caderno de questões.

**Declaração**

Declaro que li e estou ciente das informações que constam na capa desta prova, na folha de respostas, bem como dos avisos que foram transmitidos pelo fiscal de sala.

\_\_\_\_\_  
ASSINATURA

O(a) candidato(a) que não assinar a capa da prova será considerado(a) ausente da prova.

## Texto para as questões de 01 a 05

Três séculos antes de Cristo, Alexandre, o Grande, conquistou o Egito e mandou erguer, do zero, uma metrópole no litoral norte do país. Alexandria, batizada em homenagem a seu patrono desumilde, seria a nova capital da região. A estética faraônica — dourada e azul — prevaleceu por lá. Mas esse novo Egito Antigo, assim como o próprio Alexandre, tinha uma pinta grega inegável. O sucessor do Xandão por aquelas bandas, nomeado Ptolomeu I, ordenou a construção de um centro de ensino e pesquisa em Alexandria para atrair a elite intelectual da época. Tipo uma versão helênica e antiquíssima do Instituto de Estudos Avançados de Princeton, onde monstros sagrados das exatas como Einstein, Gödel e Neumann trabalharam juntos na década de 1950.

O nome dessa instituição era Mouseion. Em português, “Museu”. O significado original da palavra é “templo dedicado às musas” — as deusas do panteão grego que, na tradição helênica, inspiravam as artes, a literatura e a ciência. Essa também é a origem etimológica de “música”, diga-se. Compôs uma bela canção? Legal, mas não foi bem você. Tudo que é belo emana dessas divas — artistas são só os meros mortais que, volta e meia, têm o privilégio de receber um *download* de versos do Olimpo. A Biblioteca de Alexandria acabou se tornando o mais famoso dos prédios desse complexo. Bibliotecas não eram novidade — já existiam na Suméria; são quase tão antigas quanto a escrita em si. Mas essa almejava um passo além: Ptolomeu queria uma cópia de cada obra já escrita na Terra. Por isso, os tripulantes de toda embarcação que aportava em Alexandria eram forçados, por decreto, a fornecer ao Museu os pergaminhos que tivessem a bordo — que então eram copiados por escribas e armazenados na coleção. Deu certo.

Vaiano, Bruno. *A Biblioteca de Alexandria não foi destruída pelo fogo, mas pelo esquecimento*. Revista Super Interessante. Adaptado.

01

Ao comparar o Mouseion de Alexandria com o Instituto de Estudos Avançados de Princeton, o autor

- (A) aproxima momentos históricos distantes para destacar a continuidade da valorização do saber.
- (B) denuncia o uso excessivo de referências acadêmicas em textos voltados ao público em geral.
- (C) ironiza o prestígio das instituições acadêmicas ao mostrar que pouco mudou com o tempo.
- (D) evidencia que a Grécia Antiga não possuía tecnologias e recursos comparáveis aos do século XX.
- (E) sugere que a ciência moderna supera em muito o conhecimento da Antiguidade em diferentes aspectos.

02

No trecho “Legal, mas não foi bem você”, o uso da palavra “bem” tem como principal função

- (A) atuar como advérbio de lugar, indicando o local de onde parte a avaliação estética.
- (B) atenuar a negação anterior, suavizando o impacto da correção feita ao interlocutor.
- (C) estabelecer uma ambiguidade que confunde o sujeito da ação com o destinatário da fala.
- (D) intensificar a crítica implícita ao leitor, indicando julgamento negativo sobre sua obra.
- (E) marcar oposição direta ao elogio feito na frase anterior, com tom de ironia formal.

03

Em “Tudo que é belo emana dessas divas — artistas são só os meros mortais [...]”, o uso do travessão, além de introduzir um comentário, reforça um gesto enunciativo marcado pela

- (A) ruptura sintática que interrompe o fluxo lógico da ideia anterior.
- (B) ironia que explicita a hierarquia entre divindade e criação, desvalorizando o papel do autor.
- (C) suspensão do raciocínio, como um parêntese explicativo de caráter ilustrativo.
- (D) descontinuidade discursiva que anuncia um novo tópico não ligado à frase anterior.
- (E) reafirmação da ideia central do parágrafo, mostrando que os artistas dependem das musas.

04

O excerto “Alexandria, batizada em homenagem a seu patrono desumilde, seria a nova capital da região” apresenta uma combinação de tempos verbais que

- (A) estabelece uma relação entre ações simultâneas, reforçando a ideia de continuidade histórica.
- (B) articula um fato passado já consumado à projeção de uma intenção futura à época da narrativa.
- (C) retoma um evento presente e o insere em uma sequência narrativa atemporal, com foco permanente.
- (D) introduz um juízo de valor do autor, que altera o tempo verbal para expressar opinião subjetiva.
- (E) contrapõe uma ação incerta a um fato pretérito objetivo, sugerindo dúvida à fundação da cidade.

05

No contexto em que está inserido, o trecho “Por isso, os tripulantes de toda embarcação que aportava em Alexandria eram forçados, por decreto, a fornecer ao Museu os pergaminhos que tivessem a bordo” apresenta uma articulação lógica que

- (A) problematiza a ideia de imposição política, afastando qualquer leitura ideológica das ações do governante egípcio.
- (B) explicita um nexos consequente de ordem causal, subordinando o comportamento dos navegantes ao projeto de acúmulo de saber instituído por Ptolomeu.
- (C) exemplifica simultaneidade de ações por justaposição, indicando que o fornecimento de manuscritos era voluntário e repetitivo.
- (D) apresenta causalidade ambígua, uma vez que não se pode inferir com clareza o vínculo entre o desejo de Ptolomeu e a medida descrita.
- (E) apresenta contradição entre uma expectativa liberal e a imposição estatal, em sintonia com uma crítica velada à política autoritária helenística.

## Texto para as questões de 06 a 08

Soluçar pode até parecer engraçado no primeiro momento, mas quem já passou minutos —ou até horas— com aquele *hic* sabe que o incômodo pode ser real. E, por mais estranho que pareça, levar um susto de verdade pode funcionar como "cura" para essas contrações involuntárias do diafragma. A ciência explica: o choque inesperado é capaz de interromper o ciclo repetitivo do reflexo que gera o soluço. O soluço surge quando os músculos diafragma (localizado entre o abdome e o tórax) e os intercostais (entre as costelas) se contraem involuntariamente. Esse movimento puxa os pulmões para baixo e fecha a glote no momento da inspiração, gerando o som característico. A crise pode começar de formas variadas. Respirar de maneira descompassada durante um choro prolongado, por exemplo, estimula demais o diafragma e pode levar à contração involuntária. O mesmo vale para mudanças bruscas de temperatura, como beber algo gelado depois de uma refeição quente, ou para a ingestão de álcool, capaz de irritar nervos ligados ao músculo. Estresse, ansiedade, refluxo e até doenças neurológicas também podem estar por trás do problema.

*O que causa o soluço.* Revista Viver Bem. Adaptado.

06

Considerando sua finalidade e estrutura, o texto pode ser classificado como:

- (A) Injuntivo - instrui o leitor com comandos diretos sobre como parar de soluçar.
- (B) Narrativo - descreve acontecimentos em sequência e personagens fictícios.
- (C) Expositivo-explicativo - apresenta informações e explicações científicas.
- (D) Argumentativo - busca convencer o leitor a adotar um método específico.
- (E) Descritivo - apresenta apenas traços sensoriais do problema tratado.

07

Em relação ao texto apresentado, o soluço é representado como um fenômeno que, sob diferentes perspectivas, pode ser entendido como

- (A) uma resposta orgânica sob controle da vontade, facilmente interrompida pelo sujeito.
- (B) um sintoma exclusivo de patologias neurológicas, exigindo diagnóstico imediato.
- (C) um episódio inicialmente risível, mas, se prolongado, desconfortável ao indivíduo.
- (D) um indício de vigor fisiológico, cuja recorrência não gera preocupação médica.
- (E) uma reação corporal invariavelmente associada à comicidade e ao divertimento social.

08

A expressão "O mesmo vale para" funciona no texto como elemento de

- (A) explicitação de causa, introduzindo motivo para o que foi dito anteriormente.
- (B) formulação de hipótese, sinalizando condição possível para a ocorrência do fenômeno.
- (C) contraposição de ideias, aproximando-se semanticamente de um conectivo adversativo.
- (D) retomada anafórica que amplia a enumeração de fatores causadores do soluço.
- (E) conclusão lógica, equivalente a conectores que encerram o raciocínio apresentado.

09



Folha de São Paulo, 04.09.2025.

A tirinha apresenta uma crítica social por meio do uso do humor e da ironia. Considerando o contexto e os recursos utilizados, a principal crítica é feita à

- (A) despersonalização do indivíduo na sociedade atual.
- (B) promoção da paz como valor ultrapassado ou inútil.
- (C) expansão excessiva da publicidade nos meios de comunicação.
- (D) utilização de palavras ambíguas para manipular a opinião pública.
- (E) valorização da violência transformada em entretenimento.

## Texto para as questões 10 a 15

Scientists make 'superfood' that could save honeybees

Scientists have developed a honeybee 'superfood' that could protect the animals against the threats of climate change and habitat loss. Bee colonies that ate the supplement during trials had up to 15 times more baby bees that grew to adulthood. Honeybees are a vital part of food production and contribute to pollinating 70% of leading global crops. "This technological breakthrough provides all the nutrients bees need to survive, meaning we can continue to feed them even when there's not enough pollen," senior author Professor Geraldine Wright at the University of Oxford told BBC News. "It really is a huge accomplishment," she says.

Honeybees globally are facing severe declines, due to nutrient deficiencies, viral diseases, climate change and other factors. In the US, annual colony losses have ranged between 40-50% in the last decade and are expected to increase. Beekeepers in the UK have faced serious challenges too. Nick Mensikov, chair of the Cardiff, Vale and Valleys Beekeepers Association, told BBC News that he lost 75% of his colonies last winter and that this has been seen across South Wales. "Although the hives have all been full of food, the bees have just dwindled. Most of the bees survived through January, February, and then they just vanished," he says.

Prof Wright says the food would be particularly useful during summers like this one when flowering plants appear to have stopped producing early. "It's really important in years when the summer comes early and bees will not have sufficient pollen and nectar to make it through the winter," she says. "The more months that they go without pollen, the more nutritional stress that they will face, which means that the beekeepers will have greater losses of those bees over winter," she explains. Larger-scale trials are now needed to assess the long-term impacts of the food on honeybee health, but the supplement could be available to beekeepers and farmers within two years. The study was led by the University of Oxford, working with Royal Botanic Gardens Kew, University of Greenwich, and the Technical University of Denmark.

BBC. August 21, 2025. Adaptado.

## 10

De acordo com o texto, as colônias de abelhas que consumiram o suplemento causaram

- (A) uma perda 75% de seu enxame durante os meses menos quentes do ano.
- (B) um crescimento de 70% na produção de mel em vários países do mundo.
- (C) uma queda anual de 40 a 50% no número de colmeias nos Estados Unidos.
- (D) um aumento notável na taxa de longevidade de seus descendentes.
- (E) um declínio acentuado no processo de polinização das colheitas globais.

## 11

Na oração "Scientists have developed a honeybee 'superfood' that **could** protect the animals against the threats of climate change and habitat loss.", o emprego do verbo modal *could*

- (A) indica habilidade expressa no passado.
- (B) mostra que algo é possível, mas incerto.
- (C) sugere uma ideia de maneira suave.
- (D) apresenta um pedido de forma cortês.
- (E) recomenda a tomada de uma decisão.

## 12

Pode-se inferir, por meio da oração "It really is a huge accomplishment", que os superalimentos

- (A) evidenciam um complemento enorme.
- (B) desafiam a preservação das abelhas.
- (C) representam um avanço para a ciência.
- (D) refletem uma grande vulnerabilidade.
- (E) denotam uma considerável ameaça.

## 13

A conjunção subordinativa *although* na oração "**Although** the hives have all been full of food, the bees have just dwindled", expressa a relação de

- (A) comparação.
- (B) concessão.
- (C) proporção.
- (D) condição.
- (E) finalidade.

## 14

Considerado o contexto, a locução verbal idiomática "make it through" na oração "[...] bees will not have sufficient pollen and nectar to **make it through** the winter", expressa a ideia de

- (A) sobrevivência.
- (B) competência.
- (C) experiência.
- (D) prudência.
- (E) inteligência.

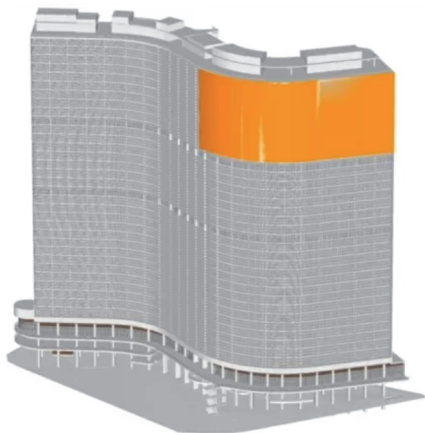
## 15

O trecho escrito na voz passiva "The study was led by the University of Oxford." corresponde, em relação ao tempo e ao aspecto da oração original no modo ativo, à frase "The University of Oxford

- (A) has led the study.
- (B) could lead the study.
- (C) leads the study.
- (D) led the study.
- (E) would lead the study.

16

O Edifício Copan, localizado no centro de São Paulo, é um ícone arquitetônico da cidade. A edificação possui 32 andares e sua fachada norte é curva. Para arrecadar dinheiro para custear a reforma dessa fachada, será instalado um painel publicitário cujas dimensões são de 71 metros de comprimento por 28 metros de altura, conforme pode ser visto na figura a seguir:



Qual a área do painel publicitário, em metros quadrados, que será instalado na fachada norte do Edifício Copan?

- (A) 62
- (B) 99
- (C) 198
- (D) 1.988
- (E) 2.186

17

Ismael começou a trabalhar com produção de vídeos. Utilizando sua rede de internet, um vídeo de 40 GB (*gigabytes*) levou 5 minutos para ser baixado no seu computador. Ismael vai investir em uma internet para sua residência com velocidade 20% maior do que a que possui até o momento. Considerando a nova internet de Ismael, quanto tempo, em minutos, levará um vídeo de 60 GB para ser baixado em seu computador?

- (A) 1,5
- (B) 5
- (C) 6
- (D) 7,5
- (E) 9

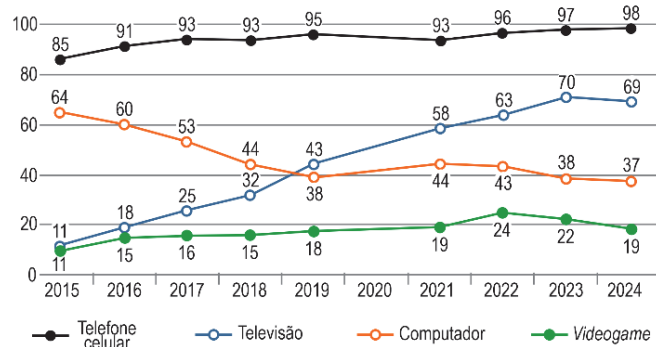
18

Um grupo de 15 funcionários precisa eleger um representante e um vice-representante dentre seus membros para apresentar a produção do grupo em um evento da empresa. Uma pessoa não pode ocupar os dois cargos. De quantas maneiras diferentes essa representação pode ser escolhida?

- (A) 30
- (B) 105
- (C) 113
- (D) 210
- (E) 225

19

O uso da internet está presente na vida de uma parcela de crianças e adolescentes brasileiras. O estudo a seguir mostra o percentual de usuários, entre 9 e 17 anos de idade, de 2015 a 2024, que utilizaram a rede a partir de 4 diferentes tipos de dispositivos.



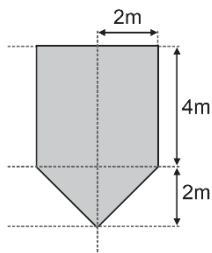
Com base no gráfico, é correto afirmar que o uso

- (A) do telefone celular aumentou 13% entre 2015 e 2024.
- (B) do computador caiu de 53% para 38%, entre 2017 e 2019, o que representa uma redução de, aproximadamente, 28% em termos relativos.
- (C) do videogame manteve-se estável entre 2015 e 2024.
- (D) da televisão cresceu entre 2015 e 2024.
- (E) dos quatro dispositivos cresceu entre 2019 e 2021.



20

Um tanque d'água de 2 metros de raio tem o formato de um cilindro de 4 metros de altura com um cone invertido na base, de 2 metros de altura.



Assinale a alternativa que indica, em  $m^3$ , o volume total do tanque.

- (A) 57,72
- (B) 58,61
- (C) 59,10
- (D) 60,00
- (E) 62,80

Note e adote:

Use  $\pi=3,14$

21

Inicialmente, um canteiro possuía 200 mudas de plantas medicinais. Após um mês, o número de mudas cresceu 20% devido a novas plantações. No mês seguinte, porém, 15% das mudas morreram por falta de chuva. Quantas mudas permaneceram no canteiro ao final desses dois meses?

- (A) 186 mudas.
- (B) 196 mudas.
- (C) 195 mudas.
- (D) 200 mudas.
- (E) 204 mudas.

22



Folha de São Paulo, 05.10.2025.

A partir do início de outubro de 2025, foi bastante comum que frequentadores de restaurantes, bares e outros estabelecimentos congêneres se deparassem com a informação de que tais estabelecimentos estavam vendendo apenas vinho e cerveja, mas não bebidas destiladas. Na charge, o garçom parece estar oferecendo, de modo "sorratoiro", bebidas destiladas.

Assinale a alternativa que explica adequadamente a situação descrita na charge e que inspirou a crítica do autor.

- (A) A guerra comercial iniciada pelo Presidente Trump, por meio do tarifaço, tornou economicamente inviável o consumo de bebidas destiladas, que são todas importadas, favorecendo o mercado informal representado pela camuflagem das garrafas no interior do casaco do garçom.
- (B) A adulteração de bebidas destiladas em fábricas clandestinas, com o uso indevido de metanol, causou a morte de diversos consumidores, além de lesões graves decorrentes do efeito que esta substância química pode ter nos órgãos e tecidos humanos.
- (C) A divulgação de uma pesquisa científica conclusiva vinculando o câncer ao consumo de bebidas destiladas levou à proibição de sua oferta em estabelecimentos comerciais, favorecendo o mercado paralelo e ilegal desse tipo de bebida.
- (D) O boicote organizado pelos consumidores brasileiros ao consumo de bebidas destiladas, motivado pelos métodos insalubres de fabrico, fez cair exponencialmente a demanda, elevando os custos de oferta, desestimulando os estabelecimentos a comprar tais produtos, o que favoreceu o mercado paralelo.
- (E) A interação de certos componentes usados no fabrico de bebidas destiladas com certas especiarias, que passaram a ser utilizadas na culinária brasileira, produz reações químicas em cadeia durante o processo digestório, causando a formação de metanol, altamente tóxico para o corpo humano.

23



Folha de São Paulo, 27.09.2025.

A charge apresentada procura demonstrar o poder do Povo contra certas atitudes dos governantes, manifestada por passeatas e aglomerações com fins pacíficos e que se opõem a uma medida ou proposta. A palavra “blindagem” inserida na charge faz referência, especificamente, a

- (A) um projeto de lei que pretendia anistiar os envolvidos em casos pretéritos de corrupção, como o mensalão e o petróleo.
- (B) uma proposta de Emenda Constitucional que pretendia estabelecer mandatos de 9 (nove) anos para o Ministro do Supremo Tribunal Federal como reação ao julgamento do ex-Presidente Bolsonaro.
- (C) um projeto de lei que pretendia anistiar os participantes e envolvidos com o planejamento de um golpe que pretendeu abolir o Estado Democrático de Direito e que levou à condenação de pessoas comuns do povo, políticos e militares.
- (D) um projeto de lei que pretendia endurecer as penas dos participantes e envolvidos com o planejamento de um golpe visando abolir o Estado Democrático de Direito e que levou à condenação apenas de pessoas comuns do povo, absolvendo políticos e militares.
- (E) uma proposta de Emenda Constitucional que pretendia atribuir imunidade ampla a parlamentares, apontada como arriscada por especialistas, pois abriria o legislativo ao crime organizado, entre outras consequências.

24

Imagem 1



Imagem 2



Folha de São Paulo, 12.08.2025.

Durante a ditadura militar, mas sobretudo no governo Médici, era comum a referência ao Brasil como um país que deveria ser amado ou deixado. A recente charge publicada pela Folha de São Paulo retoma a expressão e a adapta para criticar o Deputado Federal Eduardo Bolsonaro, ao lhe atribuir vínculos com a frase. Os verbos deixar e sabotar referem-se, respectivamente, ao fato de o Deputado

- (A) estar nos EUA e influenciar o governo estadunidense contra autoridades brasileiras, causando prejuízos para a economia do Brasil.
- (B) estar nos EUA e influenciar o governo estadunidense contra autoridades brasileiras, causando prejuízos exclusivos a elas.
- (C) ter deixado o Brasil com destino incerto e influenciar o governo estadunidense contra autoridades brasileiras, causando prejuízos para o país como um todo.
- (D) ter deixado o Brasil com destino incerto e influenciar os governos estrangeiros contra autoridades brasileiras, causando prejuízos para a economia do Brasil.
- (E) ter deixado o Brasil com destino incerto e influenciar os governos estrangeiros contra autoridades brasileiras, causando prejuízos exclusivos a elas e aos seus familiares próximos.

**25**

Uma determinada Unidade da USP que exerce formação profissional em área específica demonstra o interesse de contratar um docente com experiência profissional comprovada e que atue em alguma profissão correlata, por entender que tal situação pode contribuir para a formação de seus alunos. Com base no Estatuto da USP, tal intenção poderá ser garantida, desde que a Unidade

- (A) requeira, sem necessidade de apresentar justificativa, a alteração do regime da vaga aos órgãos competentes da reitoria.
- (B) disponibilize a vaga em regime de dedicação exclusiva e nenhum candidato se inscreva.
- (C) disponibilize a vaga em regime de dedicação exclusiva e nenhum candidato seja habilitado ao final do certame.
- (D) disponibilize a vaga em regime de dedicação exclusiva e nenhum candidato se inscreva ou, caso haja inscritos, nenhum seja habilitado ao final do certame.
- (E) comprove que a contratação nos moldes descritos atende aos interesses da USP.

**26**

A autonomia universitária não é uma forma de isolamento entre a Universidade e a sociedade. Nos termos do Estatuto e do Regimento Geral da USP, isso é percebido, EXCETO, pela participação de representantes indicados

- (A) pelas Secretarias de Economia e Planejamento e da Fazenda para comporem o Grupo de Planejamento Setorial.
- (B) pela Assembleia Legislativa e pela Presidência da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado para comporem o Conselho Consultivo.
- (C) pelo corpo discente para compor o Grupo de Planejamento Setorial.
- (D) pelas Classes Trabalhadoras do Estado para compor o Conselho Universitário.
- (E) pela Federação da Agricultura do Estado para compor o Conselho Universitário.

**27**

Com base no Regimento Geral da USP, é correto afirmar que as bancas examinadoras dos concursos para a carreira docente são

- (A) compostas por 4 membros, sendo certo que o Presidente não possui direito de voto.
- (B) indicadas sempre pelas Congregações das Unidades, diretamente.
- (C) formadas, sempre, por Professores Titulares, sendo a maioria deles da própria USP.
- (D) formadas, sempre, por examinadores de mesma ou inferior titulação que a dos candidatos inscritos.
- (E) indicadas após o término do período de inscrições para evitar conflito de interesses.

**28**

Considere o Microsoft Excel do Microsoft 365 (Office 365 PT-BR) e funções em português (separador de argumentos ";"). Em uma coluna de notas (B2:B101), é necessário contar quantas são maiores ou iguais a 7. Assinale a alternativa que apresenta a função que resolve essa necessidade.

- (A) =CONT.VALORES(B2:B101)
- (B) =CONT.SE(B2:B101; ">=7")
- (C) =SOMASE(B2:B101; ">=7")
- (D) =PROCV(7; B2:B101; 1; VERDADEIRO)
- (E) =TEXT0(B2:B101; "0")

**29**

No Microsoft PowerPoint do Microsoft 365 (Office 365 PT-BR), é necessário que a apresentação exiba o mesmo logotipo em todos os *slides*. Assinale a alternativa que apresenta a forma mais eficiente de aplicar e manter esse elemento de forma integral.

- (A) Copiar e colar o logotipo manualmente em cada slide da apresentação.
- (B) Duplicar o primeiro slide com logotipo e usar as cópias como modelo.
- (C) Aplicar uma Transição e marcar "Aplicar a todos" para replicar o logotipo nos slides.
- (D) Alterar o Tema e usar uma opção "Incluir logotipo".
- (E) Abrir Exibir > Slide Mestre; inserir o logotipo no mestre/layout e fechar o modo Mestre.

**30**

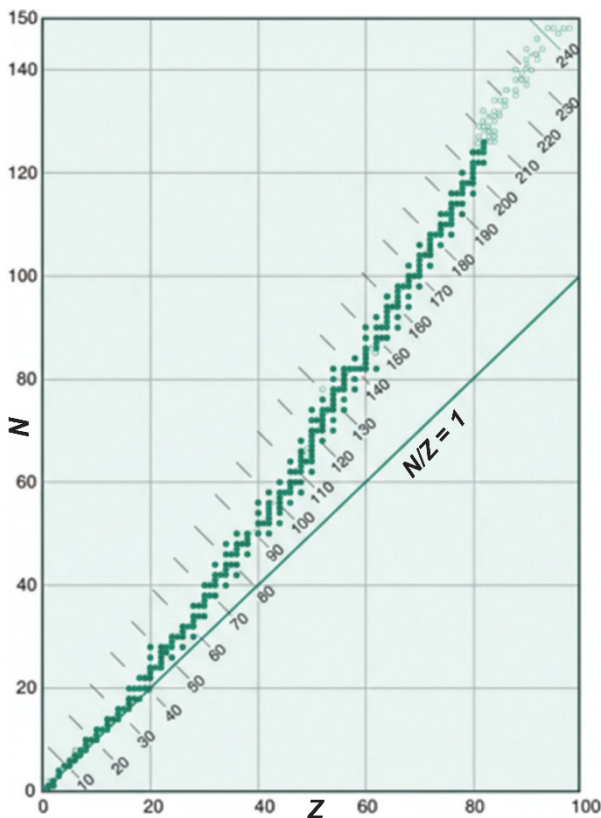
No Microsoft Word do Microsoft 365 (PT-BR), é necessário que o documento tenha um sumário automático que se atualize sempre que os títulos forem alterados (inseridos, renomeados ou reordenados). Assinale a alternativa que apresenta o procedimento correto para esta necessidade.

- (A) Inserir quebras de página antes de cada título, aumentar o tamanho da fonte e usar tabuladores para desenhar as linhas do sumário.
- (B) Aumentar manualmente o tamanho da fonte dos títulos e desenhar linhas com o tabulador.
- (C) Aplicar estilos "Título 1, Título 2, ..." aos cabeçalhos e inserir o Sumário em Referências -> Sumário (atualizando com F9 quando necessário).
- (D) Aplicar um Tema ao documento e selecionar "Gerar sumário pelos tamanhos de fonte" (atualizando com F9 quando necessário).
- (E) Transformar as páginas em imagens e inserir uma lista numerada no início.



31

A figura a seguir mostra a relação entre prótons (Z) e nêutrons (N) em núcleos atômicos estáveis e instáveis.



Com base nessa relação, é correto afirmar:

- (A) Em núcleos atômicos leves, a razão  $N/Z$  próxima a 1 garante maior estabilidade nuclear.
- (B) A estabilidade dos isótopos não tem relação com a estabilidade dos núcleos atômicos nem com a relação  $N/Z$ .
- (C) Núcleos com excesso de nêutrons em relação aos prótons são sempre mais estáveis, pois reduzem a repulsão entre prótons.
- (D) Quanto mais a relação  $N/Z$  se distancia de 1, maior é a estabilidade do núcleo atômico.
- (E) O núcleo atômico é estabilizado quando o número de elétrons se iguala ao número de prótons, em função da estabilização da carga elétrica.

32

Os isótopos de um mesmo elemento químico diferem no número de massa. Com base nisso, assinale a alternativa correta sobre a relação entre isótopos e estabilidade nuclear.

- (A) Todos os isótopos de um mesmo elemento são estáveis, pois possuem o mesmo número de prótons.
- (B) A estabilidade de um isótopo depende apenas da quantidade de elétrons presentes no átomo.
- (C) Isótopos instáveis possuem excesso ou deficiência de nêutrons.
- (D) Isótopos estáveis não emitem radiação alfa ( $2p, 2n$ ), mas podem emitir radiação beta (elétrons).
- (E) A diferença entre isótopos estáveis e instáveis está apenas na massa atômica média.

33

Em análises de isótopos estáveis, os resultados podem ser expressos em valores de delta ( $\delta$ ), que representam variações na razão isotópica de uma amostra em relação a um padrão internacional. Considerando o significado dos sinais positivo (+) e negativo (-) nos valores de  $\delta$ , é correto afirmar:

- (A)  $\delta$  positivo indica que a amostra contém menor proporção do isótopo pesado em relação ao padrão.
- (B)  $\delta$  negativo indica que a amostra é enriquecida em isótopo pesado quando comparada ao padrão.
- (C)  $\delta$  positivo indica que a concentração do isótopo pesado é maior que a leve.
- (D)  $\delta$  positivo indica enriquecimento no isótopo pesado na amostra em relação ao padrão.
- (E)  $\delta$  negativo indica que a concentração do isótopo pesado é maior que a leve.

34

Em análises isotópicas de oxigênio ( $\delta^{18}\text{O}$ ) em amostras de água, o valor de  $\delta$  é calculado em relação ao padrão internacional (*Vienna Standard Mean Ocean Water*, VSMOW). Suponha que a razão isotópica da amostra ( $R_{\text{amostra}} = {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$ ) seja  $1,98 \times 10^{-3}$  e a do VSMOW ( $R_{\text{padrão}}$ ) seja  $2,00 \times 10^{-3}$ . Qual será aproximadamente o valor de  $\delta^{18}\text{O}$  da amostra?

- (A) +5,0 ‰
- (B) -5,0 ‰
- (C) +10,0 ‰
- (D) -10,0 ‰
- (E) 0,0 ‰

35

Em análises isotópicas de  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^2\text{H}$  em amostras de água, o padrão secundário SLAP (*Standard Light Antarctic Precipitation*) é utilizado para

- (A) corrigir a diferença de massa entre os isótopos de oxigênio e hidrogênio.
- (B) definir o ponto zero da escala isotópica internacional.
- (C) determinar a abundância absoluta de isótopos pesados na água.
- (D) estabelecer o extremo leve da escala isotópica e garantir a calibração linear entre amostras e VSMOW.
- (E) substituir o VSMOW como referência primária em todas as análises.

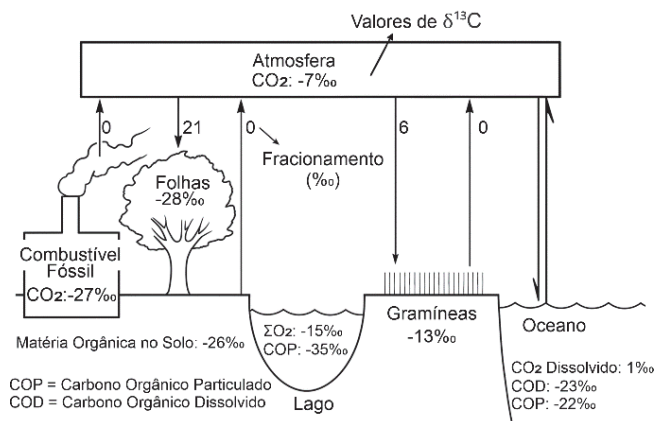
36

A característica do padrão secundário SLAP é ser isotopicamente leve. Qual é a principal razão para que as águas de precipitação antárticas apresentem  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^2\text{H}$  muito negativos?

- (A) Devido ao fracionamento isotópico, a umidade que alcança a Antártica contém menos isótopos pesados do que a encontrada em regiões quentes.
- (B) A água de precipitação da Antártica é enriquecida em isótopos pesados devido à evaporação intensa do oceano.
- (C) O gelo antártico é formado a partir de água subterrânea, naturalmente empobrecida em isótopos pesados.
- (D) A radiação solar na Antártica aumenta a proporção de  $^{16}\text{O}$  e  $^1\text{H}$  nas moléculas de água.
- (E) A água de precipitação da Antártica possui composição isotópica similar à água oceânica global, sem variações significativas.

37

A figura a seguir apresenta valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C}$  - Vienna Peedee belemnite, VPDB) em diferentes compartimentos da biosfera e o fracionamento que ocorre na transferência entre os compartimentos.

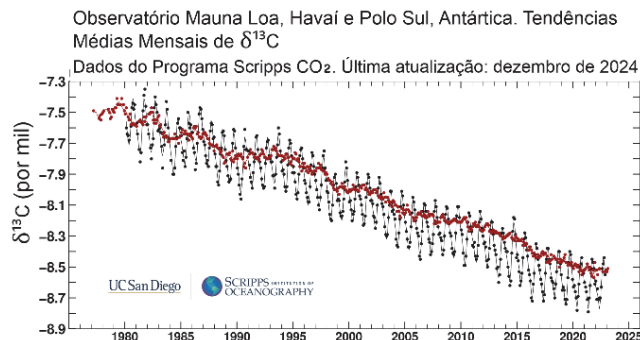


Sobre os dados apresentados na figura, é correto afirmar:

- (A) O valor de  $\delta^{13}\text{C}$  dos combustíveis fósseis não tem relação com o valor de  $\delta^{13}\text{C}$  de produtores primários terrígenos e marinhos.
- (B) No processo de fotossíntese, o  $^{13}\text{C}$  é absorvido preferencialmente em detrimento ao  $^{12}\text{C}$ .
- (C) A evaporação da água do mar e de lagos representa a maior contribuição de  $^{12}\text{C}$  para a atmosfera.
- (D) Uma vez que não há fracionamento no processo de emissão de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera, a emissão desse gás não influencia no  $\delta^{13}\text{C}$  atmosférico.
- (E) Plantas distintas apresentam metabolismos distintos para maior ou menor incorporação de  $^{13}\text{C}$  atmosférico por meio da fotossíntese.

38

Considere as informações apresentadas na figura da Questão 37 complementadas pela figura a seguir, que mostra a variação de  $\delta^{13}\text{C}$  (VPDB) no  $\text{CO}_2$  atmosférico ao longo dos últimos 50 anos.

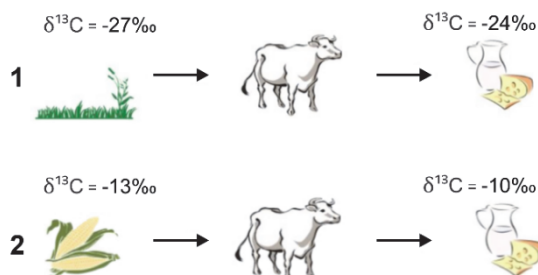


Qual alternativa apresenta uma correta explicação para essa variação de  $\delta^{13}\text{C}$  atmosférico ao longo do tempo?

- (A) O decréscimo nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ocorre devido ao decaimento radioativo do isótopo.
- (B) O aumento na emissão de  $\text{CO}_2$  para a atmosfera resulta em aumento na produção primária, com maior absorção de  $^{12}\text{C}$  em relação ao  $^{13}\text{C}$ .
- (C) O aumento nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  ao longo dos anos é resultado do degelo em regiões polares e maior evaporação de água.
- (D) O decréscimo nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  nos últimos 50 anos é parte de um ciclo natural do planeta correlacionado com o fracionamento isotópico.
- (E) O decréscimo nos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  é resultado da diluição do  $\text{CO}_2$  derivado da queima de combustíveis fósseis na atmosfera.

39

A figura a seguir mostra a variação na composição isotópica de  $^{13}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C}$ , VPDB,) entre a alimentação e o leite produzido pela mesma raça de gado. No caso 1, a vaca foi alimentada exclusivamente com gramíneas, ao passo que, no caso 2, exclusivamente com silagem de milho.



Em relação à figura apresentada, é correto afirmar que

- (A) a proporção isotópica de C no leite produzido pela vaca é igual nos dois casos.
- (B) o fracionamento isotópico de C que ocorre no metabolismo do animal é igual em ambos os casos.
- (C) o leite produzido é empobrecido em  $^{13}\text{C}$  em relação à alimentação do animal.
- (D) o leite produzido no caso 1 é enriquecido em  $^{13}\text{C}$  em comparação ao leite do caso 2.
- (E) a concentração de  $^{13}\text{C}$  no leite do caso 1 é maior do que a concentração de  $^{13}\text{C}$  no leite do caso 2.

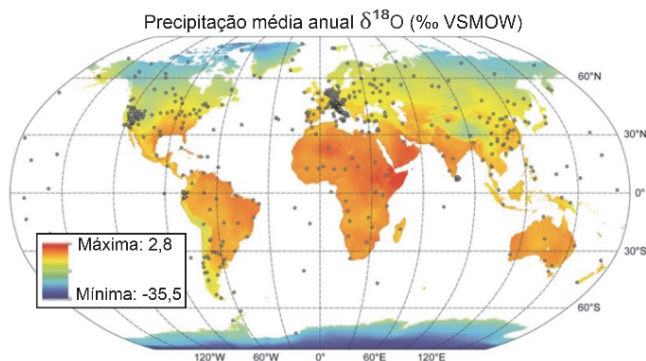
40

Em relação à composição isotópica de hidrogênio e de oxigênio, ou seja, em relação ao  $\delta D$  ( $\delta^2H$ ) e  $\delta^{18}O$ , na água de chuva e no oceano, como se dá o perfil de distribuição global?

- (A) O  $\delta D$  e o  $\delta^{18}O$  apresentam variações espaciais semelhantes, ambos se tornando mais negativos com o aumento da latitude.
- (B) O  $\delta D$  e o  $\delta^{18}O$  variam de forma oposta: regiões com  $\delta^{18}O$  mais negativo apresentam  $\delta D$  mais positivo, refletindo a diferença de massa entre os isótopos.
- (C) O  $\delta D$  sofre fracionamento independente do  $\delta^{18}O$ , não apresentando correlação entre si, pois o H e o O se comportam de maneira distinta na água.
- (D) O  $\delta D$  é controlado principalmente pela temperatura do ar, enquanto o  $\delta^{18}O$  depende apenas da pressão atmosférica e da umidade relativa.
- (E) O  $\delta D$  e o  $\delta^{18}O$  são homogêneos globalmente, pois a água atmosférica se mistura completamente antes da precipitação, eliminando gradientes isotópicos.

41

A figura a seguir mostra os valores médios anuais de  $\delta^{18}O$  (VSMOW) na água de chuva ao longo do globo distribuídos por latitudes e em diferentes altitudes. Os pontos pretos no mapa mostram os locais de amostragem da água de chuva.



Qual alternativa explica a variação latitudinal no valor de  $\delta^{18}O$ ?

- (A) À medida que o ar úmido desloca-se para regiões mais frias, ocorre depleção de  $^{18}O$ , que se incorpora preferencialmente às gotas de chuva.
- (B) O ar úmido, pobre em  $^{18}O$ , que se forma em regiões polares, se enriquece com o  $^{18}O$  presente na atmosfera conforme migra para baixas latitudes.
- (C) A precipitação inicial em regiões quentes e úmidas é relativamente pobre em  $^{18}O$ , e o vapor residual que migra para os polos se enriquece com esse isótopo.
- (D) Os valores de  $\delta^{18}O$  observados na água de chuva apenas refletem a composição isotópica da água evaporada em cada latitude.
- (E) A variação de  $\delta^{18}O$  na água de chuva é condizente com os locais de maior emissão de  $CO_2$  de origem fóssil, refletindo sua composição isotópica.

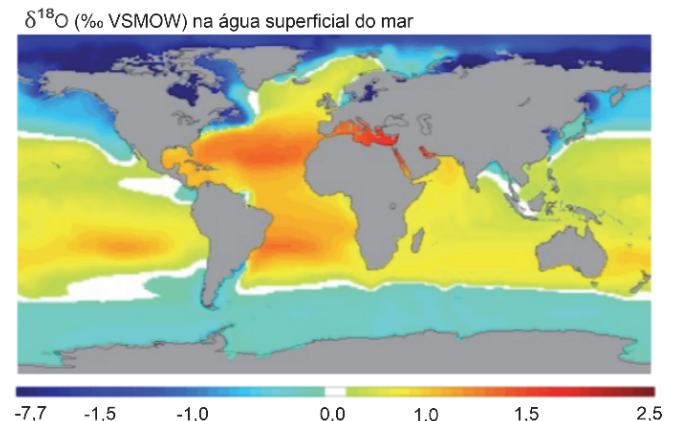
42

Ainda em relação aos dados de  $\delta^{18}O$  (VSMOW) apresentados na **Questão 41**, o mapa mostra uma região próxima a 30° Norte, 90° Leste onde o valor de  $\delta^{18}O$  é mais baixo do que os demais pontos dessa mesma latitude. O que explica o valor destoante de  $\delta^{18}O$  nessa região em relação às regiões de mesma latitude?

- (A) Trata-se de uma região com menor altitude, o que faz com que ocorra depleção de  $^{18}O$  no caminho da nuvem até o solo.
- (B) Essa é uma região mais quente e com menor precipitação que as demais, portanto, também é menor a concentração de  $^{18}O$  na água de chuva.
- (C) A depleção de  $^{18}O$  na água de chuva nessa região ocorre em função da alta altitude local, que gera o mesmo efeito no  $^{18}O$  observado nas regiões polares.
- (D) Nessa região, ocorre um enriquecimento da água de chuva em  $^{18}O$  em função da distância do oceano.
- (E) Os menores valores de  $\delta^{18}O$  na região se dão em função da menor emissão de  $CO_2$  de origem fóssil na área.

43

Comparativamente aos valores de  $\delta^{18}O$  observados na água de chuva, como os apresentados na **Questão 41**, os valores de  $\delta^{18}O$  na água do mar são relativamente mais altos, conforme apresentado na figura a seguir.



Assinale a alternativa que faz a correlação correta entre esses dados.

- (A) O oceano é empobrecido em  $^{18}O$  em relação à água de chuva em função da evaporação preferencial de  $H_2^{18}O$  em detrimento a de  $H_2^{16}O$ .
- (B) O oceano é empobrecido em  $^{18}O$  em relação à água de chuva devido a menor evaporação da molécula de água que contém o isótopo mais pesado de O.
- (C) O  $\delta^{18}O$  mais alto da água do mar ocorre porque o  $^{18}O$  é continuamente adicionado à superfície oceânica pela precipitação isotopicamente mais pesada.
- (D) O  $\delta^{18}O$  mais elevado da água do mar reflete o enriquecimento relativo em  $^{18}O$ , já que, durante a evaporação, as moléculas com  $^{16}O$  evaporam preferencialmente.
- (E) A diferença entre os valores de  $\delta^{18}O$  da chuva e da água do mar é explicada pela dissolução do  $CO_2$  atmosférico, que altera a composição isotópica do oxigênio na água.

44

A análise isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  em madeira permite inferir informações ambientais e fisiológicas sobre o crescimento das árvores. Sobre essa análise, qual alternativa está correta?

- (A) A medição de  $\delta^{13}\text{C}$  em madeira fornece exclusivamente a idade da árvore, sem relação com condições ambientais.
- (B) A  $\delta^{13}\text{C}$  da madeira é determinada apenas pela quantidade de lignina presente, sem relação com o metabolismo da planta.
- (C) A preparação da madeira para análise isotópica não exige secagem, pois o espectrômetro de massas corrige automaticamente as diferenças isotópicas.
- (D) A análise isotópica em madeira não é utilizada para reconstrução paleoclimática, sendo aplicável apenas à determinação de idade.
- (E) A análise de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  em madeira pode fornecer informações sobre o estresse hídrico e a eficiência fotossintética da árvore.

45

Em relação à água subterrânea, é correto afirmar:

- (A) A água subterrânea circula exclusivamente por grandes cavernas formadas em rochas ígneas profundas, sendo inacessível por poços rasos.
- (B) A água subterrânea encontra-se predominantemente na zona saturada, onde os poros do solo e das rochas estão totalmente preenchidos por água.
- (C) A zona saturada é a porção do subsolo onde os poros estão parcialmente preenchidos por água subterrânea e parcialmente por ar.
- (D) O lençol freático corresponde à região da franja capilar, onde a água subterrânea ocorre em estado gasoso devido à evaporação.
- (E) A profundidade do lençol freático, que é água subterrânea, mantém-se constante ao longo do ano, sem relação com as variações climáticas.

46

As assinaturas isotópicas de hidrogênio ( $^2\text{H}$ ) e oxigênio ( $^{18}\text{O}$ ) são amplamente utilizadas para investigar as interações entre água subterrânea, água superficial e água de chuva. Considerando esse contexto, assinale a alternativa correta.

- (A) A água subterrânea apresenta enriquecimento em  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  em relação à água de chuva, devido ao fracionamento isotópico durante a infiltração.
- (B) A água superficial tende a ser mais empobrecida em  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  do que a água subterrânea, pois perde isótopos pesados durante o escoamento superficial.
- (C) A composição isotópica de  $^{15}\text{N}$  é o principal indicador para rastrear a origem geológica da água de chuva.
- (D) As assinaturas isotópicas de  $^{18}\text{O}$  e  $^2\text{H}$  permanecem constantes ao longo do ano, não sendo influenciadas por processos climáticos ou sazonais.
- (E) A assinatura isotópica da água de chuva pode ser utilizada para identificar a origem e o tempo de recarga da água subterrânea.

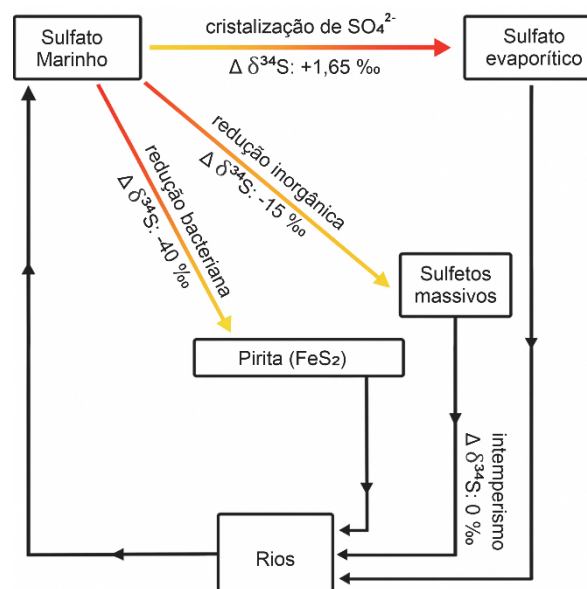
47

O ciclo das rochas envolve a transformação contínua de materiais da crosta terrestre em diferentes tipos de rochas ao longo do tempo. Considerando esse ciclo, qual alternativa descreve corretamente uma característica das rochas carbonáticas?

- (A) São formadas exclusivamente por processos de solidificação de magma.
- (B) São sempre rochas ígneas intrusivas, com alto teor de silício e baixo teor de carbono.
- (C) Não sofrem alteração química nem intemperismo ao longo do tempo.
- (D) Incluem calcários e dolomitos, originados por precipitação química ou deposição de organismos marinhos.
- (E) Formam-se apenas em ambientes terrestres secos, sem relação com ambientes aquáticos.

48

O ciclo do enxofre, com o seu padrão de fracionamento isotópico em processos sedimentares, como no ciclo de rochas, é apresentado de forma resumida na figura a seguir. Nas setas, são descritas as variações do  $\delta^{34}\text{S}$  entre os compartimentos.



Com base nessas informações, assinale a alternativa correta.

- (A) Na precipitação de sulfatos evaporíticos, o fracionamento isotópico do enxofre é mínimo, de modo que os sulfatos evaporíticos têm exatamente a mesma composição isotópica do original.
- (B) Durante a redução bacteriana de sulfato a sulfeto, a reação envolvendo o isótopo mais leve,  $^{32}\text{SO}_4^{2-}$ , ocorre mais rapidamente do que aquela envolvendo  $^{34}\text{SO}_4^{2-}$ .
- (C) Independentemente do fracionamento, o  $\delta^{34}\text{S}$  dos sulfetos sempre reflete exclusivamente o valor do manto ( $\approx 0$  ‰), sem contribuição ou fracionamento biogeoquímico.
- (D) Durante a redução bacteriana do sulfato a sulfeto, as bactérias preferem incorporar  $^{34}\text{S}$  ao sulfeto, deixando o sulfato residual empobrecido em  $^{32}\text{S}$ .
- (E) Apesar do fracionamento isotópico no intemperismo ser neutro, ele produz alteração isotópica de  $^{34}\text{S}$ .



49

Durante a preparação de amostras de água para análise isotópica em um espectrômetro a *laser*, a etapa de transferência para os *vials* (frascos) deve seguir procedimentos rigorosos. Qual alternativa descreve uma prática adequada nessa etapa?

- (A) Utilizar *vials* abertos por longos períodos para permitir a evaporação parcial da amostra e intensificar o sinal isotópico.
- (B) Transferir as amostras lentamente para os *vials* limpos, tampando-os imediatamente para evitar troca isotópica com o ar.
- (C) Misturar amostras diferentes no mesmo *vial* para reduzir o tempo total de análise.
- (D) Manter os *vials* parcialmente destampados no carrossel do amostrador automático para equilibrar a pressão interna.
- (E) Reutilizar os *vials* mesmo sem descontaminação, uma vez que, com a vaporização da amostra, não há contaminação cruzada.

50

De acordo com o princípio da Espectroscopia de Cavidade Ressonante de Queda (*Cavity Ring-Down Spectroscopy*, CRDS), utilizada pelos espectrômetros a *laser*, qual é o efeito direto e mensurável da absorção da luz pelos isótopos específicos de cada molécula da amostra gasosa dentro da cavidade ótica?

- (A) Aumenta o comprimento de onda do *laser* para o ultravioleta, no qual a absorção molecular é maior.
- (B) Causa a ionização da amostra gasosa, gerando íons acelerados por um campo elétrico.
- (C) Diminui o tempo de decaimento da luz, permitindo determinar a absorção molecular.
- (D) Aumenta a intensidade máxima da luz na cavidade após o desligamento do *laser*.
- (E) Altera a geometria da cavidade ótica, forçando reorientação dos espelhos.

51

Durante a operação diária de um espectrômetro a *laser* para análise isotópica de água, qual das seguintes práticas está diretamente relacionada ao controle de qualidade dos resultados?

- (A) Realizar a calibração do equipamento com padrões de referência certificados diariamente.
- (B) Como o equipamento apresenta deriva muito baixa, a calibração constante é dispensável.
- (C) Por ser uma análise óptica, não há risco de contaminação cruzada entre amostras.
- (D) Como a amostra é vaporizada, não há risco de contaminação por partículas externas.
- (E) Ajustar a intensidade do *laser* manualmente para acelerar a análise de cada amostra.

52

Em análises isotópicas, os resultados são expressos em partes por mil (‰) em relação aos padrões internacionais. Considerando princípios de metrologia, qual alternativa descreve corretamente a escolha da balança para pesagem de amostras de ~1 mg com desvio menor que 1%?

- (A) Balança com, no mínimo, 6 casas decimais.
- (B) Balança com, no mínimo, 5 casas decimais.
- (C) Balança com, no mínimo, 4 casas decimais.
- (D) Balança com, no mínimo, 3 casas decimais.
- (E) Balança com, no mínimo, 2 casas decimais.

Note e adote:

Considere que a balança está com a escala em gramas.

53

Durante o preparo de amostras para análise isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  por espectrometria de massas de razão isotópica (*isotope ratio mass spectrometry*, IRMS) acoplada a um analisador elementar (*elemental analyzer*, EA), a escolha da massa de amostra a ser encapsulada depende da sua composição elementar (C e N). Qual alternativa expressa corretamente a razão dessa dependência?

- (A) Amostras com maior teor de carbono ou nitrogênio exigem maior massa para aumentar a intensidade do sinal isotópico.
- (B) Amostras pobres em carbono e nitrogênio devem ter menor massa para evitar saturação do detector.
- (C) A massa da amostra deve ser ajustada de modo que a quantidade absoluta de C e N esteja dentro da faixa ideal de detecção do EA-IRMS.
- (D) A massa da amostra é fixa para todos os materiais, independentemente da sua composição elementar.
- (E) O aumento da massa da amostra melhora a precisão isotópica, independentemente do conteúdo de C e N.

54

Para a determinação dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  em amostras sólidas por EA-IRMS, é fundamental o preparo adequado das amostras antes da combustão. Sobre esse preparo, é correto afirmar:

- (A) As amostras podem ser acondicionadas úmidas em cápsulas de Sn, pois a água é convertida em  $\text{N}_2$  e  $\text{CO}_2$  durante a combustão.
- (B) A cápsula de Sn deve ser padrão, pois o fracionamento isotópico do Sn utilizado nas cápsulas interfere no resultado de  $\delta^{13}\text{C}$ .
- (C) É recomendável homogeneizar a amostra com o padrão de referência antes da pesagem, para reduzir o efeito de memória isotópica.
- (D) Amostras com alto teor de lipídios devem ser analisadas sem tratamento prévio, pois a remoção de lipídios altera artificialmente a razão  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ .
- (E) A remoção de carbonatos com  $\text{HCl}$  é fundamental quando se deseja medir  $\delta^{13}\text{C}$  apenas da fração orgânica do material.



**55**

Durante uma análise de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{15}\text{N}$  utilizando um sistema EA-IRMS, qual das etapas a seguir descreve corretamente o princípio de funcionamento integrado entre os dois instrumentos?

- (A) O EA realiza a combustão da amostra, e o IRMS identifica os produtos pela absorção seletiva de infravermelho.
- (B) O EA converte o C e o N presentes na amostra em  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ , respectivamente, que são ionizados e separados no IRMS de acordo com a razão massa/carga dos isótopos.
- (C) O EA separa os isótopos de carbono e nitrogênio e envia apenas os íons resultantes ao IRMS para medição.
- (D) O IRMS realiza a combustão e a separação gasosa simultaneamente, enquanto o EA apenas transporta a amostra.
- (E) O IRMS detecta diferenças isotópicas pela variação de cor da chama gerada na combustão no espectro do infravermelho.

**56**

No IRMS, após a combustão e purificação dos gases  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$ , o processo de análise isotópica baseia-se em qual princípio físico?

- (A) A diferença na energia de vibração molecular entre os isótopos permite distingui-los por espectroscopia infravermelha.
- (B) Os gases são excitados por *laser* e separados pela diferença na absorção óptica de cada isótopo.
- (C) As moléculas neutras são separadas por difusão gasosa, e a proporção isotópica é medida por condutividade térmica.
- (D) Os íons são classificados conforme sua energia cinética de ionização, permitindo distinguir os isótopos mais leves dos mais pesados.
- (E) Os íons formados são separados em um campo magnético de acordo com suas razões  $m/z$  e detectados em coletores distintos.

**57**

Para determinar o  $\delta^{34}\text{S}$  de uma amostra sólida contendo sulfatos ou sulfetos, qual das etapas a seguir descreve corretamente o procedimento analítico em um sistema EA-IRMS?

- (A) A amostra é dissolvida em água e diretamente injetada no IRMS, onde os íons de  $\text{S}^+$  são separados por  $m/z$ .
- (B) A amostra é vaporizada e medida por absorção óptica em infravermelho para determinar a proporção  $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$ .
- (C) Os isótopos de S são separados por difusão em coluna de vidro antes da detecção.
- (D) A amostra é convertida quimicamente em  $\text{SO}_2$  gasoso, que é ionizado, separado no IRMS por razão  $m/z$  para o cálculo de  $\delta^{34}\text{S}$ .
- (E) A amostra é misturada com carbono puro e combusta diretamente, sem necessidade de conversão química, para medir  $\delta^{34}\text{S}$ .

**58**

Um laboratório desenvolve um novo método para determinação de razão isotópica. Durante a validação do método, são avaliados parâmetros como precisão e exatidão. Qual alternativa descreve corretamente a abordagem de validação?

- (A) Avaliar a precisão realizando múltiplas medições de uma mesma amostra e comparar os resultados com padrões de referência para verificar concordância.
- (B) Avaliar a exatidão apenas medindo padrões internos, sem necessidade de comparar com padrões certificados.
- (C) Não é necessário avaliar precisão ou exatidão, desde que o instrumento seja moderno e calibrado diariamente.
- (D) A precisão é garantida automaticamente pelo uso de padrão de referência internacional, dispensando repetições.
- (E) Exatidão e precisão são irrelevantes em análises isotópicas, pois o delta corrige todas as variações.

**59**

Um laboratório mede  $\delta^{13}\text{C}$  em água utilizando um método validado. Foram realizadas 5 medições independentes de uma mesma amostra, obtendo os seguintes resultados:

Resultado 1:  $-10,2\text{‰}$   
 Resultado 2:  $-10,0\text{‰}$   
 Resultado 3:  $-10,1\text{‰}$   
 Resultado 4:  $-9,9\text{‰}$   
 Resultado 5:  $-10,2\text{‰}$

Para estimar a incerteza combinada do resultado devido à repetibilidade do método, deve-se calcular

- (A) a média simples dos valores, sem considerar dispersão.
- (B) apenas o maior e o menor valor, ignorando as medições intermediárias.
- (C) o desvio padrão da média ( $\text{SD}/\sqrt{n}$ ) das medições, representando a incerteza.
- (D) a diferença entre cada resultado e o padrão internacional, sem considerar repetibilidade.
- (E) a incerteza absoluta, multiplicando-se o menor valor pelo maior.

**60**

Durante o teste de proficiência internacional GeoPT™, cada laboratório recebe uma amostra homogênea e deve submetê-la à sua rotina analítica. Os resultados enviados são avaliados estatisticamente e um Z-score é calculado para cada dado, sendo considerados satisfatórios aqueles com  $-2 < Z < 2$ .

Com base nesse procedimento, qual alternativa descreve corretamente o objetivo principal do teste de proficiência?

- (A) Avaliar se o laboratório consegue submeter amostras à rotina analítica sem erros de pesagem, independentemente dos resultados obtidos.
- (B) Avaliar apenas a repetibilidade interna do instrumento do laboratório, sem considerar comparação externa.
- (C) Substituir a necessidade de padrões internos, pois a comparação com outros laboratórios garante exatidão automaticamente.
- (D) Determinar se os resultados do laboratório caem dentro do intervalo esperado da distribuição estatística dos dados de todos os participantes.
- (E) Medir apenas a massa exata da amostra, garantindo que a quantidade de material analisado esteja correta.

## Questão dissertativa

Uma equipe de paleoclimatologia coletou uma estalactite (espeleotema) de uma caverna em calcário. Essa estrutura de carbonato de cálcio cresceu de forma contínua por milênios, preservando em suas camadas anuais o registro das variações isotópicas.

O objetivo do estudo é reconstruir a variação da temperatura e do ciclo hidrológico (pluviosidade e evaporação) na superfície acima da caverna ao longo do tempo.

Com base nesse cenário,

- a) indique os isótopos que serão utilizados para o estudo e explique como o princípio do fracionamento isotópico torna possível a utilização de isótopos como indicadores paleoclimáticos em espeleotemas.
- b) indique a técnica analítica mais adequada para determinar os valores de  $\delta$  desses isótopos, justificando sua escolha.
- c) descreva o preparo da amostra do espeleotema para a análise isotópica.
- d) apresente o princípio de funcionamento da técnica escolhida, destacando como os isótopos são detectados e quantificados.

### Instruções:

- As respostas deverão ser redigidas de acordo com a norma padrão da língua portuguesa.
- Escreva com letra legível e não ultrapasse o espaço de linhas disponíveis da folha de respostas.
- Receberão nota zero textos que desrespeitarem os direitos humanos e textos que permitirem, por qualquer modo, a identificação do(a) candidato(a).

**RASCUNHO**

**NÃO SERÁ**

**CONSIDERADO**

**NA CORREÇÃO**

Concurso DRH USP Dezembro 2025

**Especialista de Laboratório (especialidade: Espectrometria de Massa de Isótopos Estáveis Leves Ambientais)**

**Edital RH Nº 067/2025**

PROVA EMI			
01	A	31	A
02	B	32	C
03	E	33	D
04	B	34	D
05	B	35	D
06	C	36	A
07	C	37	E
08	D	38	E
09	E	39	B
10	D	40	A
11	B	41	A
12	C	42	C
13	B	43	D
14	A	44	E
15	D	45	B
16	D	46	E
17	C	47	D
18	D	48	B
19	B	49	B
20	B	50	C
21	E	51	A
22	B	52	A
23	E	53	C
24	A	54	E
25	E	55	B
26	C	56	E
27	E	57	D
28	B	58	A
29	E	59	C
30	C	60	D



## QUESTÃO DISSERTATIVA

### RESPOSTA ESPERADA

a) Isótopos / Teoria do Fracionamento Isotópico

Carbonato de cálcio é  $\text{CaCO}_3$ , portanto, os isótopos leves a serem tratados são os de C ( $^{13}\text{C}$ ) e O ( $^{18}\text{O}$ ).

O fracionamento isotópico ocorre porque os isótopos de um mesmo elemento possuem massas diferentes, o que afeta suas taxas de reação e de mudança de fase. Nos espeleotemas, o  $\delta^{18}\text{O}$  reflete tanto o fracionamento ocorrido durante a evaporação e condensação das águas meteóricas quanto o equilíbrio isotópico entre a água de percolação e o carbonato precipitado. Já o  $\delta^{13}\text{C}$  reflete o equilíbrio entre o  $\text{CO}_2$  do solo e o carbonato em formação, sendo influenciado por variações de vegetação e atividade biológica (plantas  $\text{C}_3/\text{C}_4$ , respiração do solo, matéria orgânica).

Valor: 1,0 ponto pela menção dos isótopos (0,5 ponto para cada isótopo correto); 1,5 ponto pela explicação (0,75 ponto para a explicação de cada isótopo).

b) Técnica analítica / equipamento

A técnica para medir  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  em carbonatos sólidos pode ser ou Espectrometria de Massas de Razão Isotópica acoplada a um analisador elementar (EA-IRMS) ou *GasBench*-IRMS. O EA-IRMS ou *GasBench*-IRMS oferecem alta precisão e são aceitos como padrão internacional para medidas de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  em amostras de carbonato. Será aceita a resposta que mencione apenas um dos equipamentos.

A espectroscopia a laser (CRDS ou OA-ICOS) é mais adequada para amostras gasosas (como vapor d'água) e líquidas, não sendo ideal para carbonatos sólidos.

Valor: 1,0 ponto pela menção da técnica; 1,5 ponto para a justificativa.

c) Preparo da amostra

Para o EA-IRMS: a amostra deve ser macerada e pesada em cápsula de estanho (ou prata) sem a descarbonatação, pois o carbonato será decomposto no EA para a geração do  $\text{CO}_2$ , que é conduzido ao IRMS.

Para o *GasBench*-IRMS: a amostra deve ser macerada, pesada em *vials* seláveis, evacuada e reagida com ácido fosfórico dentro do frasco, para geração de  $\text{CO}_2$  puro, que será conduzido ao IRMS.

Será aceita a resposta que mencione apenas um dos preparos, desde que a técnica equivalente tenha sido mencionada no item b.

Valor: 1,0 ponto pelo preparo; 1,5 ponto pela justificativa.

d) Princípio da Técnica

No caso do EA-IRMS: a amostra de é introduzida em um analisador elementar (EA), onde é oxidada em alta temperatura ( $\approx 1000\text{ }^\circ\text{C}$ ) na presença de oxigênio, convertendo o carbono e o oxigênio do carbonato em  $\text{CO}_2$ . Esse gás é então conduzido por um fluxo de hélio até o IRMS, onde as moléculas de  $\text{CO}_2$  são ionizadas, aceleradas e separadas de acordo com sua razão massa/carga ( $m/z$ ). O instrumento mede as intensidades relativas dos íons correspondentes aos

diferentes isótopos de carbono ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) e oxigênio ( $^{16}\text{O}$ ,  $^{18}\text{O}$ ), permitindo o cálculo dos valores de  $\delta^{13}\text{C}$  e  $\delta^{18}\text{O}$  da amostra em relação a um padrão internacional (como o VPDB).

No *Gas-Bench*-IRMS: O  $\text{CO}_2$  gerado no *vial* da reação com ácido fosfórico é levado automaticamente pelo *Gas-Bench* até o **IRMS**, onde é analisado de forma semelhante ao mencionado para o EA-IRMS. O que difere é apenas a forma de decomposição do carbonato.

Será aceita a resposta que mencione apenas um dos princípios, desde que a técnica equivalente tenha sido mencionada no item b.

Valor: 1,0 ponto pela explicação da técnica pelo Analisador Elementar (EA) ou do GásBench; 1,5 ponto pela explicação da técnica pela técnica de detecção e quantificação pelo IRMS.

