



## PROVA COMENTADA

2ª FASE • DIA 2 • CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / SAÚDE  
BIOLOGIA  
QUÍMICA

## BIOLOGIA

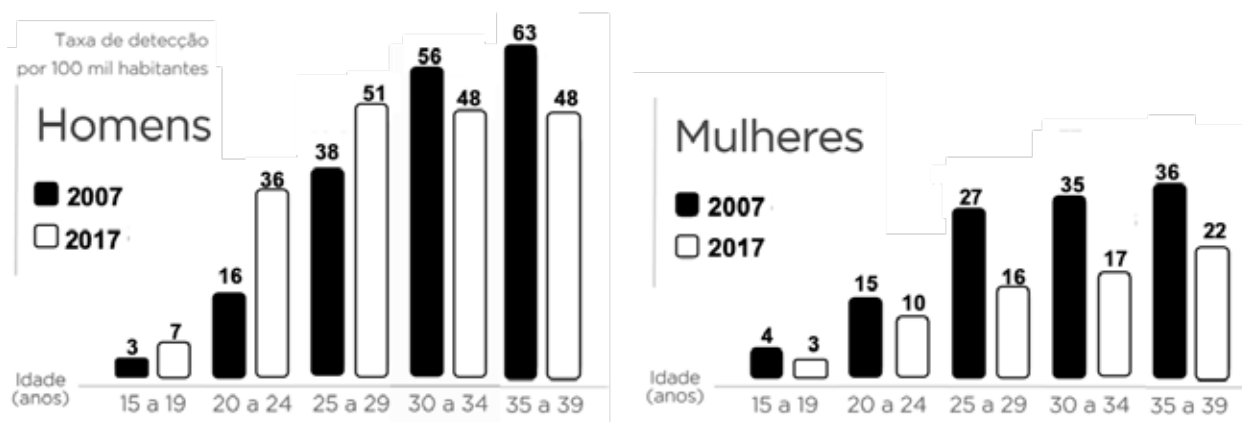
A Banca Elaboradora formulou seis questões de Biologia, especialmente para a prova da área de Ciências Biológicas/Saúde, contemplando uma variedade de temas do programa do Vestibular 2020, com cuidado para não haver sobreposição de temas com a prova da 1ª fase e com as questões interdisciplinares da prova da 2ª fase, com a prova de Vagas Remanescentes, ou com as provas das duas últimas edições dos vestibulares da UNICAMP, UNESP, USP e do ENEM. Houve também atenção em elaborar questões de diferentes níveis, incluindo algumas de média dificuldade e difíceis. As questões exigiram do candidato demonstração do conhecimento do conteúdo programático do Ensino Médio relativo à Biologia, bem como integração interdisciplinar entre Biologia e outras áreas do conhecimento.

Além disso, foram elaboradas questões que selecionassem candidatos com algumas das características desejadas para o aluno ingressante da UNICAMP, a saber: que tivessem conhecimento de assuntos atuais e temas importantes para a ciência e para a sociedade, capacidade de interpretação e análise de dados, gráficos e tabelas, e capacidade de raciocínio lógico e argumentação associados ao conhecimento específico da Biologia.

Todos os corretores apontaram dificuldade no entendimento da caligrafia e nos erros de língua portuguesa nas respostas dos candidatos. Os corretores mais experientes indicaram que o problema vem se agravando ao longo dos anos, o que dificulta a leitura.

## Questão 11

O Ministério da Saúde divulgou em 2018 o boletim epidemiológico que informa a taxa de detecção de AIDS na população brasileira. Os gráficos abaixo apresentam a taxa de detecção por 100 mil habitantes em distintas faixas etárias de homens e mulheres. No período entre 2007 e 2017, a taxa de detecção média da AIDS no Brasil apresentou redução de aproximadamente 9,4%. O Ministério da Saúde destacou, porém, a estatística referente a homens adolescentes e jovens adultos de até 29 anos.



(Fonte: Boletim Epidemiológico - HIV Aids. Secretaria de Vigilância em Saúde – Ministério da Saúde, Brasília-DF, v. 49, n. 53, p. 10-14, 2018.)

- O que é a AIDS? Considerando os dados apresentados nos gráficos, justifique o destaque estatístico feito pelo Ministério da Saúde.
- Na AIDS, as células mais atingidas são os linfócitos T do tipo CD4. Qual é a relação entre medula óssea, timo e linfócitos T? Medicamentos utilizados no tratamento da AIDS podem envolver distintos mecanismos de ação. Explique por que os inibidores da enzima integrase são alvos farmacológicos no tratamento da AIDS.

### Objetivo da Questão

#### Saúde humana:

- Doenças sexualmente transmissíveis
- Estrutura e função de células, órgãos e sistemas
- O que é saúde?

#### Diversidade, estrutura e função biológica:

- Biologia de vírus, bactérias, protistas e fungos

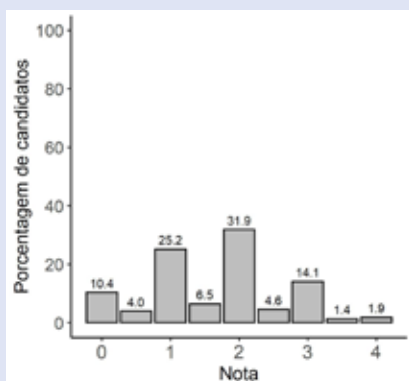
Em relação ao conhecimento biológico, o candidato foi avaliado quanto a: a) conhecer a definição da síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS); b) conhecer o ciclo reprodutivo do vírus da imunodeficiência humana (HIV) com destaque para a importância da enzima integrase no processo de integração do DNA viral ao DNA do cromossomo humano; e c) conhecer o sistema imunológico humano, associando os principais componentes envolvidos na produção de células precursoras dos linfócitos T e de sua maturação funcional.

Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou: a) argumentação lógica; e b) interpretação de dados fornecidos nos gráficos necessários para resolução do item **a**.

### Resposta Esperada

- A AIDS é a síndrome da imunodeficiência adquirida, uma doença causada pela infecção do vírus da imunodeficiência humana (HIV). O destaque estatístico feito pelo Ministério da Saúde se justifica, pois é possível observar no gráfico que, entre 2007 e 2017, os homens nas faixas etárias de 15 a 19 anos, de 20 a 24 anos e de 25 a 29 anos apresentaram aumento na taxa de detecção da AIDS. No entanto, nesse período de 2007 a 2017, a taxa média de detecção da AIDS no Brasil apresentou redução de aproximadamente 9,4%.
- As células precursoras dos linfócitos T são produzidas na medula óssea vermelha, por meio de diferenciação das células-tronco hematopoiéticas, que, ao migrarem para o timo, passam por maturação funcional, originando os linfócitos T. Os inibidores da enzima integrase são alvos farmacológicos no tratamento da AIDS, pois podem ser considerados como antirretrovirais. A enzima integrase é responsável por promover a integração do DNA viral ao DNA do cromossomo humano. Assim, ao inibir a enzima integrase, o ciclo reprodutivo do HIV será reduzido, pois o vírus não será integrado ao DNA da célula hospedeira.

## Desempenho dos Candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi de 1,67 e o desvio padrão de 0,96 (item **a** com média de 1,38 e desvio padrão de 0,68; item **b** com média de 0,29 e desvio padrão de 0,50).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: AIDS é o vírus; AIDS é o HIV; AIDS é uma doença autoimune adquirida; AIDS é a síndrome da deficiência autoimune; candidato não interpretou corretamente os gráficos; candidato justificou que o destaque estatístico estava incorreto; candidato comparou os dados dos homens e das mulheres; candidato não justificou a estatística e sim por que homens apresentam maior porcentagem de detecção da AIDS.

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: medula óssea, timo e linfócitos T compõem o sistema imune; a medula óssea está no timo; o timo está na medula óssea; a medula óssea produz o linfócito T, que fica armazenado no timo; a integrase é a transcriptase reserva; muitos candidatos não responderam o item **b**; muitos candidatos não explicaram por que os inibidores da integrase são alvos farmacológicos no tratamento da AIDS.

A questão foi considerada difícil pela Banca Elaboradora e pelo revisor de área (com destaque para maior dificuldade do item **b**). Dada a média de pontos da questão, ela foi considerada média, com índice de facilidade de 0,418 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi fácil para candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,60.

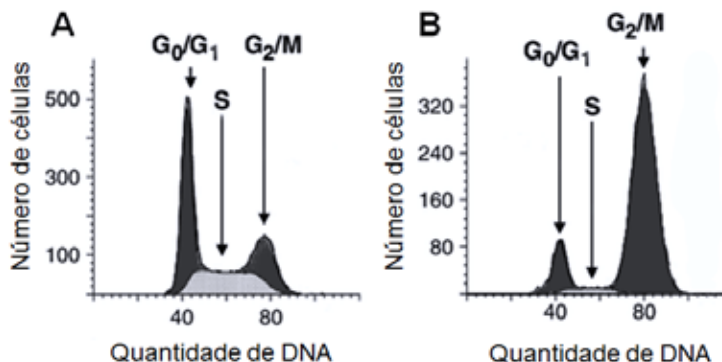
De modo importante, o índice de discriminação geral da questão foi de 0,449, considerado bom, e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior e com menor nota geral. Para o curso de Medicina, a capacidade discriminatória da questão foi marginal, com índice de 0,21.

Não tivemos provas com essa questão totalmente em branco.

## Questão 12

Células imortalizadas são capazes de proliferar em cultura. A imortalização ocorre quando mecanismos de morte celular são desativados, permitindo a manutenção das células. Por meio de técnicas específicas, é possível isolar uma ou mais células e deixá-las proliferarem em cultura, dando origem a outras células com características semelhantes. As células HeLa foram isoladas de um câncer uterino e são as primeiras células humanas a se estabelecerem como linhagem imortalizada.

- a) Utilizando células HeLa, um experimento avaliou os efeitos antitumorais do nocodazol, um agente que interfere na polimerização dos microtúbulos. Os gráficos abaixo apresentam a quantidade de DNA no grupo HeLa controle (painel A) e no grupo HeLa na presença de nocodazol (painel B). Explique por que no painel B há concentração de células estacionadas na fase G<sub>2</sub>/M.



(Fonte: A. S. Borowiec e outros, Are Orai1 and Orai3 channels more important than calcium influx for cell proliferation? *Biochimica et Biophysica Acta*, Amsterdam, v. 1843, n. 2, p. 464-472, fev. 2014.)

- b) As células do painel A são originárias de células somáticas. Considerando que sejam células germinativas, qual seria a quantidade de DNA no final da meiose? Justifique sua resposta.

## Objetivo da Questão

### Bases moleculares e celulares da vida:

- Estrutura celular em procariotos e eucariotos
- Células-tronco, ciclo celular e divisão celular mitótica e meiótica

### Hereditariedade:

- Hereditariedade e material genético: DNA e RNA

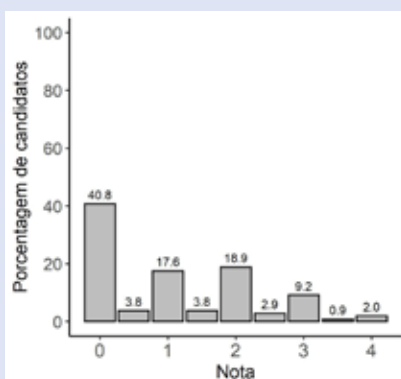
Em relação ao conhecimento biológico, o candidato foi avaliado quanto a: a) conhecer a importância dos microtúbulos na formação de fibras do fuso no processo de mitose; b) conhecer as fases do ciclo celular; e c) conhecer o ciclo celular de células somáticas em mitose e germinativas em meiose.

Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou a interpretação de dados e gráficos, necessários para a resolução dos itens **a** e **b**.

## Resposta Esperada

- O nocodazol é um agente que interfere na polimerização dos microtúbulos, fundamentais para a formação das fibras do fuso na divisão celular. Quando as células são tratadas com nocodazol, não há a separação das cromátides-irmãs na fase M, estacionando as células nesta fase do ciclo celular. Isso justifica o aumento do número de células com a quantidade de DNA duplicada na fase G2/M do painel B.
- Considerando que sejam células germinativas, a quantidade de DNA observada ao final na meiose será de 20. Como mostra o painel A, a quantidade inicial de DNA é de 40. Em células germinativas, após a fase S (síntese DNA), teremos a quantidade de DNA de 80. Durante a meiose, ocorrerá a separação dos cromossomos homólogos na meiose I (reducional), reduzindo a quantidade de DNA para 40; e ocorrerá a separação das cromátides-irmãs na meiose II (equacional), reduzindo a quantidade de DNA para 20.

## Desempenho dos Candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi de 1,09 e o desvio padrão de 1,13 (item **a** com média de 0,67 e desvio padrão de 0,71; item **b** com média de 0,41 e desvio padrão de 0,59).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: explicar a meiose; copiar o enunciado para explicar; considerar célula imortal; e afirmar que nocodazol estimula a meiose.

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: explicar a quantidade de cromossomos. Muitos candidatos deixaram esse item sem resposta.

A questão foi considerada difícil pela Banca Elaboradora e média pelo revisor de área. Dada a média de pontos da questão, ela foi considerada difícil, com índice de facilidade de 0,273 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi média para candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,51.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,556, considerado ótimo, pois sinaliza que ela apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior e com menor nota geral. Separadamente, para os cursos da área de Ciências Biológicas/Saúde e Medicina, a questão foi considerada boa, com índices de discriminação de 0,36 e 0,31, respectivamente.

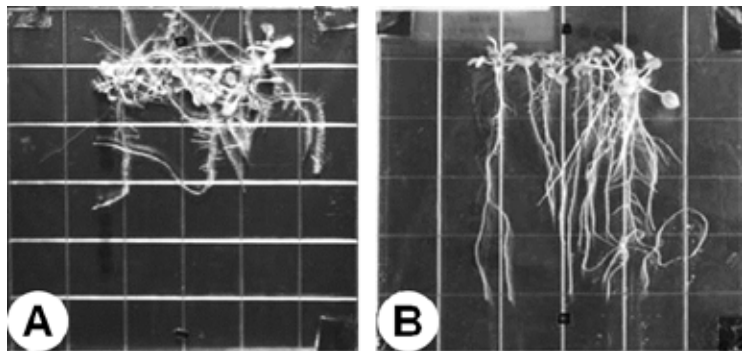
Pela dificuldade da questão, tivemos 9,33% de provas em branco, a maior porcentagem.

## 2ª FASE • 2º DIA • CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / SAÚDE

## Questão 13

Em 20 de julho de 1969, Neil Armstrong se tornou o primeiro homem a pisar na superfície lunar, após viajar a bordo da Apollo 11 com Edwin Aldrin e Michael Collins. O espaço é um desafio para a Biologia e vários experimentos na área vêm sendo realizados na Estação Espacial Internacional. Pesquisadores compararam o perfil de transcritos em plantas crescidas no espaço, o que permitiu avaliar como os organismos detectam a ausência de gravidade (ou a microgravidade) e desvendar os mecanismos fundamentais envolvidos na resposta das plantas ao voo espacial.

- a) No contexto apresentado, o que é um transcrito? Considerando o processo de síntese proteica para o entendimento do metabolismo celular, qual é a limitação da análise exclusiva do perfil de transcritos?
- b) As imagens (A) e (B) abaixo mostram plantas cultivadas em ambiente terrestre ou no espaço. Considerando seus conhecimentos sobre tropismo, identifique o ambiente em que cada planta cresceu e justifique a sua resposta.



(Fontes: R. J. Ferl e A. L. Paul, The effect of spaceflight on the gravity-sensing auxin gradient of roots: GFP reporter gene microscopy on orbit. *npj Microgravity*, New York, v. 2, p. 15023, jan. 2016; A. L. Paul e outros, Spaceflight transcriptomes: unique responses to a novel environment. *Astrobiology*, New Rochelle, v. 12, n. 1, p. 40-56, jan. 2012.)

## Objetivo da Questão

## Hereditariedade:

- Hereditariedade e material genético: DNA e RNA
- Código genético e síntese de proteínas

## Diversidade, estrutura e função biológica:

- Biologia das plantas e algas

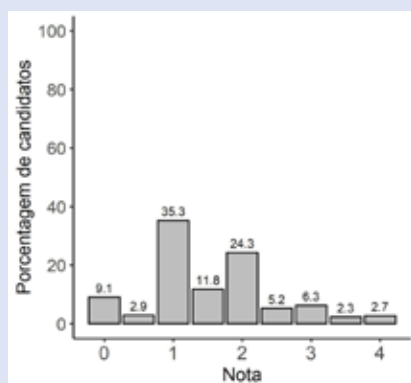
Em relação ao conhecimento biológico, o candidato foi avaliado quanto a: a) conhecer e entender o processo de transcrição e síntese de proteína; e b) conhecer os conceitos de tropismo tendo a gravidade como agente indutor de crescimento orientado.

Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou a: a) elaboração de hipótese para a definição do ambiente em que as plantas cresceram utilizando as imagens apresentadas; e b) interpretação de imagens, necessárias para a resolução do item **b**.

## Resposta Esperada

- a) No contexto apresentado, um transcrito é o RNA sintetizado a partir da transcrição de um segmento específico de DNA. A limitação em questão é que a avaliação do perfil de transcritos não significa a tradução e síntese de proteínas, sendo necessária a avaliação da expressão de proteínas para o entendimento do metabolismo celular.
- b) A planta da imagem A foi cultivada no espaço: na ausência de gravidade, as raízes não apresentam crescimento orientado, ou gravitropismo, que seria induzido pela maior concentração de auxinas nos ápices radiculares em um ambiente com gravidade. A planta da imagem B foi cultivada em ambiente terrestre, pois as raízes apresentam gravitropismo positivo e crescem no sentido da força de gravidade.

## Desempenho dos Candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi de 1,54 e o desvio padrão de 0,92 (item **a** com média de 0,24 e desvio padrão de 0,51; item **b** com média de 1,30 e desvio padrão de 0,61).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: definir transcrito como sendo a imagem em raio-X; definir transcrito como sendo a descrição detalhada do experimento; considerar transcritos hormônios das plantas; considerar transcrito a medida de idade da planta.

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: indicar que a gravidade puxa a raiz para baixo; relacionar errado as imagens e os ambientes; afirmar que as raízes são capazes de identificar os nutrientes na terra; explicar o fototropismo.

A questão foi considerada de dificuldade média pela Banca Elaboradora e pelo revisor de área. Dada a média de pontos da questão, ela foi considerada difícil, com índice de facilidade de 0,385 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi média para candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,53.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,386, considerado bom, pois sinaliza que ela apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior e com menor nota geral. Separadamente, para os cursos da Área de Ciências Biológicas/Saúde e Medicina, a questão foi considerada marginal, com índices de discriminação de 0,28 e 0,27, respectivamente.

Na questão, 2,33% das provas estavam em branco.

## Questão 14

Os estudos desenvolvidos pelo brasileiro Carlos Chagas (1879-1934) o levaram a descobrir o protozoário *Trypanosoma cruzi*, sendo o pesquisador responsável por descrever completamente uma doença infecciosa: o patógeno, o vetor, os hospedeiros, as manifestações clínicas e a epidemiologia. Ações realizadas no controle de vetores ajudaram o Brasil a receber a certificação internacional da interrupção de transmissão vetorial da Doença de Chagas.

- Comparando as formas prováveis de transmissão da Doença de Chagas atualmente no país, observa-se que 72% dos casos da doença ocorreram por transmissão oral, 9% por transmissão vetorial e 19% por forma de transmissão não identificada. Explique como pode ocorrer a transmissão do *Trypanosoma cruzi* por via oral e quais são as medidas profiláticas recomendadas para a redução dessa forma de transmissão.
- Em 2018, pesquisadores descobriram um composto capaz de impedir que o *Trypanosoma cruzi* saísse do intestino do inseto vetor. Além disso, o composto evitou a contaminação dos ovos da fêmea vetor com o *Trypanosoma cruzi* e reduziu a quantidade de ovos. Explique como essa descoberta pode reduzir o ciclo de transmissão da Doença de Chagas.

(Fonte: C. M. Ferreira e outros, Heme crystallization in a Chagas disease vector acts as a redox-protective mechanism to allow insect reproduction and parasite infection. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, San Francisco, v. 12, n. 7, p. e0006661, jul. 2018.)

## Objetivo da Questão

### Saúde humana:

- Doenças causadas por micro-organismos e vetores transmissores de doenças

### Diversidade, estrutura e função biológica:

- Biologia dos animais

Em relação ao conhecimento biológico, o candidato foi avaliado quanto a: a) conhecer o ciclo de transmissão oral e vetorial do *Trypanosoma cruzi* e as respectivas medidas profiláticas.

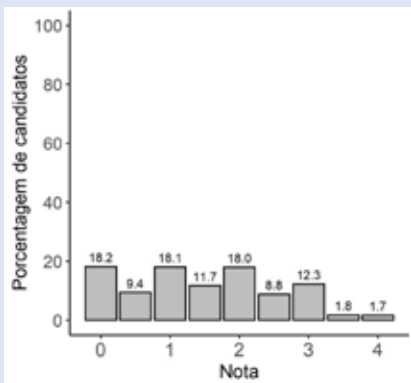
Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão avaliou a argumentação lógica, pois o aluno tinha que resgatar informações do texto para responder o item **b**.

## Resposta Esperada

- A transmissão do *Trypanosoma cruzi* por via oral ocorre pela ingestão de alimentos contaminados com parasitas. As medidas profiláticas para a redução dessa forma de transmissão envolvem a higiene, o cozimento e a pasteurização dos alimentos.
- Impedindo-se que o *Trypanosoma cruzi* saia do intestino do inseto vetor, o parasita ficará restrito ao tubo digestivo, e assim as fezes do inseto não estarão contaminadas pelo parasita. Logo, há redução do ciclo de transmissão da doença por via vetorial, pois não haverá penetração do *Trypanosoma cruzi* na pele da pessoa pela ferida causada pela picada do inseto. Reduzindo-se a contaminação dos ovos da fêmea vetor com *Trypanosoma cruzi* bem como a quantidade de ovos, também haverá a redução da transmissão vetorial da doença em razão do menor número de insetos contaminados pelo parasita.



## Desempenho dos Candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi de 1,48 e o desvio padrão de 1,07 (item **a** com média de 0,45 e desvio padrão de 0,55; item **b** com média de 1,03 e desvio padrão de 0,75).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: explicar a transmissão vetorial; citar medidas profiláticas da transmissão vetorial; explicar a transmissão do *Trypanosoma cruzi* por vírus; explicar a transmissão oral pelo consumo genérico de insetos e fezes; considerar transmissão pela saliva.

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: explicar a transmissão do *Trypanosoma cruzi* por vírus; citar que o vetor da doença era o mosquito *Aedes aegypti*.

A questão foi considerada fácil pela Banca Elaboradora e pelo revisor de área. Dada a média de pontos da questão, ela foi considerada difícil, com índice de facilidade de 0,371 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi média para candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,55.

De modo importante, o índice de discriminação geral da questão foi de 0,497, considerado bom, pois sinaliza que ela discriminou candidatos com maior e com menor nota geral.

Em apenas 0,67% das provas, essa questão estava em branco.

## Questão 15

O fóssil de um vertebrado quadrúpede, *Peregocetus pacificus*, foi descoberto na costa do Peru. O animal deve ter vivido há aproximadamente 42 milhões de anos. A descoberta fornece novas informações sobre como os ancestrais das baleias fizeram a transição da terra para o mar. Especialistas notaram que os pés com cascos e a forma das pernas permitiam suportar o peso do animal, que apresentava uma grande cauda, indicando um estilo de vida semiaquático.



(Fonte: O. Lambert e outros, An amphibious whale from the middle eocene of Peru reveals early South Pacific dispersal of quadrupedal cetaceans. *Current Biology*, Cambridge, v. 29, n. 8, p. 1352-1359, abr. 2019.) Para facilitar a visualização, as duas imagens não estão na mesma escala.

- O espécime descoberto preenche uma lacuna crucial no conhecimento sobre a forma como as baleias evoluíram e se espalharam pelos oceanos, pois até então não havia uma indicação clara sobre suas habilidades de caminhada e de natação. Defina evolução divergente. Considerando as imagens e as informações apresentadas, explique por que podemos considerar o caso como um exemplo de evolução divergente.
- As primeiras baleias totalmente aquáticas teriam surgido entre 41 e 35 milhões de anos atrás, preenchendo um nicho ecológico deixado vago quando os últimos répteis marinhos, juntamente com os dinossauros, foram extintos há 66 milhões de anos. Cite e explique duas características associadas às adaptações das baleias a um meio completamente aquático.



## 2ª FASE • 2º DIA • CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / SAÚDE

## Objetivo da Questão

## Origem e evolução:

- Origem e diversidade da vida

## Diversidade, estrutura e função biológica:

- Biologia dos animais

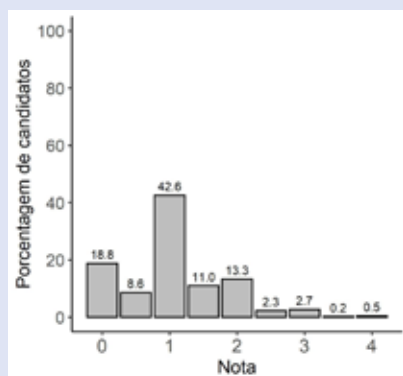
Em relação ao conhecimento biológico, o candidato foi avaliado quanto a: a) conhecer e definir o conceito de evolução divergente; e b) conhecer a diversidade de animais e elementos de zoologia quando a estrutura e função.

Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão exigiu o relacionamento de ideias e, principalmente, a elaboração de explicações com base em informações do texto e da imagem.

## Resposta Esperada

- a) Evolução divergente é o processo pelo qual características biológicas de origem evolutiva comum divergem ao longo da sua história evolutiva. O *Peregrinus falconer* e a *Balaenoptera musculus* possuem estruturas homólogas entre si, de mesma origem embrionária, como a pata dianteira e as nadadeiras. Essas estruturas derivaram dos ossos dos membros anteriores presentes no grupo ancestral comum, porém divergiram ao longo da sua história evolutiva.
- b) A baleia apresenta corpo fusiforme e membros anteriores em forma de nadadeiras, com importante função hidrodinâmica e para a natação; os membros posteriores regrediram e a cauda assumiu importante papel locomotor, proporcionando propulsão; o animal apresenta camada de gordura que reveste o corpo sob a pele, importante para o controle de temperatura (essa camada, considerada isolante térmico, também funciona como estrutura de reserva de energia e auxilia na flutuabilidade).

## Desempenho dos Candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi de 1,07 e o desvio padrão de 0,77 (item **a** com média de 0,13 e desvio padrão de 0,33; item **b** com média de 0,92 e desvio padrão de 0,60).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: definir como sendo evolução do meio terrestre para o aquático; definir a seleção natural; definir a especiação; definir como sendo a evolução contrária ao esperado; definir como sendo uma consequência do desuso.

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: associar a baleia com peixes; candidato citar a respiração branquial; citar a respiração pulmonar subaquática; citar as pernas como sendo as nadadeiras.

A questão foi considerada de dificuldade média pela Banca Elaboradora e fácil pelo revisor de área. Dada a média de pontos da questão, ela foi considerada difícil, com índice de facilidade de 0,267 entre os candidatos.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,298, considerado marginal, pois sinaliza que ela apresentou baixa capacidade de discriminar candidatos com maior e com menor nota geral.

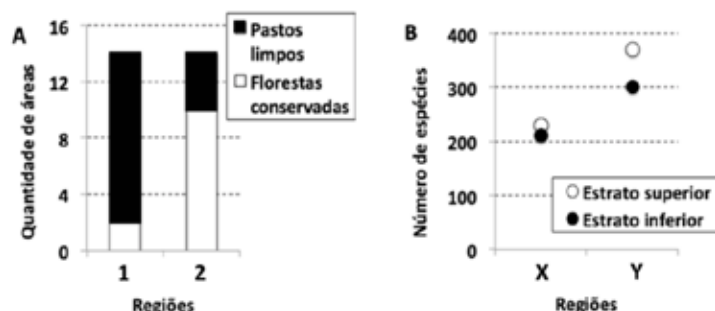
Em 3% das provas, essa questão estava em branco.

## 2ª FASE • 2º DIA • CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / SAÚDE

### Questão 16

Um estudo associou o nível de desmatamento com a biodiversidade de organismos em duas regiões próximas, com mesma extensão territorial e flora similar. As quantidades de áreas com florestas tropicais conservadas (florestas com estrutura vertical bem definida e sem sinais de perturbação ambiental) e com pastos limpos (pastos com baixa densidade de espécies lenhosas, com uma forrageira dominante) foram avaliadas e estão representadas no gráfico A. O gráfico B apresenta o número de espécies de plantas encontradas nos estratos inferior (espécies de baixo porte) e superior (espécies de alto porte) da vegetação em cada região.

- a) Considerando a cobertura vegetal e a biodiversidade, associe as regiões 1 e 2 mostradas no gráfico **A** com as regiões X e Y mostradas no gráfico **B**. Justifique sua resposta.



(Fonte: I. do Vale e outros, Riqueza de plantas em mosaicos rurais na região do "arco do desmatamento", Amazônia Oriental, Brasil. *Revista Espacios*, Caracas, v. 38, n. 36, p. 29-45, 2017.)

- b) Serviços ecossistêmicos são os benefícios da natureza para as pessoas, os quais são vitais para o bem-estar humano e para as atividades econômicas. Entre tais serviços, há os classificados como serviços ecossistêmicos de regulação do ambiente, tais como os que afetam o ciclo biogeoquímico. Cite e explique dois serviços ecossistêmicos de regulação afetados pelo desmatamento e por queimadas.

### Objetivo da Questão

#### O Ambiente e a Vida:

- Ecossistemas, populações e comunidades
- Problemas ambientais contemporâneos

#### Diversidade, estrutura e função biológicas:

- Biologia das plantas e algas

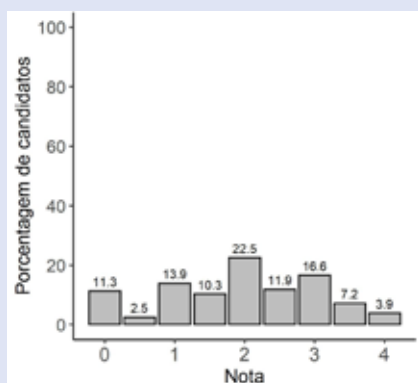
Em relação ao conhecimento biológico, o candidato foi avaliado quanto a: a) conhecer a importância da biodiversidade em florestas tropicais conservadas; b) conhecer a diversidade e a importância das plantas; e c) conhecer os principais serviços ecossistêmicos de regulação e sua importância para as populações e as comunidades.

Quanto às capacidades desejadas do candidato, a questão exigiu do candidato a capacidade de argumentação lógica em cima de dados fornecidos e a interpretação de dados em gráficos.

### Resposta Esperada

- a) A região 1 está associada à região X, pois apresenta uma maior quantidade de áreas de pastos limpos e menor biodiversidade, resultante do menor número de espécies vegetais. A região 2 está associada à região Y, pois apresenta uma maior quantidade de áreas de florestas conservadas e maior número de espécies nos estratos superior e inferior da vegetação.
- b) O desmatamento e as queimadas afetam a capacidade regulatória do clima, pois a transpiração das plantas torna as florestas importantes agentes reguladores da umidade do ar, o que influencia a distribuição de chuvas em grandes extensões territoriais e o conforto térmico de animais; afetam também a capacidade de controle da erosão do solo, pois a remoção da cobertura vegetal pelo desmatamento ou pelas queimadas torna os solos mais suscetíveis à erosão, e os rios, ao assoreamento.

## Desempenho dos Candidatos



Nessa questão, a média de pontos foi de 1,96 e o desvio padrão de 1,09 (item **a** com média de 1,40 e desvio padrão de 0,69; item **b** com média de 0,58 e desvio padrão de 0,62).

## Comentários Gerais

**Item a:** Erros comuns entre os candidatos: associar incorretamente as regiões; não interpretar os gráficos para explicar.

**Item b:** Erros comuns entre os candidatos: citar o ecoturismo como serviço ecossistêmico; citar o ciclo biogeoquímico como serviço ecossistêmico de regulação; citar os serviços ecossistêmicos de regulação.

A questão foi considerada de dificuldade média pela Banca Elaboradora e pelo revisor de área. Dada a média de pontos da questão, ela foi considerada média, com índice de facilidade de 0,489 entre os candidatos. Vale notar que a questão foi fácil para candidatos ao curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,65.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,485, considerado bom, pois sinaliza que ela discriminou candidatos com maior e com menor nota geral. Para o curso de Medicina, a capacidade discriminatória da questão foi marginal, com índice de 0,25.

Em 3,33% das provas, essa questão estava em branco.

## QUÍMICA

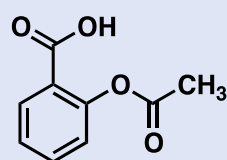
A prova de Química da segunda fase do Vestibular Unicamp 2020 trouxe temas atuais e relevantes para a sociedade. A Banca Elaboradora busca contextualizar os conteúdos do programa de Química dentro da temática CTSA (Ciência, Tecnologia, Saúde e Ambiente). Porém, de forma não intencional, pode-se verificar que das seis questões da prova, quatro abordaram temáticas ambientais. As duas primeiras questões abordaram temas relacionados à saúde. A questão 17 exigiu dos candidatos conhecimentos fundamentais de química, como acidez e basicidade, solubilidade e interações intermoleculares. Para tanto, foi escolhido um exemplo bastante empregado pelos professores de ensino médio: os comprimidos efervescentes. Obviamente que a questão tentou fugir da abordagem clássica sobre cinética química, o que pode explicar o desempenho abaixo do esperado. A questão 18 iniciou com um trecho citado por uma cientista, publicado no New York Times em 2019: *“Quatro anos atrás, com meu jaleco branco, saí da clínica pediátrica e dei uma entrevista coletiva. Levantando uma mamadeira cheia de água de Flint, Michigan, compartilhei minha pesquisa: o chumbo estava aumentando no sangue das crianças de Flint. Inicialmente, as autoridades tentaram me silenciar, mas persistência, ativismo, trabalho em equipe e ciência prevaleceram. Desde então, Flint segue um caminho lento, mas seguro em direção à recuperação.”* Esse trecho, além de expor um grave problema com a água encanada da cidade americana de Flint, é mais um exemplo da importância da ciência para a sociedade e faz pensar sobre os interesses econômicos que invariavelmente se sobrepõem ao bem estar da população. Essa questão exigiu conhecimentos de equilíbrio químico, solubilidade e reações de oxidação-redução. É interessante notar que a contaminação por chumbo poderia ter sido evitada se o conhecimento químico tivesse sido aplicado ao se considerar i) os efeitos da maior adição de cloreto de ferro, ii) o impacto da não adição de fosfato à água e iii) o fato de os encanamentos velhos das casas de Flint serem de chumbo, um metal extremamente prejudicial para a saúde humana. A questão 19 alertou sobre o impacto negativo do descarte de materiais no meio ambiente, apresentando o seu tempo de decomposição. Foi curioso notar que boa parte dos alunos da pesquisa a que se refere a questão mudam de opinião ao serem informados sobre o tempo de decomposição, ignorando seus conhecimentos prévios acerca da toxicidade inerente dos materiais. Mais surpreendente foi ver que muitos candidatos cometeram esse mesmo erro e chegaram inclusive a concluir que o vidro, material inerte e constituído basicamente de sílica, seria o grande vilão para o meio ambiente! Isso demonstra o quão facilmente as pessoas podem ser influenciadas por dados “sensacionalistas”, fazendo-as ignorar conhecimentos amplamente aceitos e consolidados. A questão 20 abordou o desempenho de lavagem de duas diferentes formulações de sabão líquido, trazendo também informações sobre o impacto da lavagem de um novo sabão multienzimático. A cada dia somos bombardeados com novos produtos e passamos a utilizá-los sem saber seus reais impactos no meio ambiente. Obviamente que o novo produto apresentado na questão apresenta vantagens, mas a avaliação deve levar em conta todo o seu ciclo de vida, desde a obtenção das matérias primas, o transporte e uso, até o destino final do produto, que nesse caso são rios e oceanos (considerando-se a ausência de reuso da água). A questão 21, de forma lúdica, transporta os candidatos para o passado e os faz pensar sobre alternativas que foram adotadas para solucionar dois grandes problemas: o aumento do preço do petróleo na produção de combustíveis e o uso de sacos de polietileno para armazenamento e descarte do lixo urbano. Em ambos os casos foi solicitado aos candidatos que apontassem vantagens e desvantagens na adoção dessas medidas. Assim, esperava-se do candidato um posicionamento crítico diante das alternativas, mas levando em conta os conhecimentos atuais sobre química e meio ambiente. Além de exercitar o pensamento crítico, a questão mostra que soluções momentâneas podem criar outros problemas se sua implementação

## 2ª FASE • 2º DIA • CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / SAÚDE

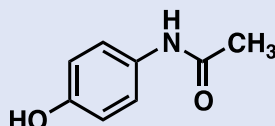
não levar em conta todas as consequências. É o caso do uso de plásticos para o lixo, que resolveu a questão do mal cheiro e da proliferação de ratos, mas é hoje um grande problema para o meio ambiente, pois o descarte incorreto faz com que as sacolas cheguem aos rios e oceanos. Por outro lado, há de se considerar que os plásticos revolucionaram a vida humana e trouxeram grandes avanços tecnológicos. Era essa reflexão que a Banca Elaboradora esperava que os candidatos fizessem e levassem para suas vidas. Finalmente, a questão 22 trouxe à tona o problema do vazamento de óleo ocorrido na costa brasileira, afetando diversos ecossistemas marinhos, além de prejudicar a pesca e o turismo na região. Houve muita especulação sobre a origem do óleo, e a ciência novamente foi acionada para ajudar nesse impasse. Porém, apesar de a questão indicar que vários processos podem ocorrer com a mancha de óleo, mudando seu tamanho, formato e composição, ela mostra que as consequências para o meio ambiente poderão ser sentidas por muitos anos. Tendo em vista o desempenho geral dos candidatos, pode-se considerar que foi uma prova de nível entre médio e difícil, apesar dos temas abordados – tais como acidez, solubilidade, interações intermoleculares, eletroquímica e equilíbrio químico – estarem presentes na maioria das provas de Química dos vestibulares recentes. A Banca Elaboradora acredita que a necessidade de leitura atenta, interpretação dos enunciados e avaliação de figuras, tabelas ou gráficos pode ter dificultado a resolução das questões. Essa hipótese pode ser confirmada pelo fato de em algumas questões o enunciado já trazer boa parte da resolução da questão, bastando ao candidato ir um pouco além do que foi apresentado e completar a resposta de forma mais elaborada levando em conta o conhecimento químico. Entender o que se lê, saber extrair informações coerentes de figuras, gráficos e tabelas e efetuar análises críticas são habilidades esperadas dos futuros graduandos da Unicamp.

## Questão 17

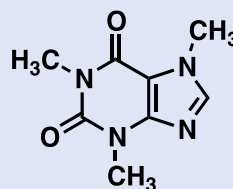
A bula de um analgésico e anti-inflamatório informa que na composição de cada comprimido há, além de hidrogenocarbonato de sódio (bicarbonato de sódio), três substâncias orgânicas, cujas estruturas químicas são apresentadas a seguir.



A



B



C

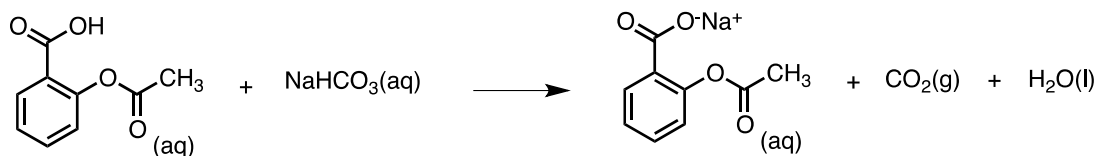
- a) Considerando a composição do comprimido, o que deve acontecer quando ele for colocado em água? Descreva o que será observado visualmente e apresente uma equação química que justifique o que você descreveu.
- b) Levando em conta a estrutura desses princípios ativos (compostos **A**, **B** e **C**), a solubilidade de qual deles sofrerá maior influência na presença do hidrogenocarbonato de sódio? Justifique sua resposta tendo em vista as possíveis modificações nas moléculas e nas interações intermoleculares soluto-solvente.

## Objetivo da Questão

Essa questão envolve conceitos fundamentais de teoria de ácidos e bases e de interações intermoleculares, e como essas interações se relacionam com a solubilidade dos compostos. No item **a**, era necessário identificar as funções orgânicas presentes nas estruturas químicas apresentadas, saber se bicarbonato de sódio se comporta como um ácido ou base, escrever uma reação química de neutralização com o bicarbonato de sódio e descrever o processo de liberação de gás carbônico. No item **b**, o processo de neutralização é analisado mais a fundo no sentido de se avaliar se as alterações moleculares ocorridas nos compostos orgânicos afetarão ou não a sua solubilidade. O revisor específico considerou essa questão complexa, pois exige um volume de informação diversificado, associando diferentes conceitos químicos, além da descrição de parte do processo a partir de uma reação química e dos efeitos que essa reação terá na dissolução dos produtos. A Banca Elaboradora esperava que a questão fosse mais acessível aos candidatos, pois comprimidos efervescentes são frequentemente abordados no ensino médio. Porém, isso ocorre num contexto diferente, geralmente quando se está ensinando sobre cinética. Nesse caso, os efeitos do tamanho do comprimido (área superficial) e da temperatura da água na velocidade de dissolução do comprimido são usados para exemplificar o que impacta a velocidade de uma reação química. Provavelmente, a abordagem do tema num contexto diferente pode ter dificultado a resolução da questão. Essa questão, apesar de ser relativamente clássica e técnica, evidencia a importância das diferentes apresentações farmacêuticas disponíveis para a população. Existem diversos medicamentos vendidos como comprimidos ou em pós efervescentes, porém poucos usuários se dão conta de que isso ocorre para que o medicamento tenha uma maior solubilidade ou seja ingerido em solução. Em ambos os casos, ele é absorvido mais rapidamente pelo organismo, diminuindo o tempo que o medicamento leva para fazer o efeito desejado.

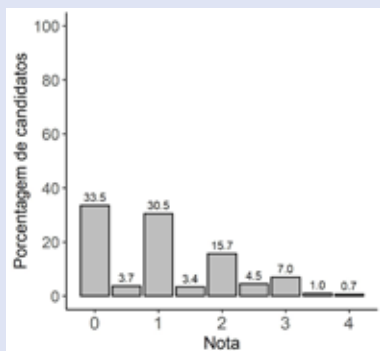
## Resposta Esperada

- a) Quando o comprimido é colocado em água, ocorre sua dissolução e observa-se efervescência. A reação de neutralização do ácido carboxílico (composto A) pelo hidrogenocarbonato de sódio produz gás carbônico e água, conforme a equação a seguir.



- b) A solubilidade do composto A. Na presença do hidrogenocarbonato de sódio, ocorre a neutralização do ácido carboxílico, o que leva à formação do íon carboxilato. A interação entre o íon carboxilato e o dipolo da água (interação íon-dipolo) aumenta a solubilidade.

### Desempenho dos Candidatos



A questão apresentou índice de facilidade de 0,27, sendo considerada de nível difícil. Analisando o desempenho, pode-se perceber que aproximadamente 68% dos candidatos teve uma pontuação menor ou igual a 1 ponto de um total de 4 pontos possíveis. O grande percentual de notas zero não está diretamente relacionado ao número de questões em branco (<10%).

### Comentários Gerais

As respostas mais comuns e corretas para o item **a** diziam que, ao se adicionar o comprimido em água, a mesma irá borbulhar/efervescer/liberar gases, em decorrência da formação de  $\text{CO}_2$  pela reação entre o bicarbonato de sódio e o próton liberado pelo composto A, segundo a reação:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ . Para o item **b**, a resposta típica afirmava que o ácido carboxílico do composto A vai reagir com os íons gerados pelo bicarbonato de sódio em água, segundo a reação  $\text{HA} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{A}^-\text{Na}^+ + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , formando um sal de ácido carboxílico ( $\text{A}^-\text{Na}^+$ ) que antes realizava interações do tipo ligações de hidrogênio e agora efetua interações do tipo íon-dipolo, que são mais fortes, aumentando assim a solubilidade desse sal em água. Para o item **a**, um erro muito recorrente ocorreu quando os candidatos indicaram que a liberação de  $\text{CO}_2$  ocorre pela decomposição espontânea do bicarbonato em água (ou pela hidrólise do bicarbonato), ignorando a presença de espécies ácidas na composição do comprimido. Com base nessa resposta, podemos acreditar que uma parte considerável dos candidatos acredita que é impossível se obter uma solução estável de bicarbonato de sódio em água e que, deste modo, a simples dissolução leva à liberação de  $\text{CO}_2$ . No item **a**, também foi bastante comum os candidatos qualificarem erroneamente o gás formado na reação, apontando que gás oxigênio ou hidrogênio eram formados nesse processo, ou até mesmo bolhas de ar que antes estava encapsulado no comprimido. O erro mais comum para o item **b** envolvia erro conceitual. Muitas respostas salientaram que, ao passo que o composto A se torna um sal pela reação com bicarbonato de sódio, este seria menos solúvel em água por apresentar interações mais fracas que o composto original, o qual apresentava ligações de hidrogênio com a água, o que está errado. Em muitos outros casos, afirmava-se que um sal insolúvel era formado. Outro erro comum nessa questão foi associar a formação de um sal de um ácido carboxílico à diminuição da solubilidade. Muitos candidatos racionalizavam que o ácido carboxílico podia fazer interações por ligação de hidrogênio com a água e essas interações seriam perdidas quando o sal fosse formado, diminuindo dessa maneira a solubilidade do sal. O conceito de interação íon-dipolo e as suas consequências na solubilidade raramente apareceram nas respostas dos candidatos. Apesar de ser uma questão de fácil resolução, a nota máxima 4 apareceu em poucas ocasiões. A nota mais comum foi 2. Um ponto no item **a** e 1 ponto no item **b**. A nota zero também foi bem mais frequente do que o esperado. A nota 3 apareceu com maior frequência do que a nota 4. Nesse caso específico, era comum os alunos conseguirem 2 pontos no item **a** e 1 ponto no item **b** pela indicação de que o composto A seria o mais afetado pela base. Conforme comentado anteriormente, o desempenho dos candidatos nessa questão foi bem abaixo do esperado se considerarmos que é um tema comumente explorado no ensino médio. O número de candidatos que tiraram nota zero nessa questão (cerca de 33%) também foi surpreendente, e foi consequência, principalmente do uso de conceitos equivocados para a elaboração da resposta.

## Questão 18

“Quatro anos atrás, com meu jaleco branco, saí da clínica pediátrica e dei uma entrevista coletiva. Levantando uma mamadeira cheia de água de Flint, Michigan, compartilhei minha pesquisa: o chumbo estava aumentando no sangue das crianças de Flint. Inicialmente, as autoridades tentaram me silenciar, mas persistência, ativismo, trabalho em equipe e ciência prevaleceram. Desde então, Flint segue um caminho lento, mas seguro, em direção à recuperação.”

O trecho acima, publicado no *New York Times* em 27/08/2019, expõe um grave problema com a água encanada da cidade americana de Flint. Em 2016, foram registrados níveis elevados de íons chumbo e ferro na água, como resultado de uma sequência de erros. Ao mudar a captação de água para um rio local, quantidades maiores de cloro e de cloreto de ferro foram adicionadas à água. Nessa mudança, também deixaram de adicionar à água tratada uma substância para evitar a deterioração da camada protetora no interior dos canos de chumbo. Essa camada protetora resulta da deposição anódica de fosfato de chumbo, um sal muito pouco solúvel em água, nos canos novos.

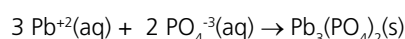
- Considerando as informações fornecidas e aspectos relativos ao equilíbrio químico, que substância poderia ter sido adicionada à água tratada para evitar a corrosão e a contaminação por chumbo: **íons fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ )**, **íons chumbo ( $\text{Pb}^{2+}$ )** ou **fosfato de chumbo**? Justifique sua resposta e exemplifique com uma equação química.
- Essencialmente, a água tratada continha **cloro molecular**, **íons cloreto**, **oxigênio dissolvido**, e apresentava **pH abaixo do recomendado**. Considerando apenas essas características da água tratada, o que poderia ter promovido a corrosão do encanamento de ferro? Escreva uma equação química adequada à sua resposta e a justifique do ponto de vista químico.

### Objetivo da Questão

Essa questão abordou equilíbrio de solubilidade e eletroquímica (reações de oxido-redução). Na letra **a**, o candidato deveria identificar, dentre as alternativas, qual substância deveria ser adicionada à água para evitar a corrosão dos canos de chumbo, considerando o equilíbrio químico. Para ajudar nessa escolha, foi informado que o fosfato de chumbo é um sal pouco solúvel em água e que, nos canos novos, há uma camada protetora desse sal. No item **b**, o candidato deveria apontar qual espécie presente na água teria sido responsável pela corrosão de canos de ferro. Esta escolha deveria ser acompanhada de uma equação química adequada. Embora não tenha sido exigido para a resolução da questão, o contexto é um alerta dos riscos para a saúde humana quando o tratamento da água não segue protocolos estabelecidos pelas agências competentes. A cidade de Flint passava por uma grave crise econômica e, para diminuir os custos com o tratamento da água, decidiu-se mudar a captação de água para o rio local. Porém, a água desse rio era mais suja e continha altos teores de matéria orgânica, o que exigiu o uso de maiores quantidades de cloro e cloreto de ferro para eliminar essa matéria orgânica. Sabe-se que esse tratamento, se feito de forma descontrolada, pode favorecer a formação de trihalometanos, espécies orgânicas halogenadas que são prejudiciais à saúde humana. Como se não bastasse, ao mudar a captação da água, se esqueceu de adicionar fosfato à água tratada, o que resultou na corrosão dos canos de chumbo que ficavam nas casas e na tubulação de ferro que fazia parte da rede de distribuição da água. Os primeiros sinais de contaminação por chumbo foram comprovados por médicos e pesquisadores da cidade. Porém, como aponta o artigo publicado no *New York Times*, as autoridades tentaram, em vão, silenciar e desacreditar os cientistas, evitando que esse problema chegasse até a opinião pública. Esse episódio evidencia mais uma vez a importância da ciência para a sociedade, principalmente num momento em que observamos no Brasil o crescimento do obscurantismo e o questionamento da ciência em detrimento de convicções políticas e/ou religiosas (criacionismo, movimentos anti-vacinas, negação das mudanças climáticas, terraplanismo, entre outros absurdos).

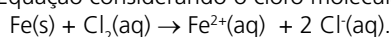
### Resposta Esperada

- Para evitar a corrosão, seria correto adicionar os íons fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) à água. Isso se justifica, pois esse íon é comum ao equilíbrio de formação do fosfato de chumbo, um sal pouco solúvel em água e que confere proteção contra a corrosão (dissolução), conforme a equação abaixo.

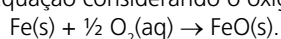


- A corrosão do encanamento de ferro corresponde à reação de oxidação do ferro metálico. Com a exceção dos íons cloreto (agente redutor), a corrosão poderia ter sido promovida pelas demais espécies presentes na água.

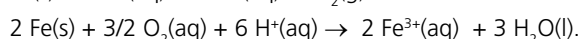
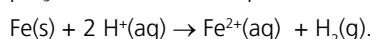
Equação considerando o cloro molecular:



Equação considerando o oxigênio dissolvido:



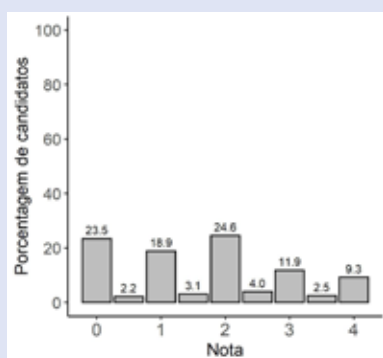
Equação considerando o pH abaixo do recomendado:



**Observação:** Para a resposta correta, bastava apontar um agente oxidante e sua equação correspondente.



## Desempenho dos Candidatos



A questão apresentou índice de facilidade de 0,41, sendo considerada de nível médio. Apesar de o revisor específico ter apontado em sua avaliação que esta seria uma questão difícil, o resultado atendeu às expectativas da Banca Elaboradora, que a classificou como uma questão de dificuldade média. O gráfico indica uma boa distribuição de notas, o que se refletiu num ótimo índice de discriminação para esta questão (0,57).

## Comentários Gerais

No item **a** foi perguntado qual substância, dentre íons fosfato, íons chumbo ou fosfato de chumbo, deveria ser adicionada à água para evitar a corrosão e resolver o problema da contaminação por chumbo, seguido da justificativa e uma equação química adequada. Considerando que se desejava evitar a contaminação por chumbo, a adição de íons chumbo não faria o menor sentido. No enunciado, foi mencionado que o fosfato de chumbo é um sal pouco solúvel em água e, assim, sua adição não teria nenhum efeito, uma vez que permaneceria insolúvel e seria removido em etapas do processo de purificação da água (filtração e decantação, por exemplo). Portanto, para se reduzir a dissolução de chumbo ( $Pb^{2+}$  dissolvido na água), a presença de íons fosfato auxilia no deslocamento do equilíbrio no sentido da formação do fosfato de chumbo. Logo, é desejável que íons fosfato sejam adicionados à água durante o seu tratamento. O fosfato de chumbo, conforme mencionado, possui baixa solubilidade e é o protetor do encanamento. Entre os candidatos que erraram esse item, alguns conseguiram entender que a chave para a resolução do problema seria deslocar o equilíbrio para a formação do fosfato de chumbo, mas muitos propuseram fazer isso através da adição de íons  $Pb^{2+}$ . Isso revelou que esses candidatos não souberam interpretar o enunciado: não se pode visar a reduzir a contaminação por chumbo na solução simplesmente adicionando mais chumbo! Alguns candidatos apontaram corretamente a adição de íons fosfato, mas ao propor a equação química, usaram elementos e íons errados, como cobre ( $Cu^{2+}$ ) ao invés de chumbo, ou íons sulfato ( $SO_4^{2-}$ ) ao invés de fosfato. Esses erros surpreenderam a Banca, pois a questão tratava de íons chumbo e fosfato, que deveriam ser do conhecimento de boa parte dos estudantes de nível médio. No item **b**, perguntou-se o que poderia ter causado a corrosão do encanamento do ferro, levando em consideração as características da água tratada, a qual continha cloro molecular, íons cloreto, oxigênio dissolvido e apresentava pH abaixo do recomendado (alta concentração de íons  $H^+$ ). A corrosão do encanamento de ferro corresponde à reação de oxidação do ferro metálico. Com a exceção dos íons cloreto (agente redutor), a corrosão poderia ter sido promovida pelas demais espécies presentes na água. Na sequência, o candidato deveria apresentar uma equação coerente com a opção escolhida. A maioria dos candidatos não conseguiu obter dois pontos nesse item porque errou a causa provável e, conseqüentemente, a equação apresentada (quando apresentada), pois não correspondia à oxidação do ferro por qualquer um dos possíveis agentes. Esse desempenho baixo é até certo ponto esperado, pois eletroquímica ou reações de oxido-redução estão entre os temas considerados mais difíceis pelos alunos tanto do ensino médio quanto da graduação. As respostas erradas deixaram a nítida impressão que há uma grande dificuldade dos candidatos em relação a fórmulas e equações químicas. Muitos candidatos claramente não sabiam diferenciar uma reação redox de uma reação de dissociação. Além disso, muitos atribuíram a decomposição do ferro à formação de ácido clorídrico, desconsiderando que o  $H^+$  é o responsável pela acidez e que o íon cloreto é meramente um íon expectador nesse caso. Essa questão indicou uma grande confusão de conceitos fundamentais em química por parte dos candidatos.

## Questão 19

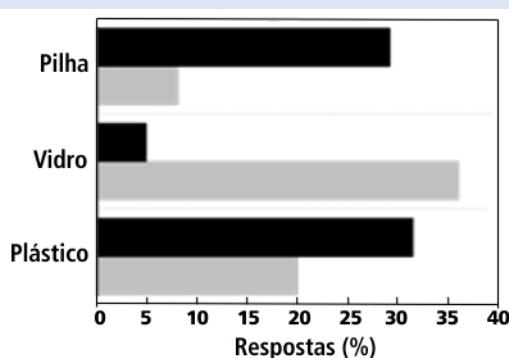
Frequentemente se alerta contra o impacto negativo do descarte de materiais no meio ambiente, apresentando-se uma Tabela de Tempo de Decomposição dos Materiais (TTDM). Nessa tabela, informa-se o tempo que materiais comuns permanecem no ambiente até sua total decomposição. Para verificar o impacto desse tipo de informação na visão de alunos do ensino médio, um estudo utilizou questionários em dois momentos diferentes. No primeiro questionário (**Q1**), os alunos deveriam assinalar os materiais que consideravam mais prejudiciais ao meio ambiente, conforme seu conhecimento prévio sobre o assunto. No segundo questionário (**Q2**), o mesmo pedido foi feito, porém, desta vez, os alunos eram informados sobre o tempo de decomposição dos materiais. O gráfico abaixo mostra parte do resultado da pesquisa, considerando apenas os três materiais mais citados.

## Questionário – Q1

PRESERVE O MEIO AMBIENTE	
MATERIAIS DESCARTADOS NO MEIO AMBIENTE	
Papel e Papelão	Tecidos
Madeira Pintada	Alumínio
Embalagem Longa Vida	Plástico
Metais Ferrosos	Borracha
Vidro	Isopor
Pilhas e Baterias	Nylon

## Questionário – Q2

PRESERVE O MEIO AMBIENTE	
TEMPO DE DECOMPOSIÇÃO DOS MATERIAIS DESCARTADOS NO MEIO AMBIENTE	
Papel e Papelão 3 – 6 meses	Tecidos 6 a 12 meses
Madeira Pintada 13 anos	Alumínio 40 anos
Embalagem Longa Vida 50 anos	Plástico 400 anos
Metais Ferrosos 100 anos	Borracha Indeterminado
Vidro 1 milhão de anos	Isopor 100 anos
Pilhas e Baterias 50 anos	Nylon 30 anos



- a) Considerando as características da pesquisa, preencha as lacunas no quadro do espaço de respostas levando em conta os resultados dos questionários **Q1** e **Q2** representados no gráfico. Justifique sua escolha para **Q1** e **Q2**, deixando claro seu raciocínio.
- b) Considerando pilhas e plásticos, comente, separadamente, as dificuldades técnicas em reutilizar, reaproveitar ou reciclar esses dois materiais.

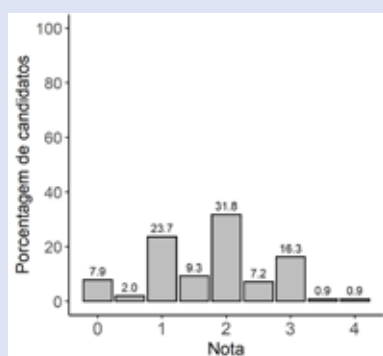
## Objetivo da Questão

Essa questão trata de um assunto presente no cotidiano: a reciclagem de materiais e o conhecimento de sua composição química e suas propriedades. A questão teve o objetivo de abordar dois pontos principais: o conhecimento sobre a composição química dos materiais de uso cotidiano e seu impacto ambiental e, a partir desse conhecimento, analisar as dificuldades em reutilizar, reaproveitar ou reciclar os materiais. Para medir esse conhecimento, a questão utilizou uma tabela de Tempo de Decomposição dos Materiais, informação amplamente difundida nas mídias sociais e em ambientes que difundem a preservação ambiental. A questão teve, também, o objetivo de chamar a atenção para o fato de que os tempos de decomposição, sem as demais informações químicas do material, podem induzir ao erro sobre o impacto ambiental dos materiais. Esse fato fica claro quando se analisam os resultados da pesquisa utilizada como base para compor a questão. Os alunos do ensino médio envolvidos na pesquisa, ao responderem o questionário Q1 (que não apresenta os tempos de decomposição), escolheram a barra preta, pois, com base em informações prévias, a pilha (por conter metais pesados) é o material mais prejudicial ao meio ambiente, seguido do plástico (material derivado de petróleo), por fim, o vidro (material inerte constituído basicamente de sílica e outros óxidos metálicos). Entretanto, quando os mesmos alunos foram confrontados com o questionário Q2 (que apresenta os tempos de decomposição), a ordem das respostas foi alterada, passando a indicar – erroneamente, como sendo o vidro o material mais prejudicial ao meio ambiente o a pilha o menos prejudicial.

## Resposta Esperada

- a) Barra cinza – questionário Q2 e barra preta – questionário Q1. O percentual de respostas para Q1 refletiu o conhecimento prévio e correto dos alunos participantes do estudo acerca da toxicidade dos materiais. Ao serem informados sobre o tempo de decomposição, os alunos mudaram suas escolhas, e de maneira equivocada, apontaram o vidro como o material mais prejudicial ao meio ambiente.
- b) As pilhas podem ser apenas recicladas, e a dificuldade técnica, neste caso, está relacionada com a separação de seus múltiplos componentes químicos, principalmente metais pesados. Os plásticos podem ser reutilizados, reaproveitados e reciclados, encontrando-se a maior dificuldade no último processo: a separação dos diferentes tipos de plásticos, que se não for feita de forma correta, pode alterar a composição e, consequentemente, as propriedades físico-químicas do produto, assim como o reprocessamento do polímero, o que também afeta suas propriedades.

## Desempenho dos Candidatos



Essa questão teve um índice de facilidade igual a 0,44, sendo, portanto, considerada de nível médio. Esse resultado está de acordo com o previsto pelas Bancas Elaboradora e de Revisão. Por se tratar de um assunto presente no cotidiano, sobre o qual todos têm algum tipo de informação, a questão apresentou um índice de respostas em branco bastante baixo, inferior a 1%, portanto, o percentual de notas zero não reflete o número de questões em branco.

## Comentários Gerais

A Banca Elaboradora esperava um percentual maior de acertos, principalmente no item **a**, onde a leitura atenta dos dados (e enunciado) e lógica permitiriam identificar quais as possíveis respostas a partir dos dados apresentados, mesmo em detrimento dos conhecimentos químicos da composição dos materiais. Uma quantidade significativa de candidatos foi influenciada pelos dados a responder que o vidro era o mais prejudicial para o ambiente (Q2), pois levava mais tempo para se decompor, sendo comum respostas com afirmações como: “o vidro é o pior para o meio ambiente” ou “os alunos puderam perceber como o vidro é prejudicial para o meio ambiente” ou “antes dos dados científicos os alunos estavam errados e com os dados eles acertaram”. Assim, o erro mais comum no item **a** foi associar o maior tempo de decomposição do material com o seu prejuízo ao meio ambiente, sem levar em consideração a composição dos materiais envolvidos. Outro erro comum observado foi a dificuldade na interpretação dos gráficos; muitos candidatos associaram a maior barra ao maior tempo de decomposição e indicaram como Q2 a barra cinza, justificando a proporcionalidade do tempo de decomposição com o tamanho das barras cinzas. Em relação ao item **b**, apontamos como principais dificuldades o fato de muitos candidatos fazerem uma comparação entre o plástico e a pilha (qual era mais fácil de reciclar), sendo que a questão solicitava para citar e explicar, separadamente, as dificuldades em reciclar o plástico e a pilha. Outro erro recorrente no item **b** foi interpretar a expressão “dificuldades técnicas” com dificuldades de logística para recolhimento desses materiais, tais como falta de pontos de coleta ou ausência de coleta seletiva. Muitos candidatos apontaram que a dificuldade relacionada com a reutilização de pilhas é o fato de elas serem tóxicas ou até mesmo radioativas! Um fato que surpreendeu a Banca foi o baixo índice de acerto integral da questão, de 0,9%. Por abordar um tema presente no cotidiano e em constante evidência nas mídias em virtude da sua importância ambiental, social e econômica, a Banca esperava que os candidatos tivessem uma visão mais ampla do processo de reciclagem e, dentro da Química, voltada para as propriedades químicas dos materiais. De forma geral, a falta de clareza das respostas e o fato de estarem demasiadamente sucintas comprometeram a nota de uma parcela dos candidatos.

## Questão 20

Uma pesquisa comparou o desempenho de lavagem (**Figura 1**) de duas diferentes formulações de sabão líquido em diferentes temperaturas. Esse estudo comparou um sabão convencional, que contém apenas protease, com outro em que 10% do surfactante foi substituído por 1% de uma mistura multienzimática de protease, lipase e amilase. A **Figura 2** resume a diferença entre os dois tipos de sabão quanto ao impacto ambiental por lavagem: a barra “Enzima” refere-se ao impacto na produção das enzimas; a barra “Surfactante” refere-se ao impacto decorrente do menor uso de surfactante convencional na formulação multienzimática para se obter o mesmo desempenho de lavagem; a barra “Temperatura” refere-se ao impacto relativo à temperatura de lavagem, ou seja, ao se efetuar a lavagem a 15 °C em vez de 30 °C.

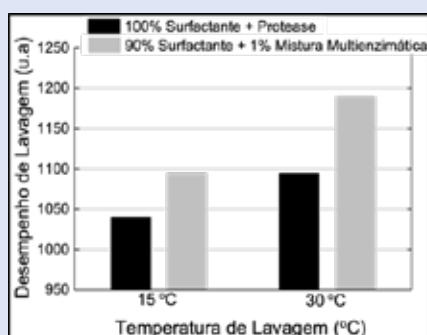


Figura 1

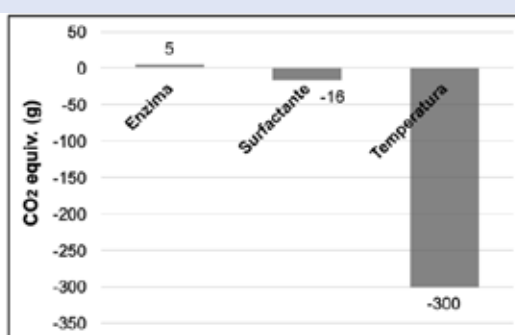


Figura 2

- a) Considerando-se as informações dadas, manchas de que grupos de substâncias poderiam ser mais facilmente removidas com o uso do sabão multienzimático em comparação com o sabão convencional? Cite os grupos e, para cada grupo, dê um exemplo de material que causa manchas.
- b) Do ponto de vista ambiental, qual seria a principal vantagem do uso do sabão multienzimático **em comparação com o sabão convencional**? Justifique sua resposta levando em conta os dados apresentados nas **Figuras 1 e 2**.

## Objetivo da Questão

Essa questão abordou temas relacionados a compostos orgânicos, termoquímica e aspectos relacionados a Química e Sociedade, como o impacto ao meio ambiente pelo uso de sabões. A questão exigiu do candidato leitura atenta do enunciado, interpretação de gráficos e correlação de dados apresentados nos mesmos para que ele pudesse inferir que a adoção de uma mistura multienzimática tornava esse sabão tão eficiente a 15 °C quanto o sabão convencional a 30 °C, eliminando a necessidade de aquecimento, o que por sua vez impacta positivamente o meio ambiente, pela redução da emissão de CO<sub>2</sub>. Entendimento de texto e capacidade de extrair informações coerentes de figuras, gráficos e tabelas são habilidades esperadas dos futuros graduandos da Unicamp. A questão também teve como objetivo mostrar aos candidatos que a adoção de alternativas mais tecnológicas pode diminuir os impactos negativos da atividade humana na Terra, principalmente a geração de CO<sub>2</sub>, gás responsável pelo efeito estufa.

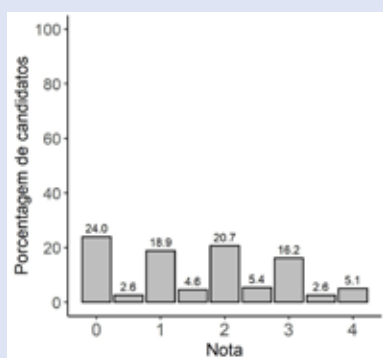
## Resposta Esperada

- a) Em comparação com o sabão convencional, que contém apenas protease, o sabão multienzimático contém lipase e amilase. Essas enzimas seriam capazes de remover, respectivamente, lipídios (óleos e gorduras) e amido (carboidratos). Exemplos de materiais que causam manchas de gordura: óleo de soja, manteiga, carne assada, etc. Exemplos de materiais que causam manchas de amido: doces, calda de chocolate, etc.

**Observação:** Para cada grupo, foi exigido apenas um exemplo de material que causa as manchas.

- b) A principal vantagem, no caso, seria efetuar a lavagem em temperatura mais baixa, sem a necessidade de aquecimento da água. Como mostra a Figura 1, o sabão multienzimático na temperatura de 15 °C apresenta a mesma eficiência do sabão convencional a 30 °C. De acordo com a Figura 2, quando não se aquece a água de lavagem, há uma considerável redução na geração de CO<sub>2</sub> equivalente (cerca de 300 g de CO<sub>2</sub> eq. por lavagem), gás responsável pelo aquecimento global.

## Desempenho dos Candidatos



Essa questão teve um índice de facilidade igual a 0,40, sendo, portanto, considerada uma questão de nível difícil. Esse resultado está de acordo com o previsto pelas Bancas Elaboradora e de Revisão e se refletiu no alto índice de notas zero (24%). Porém, observa-se no gráfico uma boa distribuição de notas, o que se refletiu num excelente índice de discriminação para esta questão (0,57).

## Comentários Gerais

No item **a** da questão, a maior dificuldade foi interpretar que o enunciado estava solicitando uma comparação entre o sabão convencional e o multienzimático quanto ao grupo de manchas que poderiam ser removidas. Uma vez que o enunciado informa que o sabão convencional contém protease, isso implica que o sabão multienzimático poderia auxiliar a remover substâncias do grupo dos lipídeos e amidos, haja vista, a protease ser uma enzima comum a ambos os sabões. Este item da questão teve um índice de acerto relativamente alto, demonstrando o conhecimento dessas classes de compostos orgânicos. O erro mais comum para o item **a** foi apontar que além de lipídios e amido, o sabão multienzimático seria capaz de remover também proteínas. O item **b**, onde se exigia a correlação de dados extraídos dos dois gráficos, os principais erros foram: 1) a não comparação dos dois sabões diretamente, apenas dizendo de forma genérica qual "agride menos o meio ambiente" ou que o sabão multienzimático "diminui a emissão de CO<sub>2</sub>"; 2) indicar que o sabão multienzimático é mais eficiente em qualquer temperatura, descaracterizando a importância da comparação de composições e da importância de poder utilizar o sabão multienzimático a 15 °C, com eficiência equivalente ao convencional a 30 °C (reduzindo as emissões); 3) na Figura 2, alguns candidatos destacaram a presença da enzima sendo um ponto negativo por gerar CO<sub>2</sub> (5 g CO<sub>2</sub> eq.), entretanto, não se atentaram que impacto negativo é totalmente compensado pela não necessidade de aquecer a água de lavagem a 30 °C. Alguns candidatos também apontaram que o uso de menor quantidade de surfactante no sabão multienzimático era a principal vantagem pela sua adoção. Apesar de ser claramente uma vantagem, a questão solicitava que se indicasse qual era a principal vantagem. A barra relativa à temperatura de lavagem deixava evidente que a não necessidade de aquecimento da água de lavagem seria o fator mais importante a ser considerado pelos candidatos. Esta questão não exigia conhecimento aprofundado de tópicos específicos, mas uma habilidade importante do candidato de interpretação de enunciado e gráficos e de correlação de dados. Essa habilidade pode justificar o percentual de notas zero para um percentual relativamente elevado de candidatos (24%).

## Questão 21

De volta Para o Futuro ou O Túnel do Tempo são obras de ficção em que personagens são transportadas para o passado. Imagine que você voltasse no tempo algumas décadas, no Brasil. Duas situações com que você se depararia estão resumidas nos **Textos 1** e **2** abaixo. É claro que ninguém iria acreditar que você veio do futuro, mas considerando o que você conhece hoje, que sugestões você daria aos administradores da época? Descreva cada uma delas no item correspondente.



- a) Para amenizar o problema gerado pelo aumento do preço do petróleo na produção de combustíveis (**Texto 1**), apresente uma alternativa tecnológica adequada. Aponte **uma vantagem** e **uma desvantagem** na adoção dessa tecnologia.
- b) O barulho produzido pelas latas nos horários das coletas de lixo tornou-se um dos alvos mais frequentes da seção “Queixas e Reclamações” do jornal *O Estado de São Paulo*, principalmente nas décadas de 1940 e 1950. Mas as populares latas de lixo já estavam com os dias contados em 1972, quando a Prefeitura de São Paulo fez uma experiência com sacos de polietileno, como mostra a notícia reproduzida no **Texto 2**. Aponte **uma vantagem** e **uma desvantagem** na adoção dessa medida.

## Objetivo da Questão

Essa questão trata de aspectos relativos ao uso do petróleo e de seus derivados. Nela, são explorados aspectos positivos e negativos na utilização desse insumo. A questão se contextualiza em épocas passadas, sobretudo nos anos 1970. A ideia da questão é a de resgatar alguns aspectos históricos do uso do petróleo, aspectos esses que perduram nos dias atuais. Podem ser aspectos que evidenciem que uma boa perspectiva de uso de um dado produto ou insumo pode parecer uma solução ideal de problemas, ou a mais indicada num momento, mas que está sujeita a trazer problemas adicionais no futuro, sendo que, muitas vezes, esses problemas sequer são imagináveis. Assim, o item **a** da questão, por exemplo, mostra de que forma ocorreu o grande impacto no preço do petróleo na década de 1970, quando a OPEP reduziu a sua produção, e o seu preço aumentou muito, provocando uma crise mundial. É importante ressaltar que o vai e vem do preço do petróleo continua nos dias atuais e, para não ficarmos distantes, basta ver a “briga” que se estabeleceu recentemente (março de 2020) entre a OPEP e a Rússia. De certa forma, a questão tenta restaurar o caminho que o Brasil adotou para tentar superar a crise do preço do petróleo na década de 1970, com a adoção do programa Proálcool, é hoje uma realidade e exemplo mundial de combustíveis alternativos. Em outra direção, o item **b** da questão pede que se faça uma reflexão sobre o uso de embalagens plásticas que tanto modificou os hábitos da população a partir dos anos 1970. É claro que as gerações mais novas não viveram essas alterações de comportamento da sociedade, mas estão vivenciando alguns dos problemas gerados por elas. O item **b**, nesse sentido, pede uma reflexão para os benefícios e malefícios que determinada modificação de comportamento pode originar. O que se exige na questão é bem básico e fundamental. A questão pode ser considerada bem geral, e se insere perfeitamente no contexto de CTSA, questionando alguns aspectos relativos do uso do petróleo. Essa questão poderia ser interdisciplinar a muitas áreas de conhecimento de Ciências da Natureza, História e Geografia e, havendo possibilidade, da Economia.

## Resposta Esperada

- a) Uma alternativa seria o uso de biocombustíveis (etanol ou biodiesel). A vantagem seria o uso de uma fonte renovável para a obtenção de combustível. A desvantagem estaria relacionada com o uso de extensas áreas de terra para o cultivo de cana-de-açúcar e soja empregadas na produção de biocombustíveis.

**Observação:** Para a resposta correta, bastava apontar uma vantagem e uma desvantagem na adoção da tecnologia, entre as possibilidades abaixo:



## 2ª FASE • 2º DIA • CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / SAÚDE

**Vantagens:** uso de uma fonte renovável; obtenção a partir de biomassa; menor emissão de poluentes em comparação com derivados do petróleo, ciclo fechado de carbono.

**Desvantagens:** uso de extensas áreas de terra para o cultivo de cana-de-açúcar e soja; desmatamento para aumento da área de cultivo; competição com a produção de alimentos; menor eficiência energética do etanol em relação à gasolina.

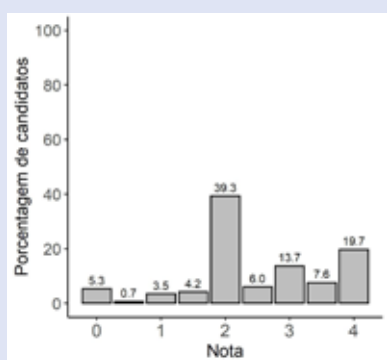
- b) A adoção de sacos de polietileno para a coleta de lixo eliminaria os problemas relacionados ao barulho próximo às residências e diminuiria a presença de moscas e ratos. No entanto, um novo problema seria gerado num futuro breve, uma vez que o descarte inapropriado de sacos de polietileno levará à formação de um “lixo” não degradável, com impactos negativos ao meio ambiente.

**Observação:** Para a resposta correta, bastava apontar uma vantagem e uma desvantagem na adoção da tecnologia, entre as possibilidades abaixo:

**Vantagens:** baixo custo do plástico; evita mau cheiro, barulho e contaminação; evita a presença de ratos e insetos; facilita a coleta do lixo; evita a transmissão de doenças.

**Desvantagens:** geração do lixo adicional, que é o próprio saco plástico; obtido de fonte não renovável (derivado do petróleo); tempo de decomposição elevado; não é biodegradável.

### Desempenho dos Candidatos



Essa questão teve um índice de facilidade igual a 0,63, sendo, portanto, considerada de nível fácil. Esse resultado está de acordo com o previsto pela Banca Elaboradora e se refletiu no baixo índice de notas zero (5%). A média da questão foi alta, sendo que aproximadamente 20% dos candidatos tiveram a pontuação máxima. Porém, ela apresentou um índice de discriminação apenas satisfatório (0,37).

### Comentários Gerais

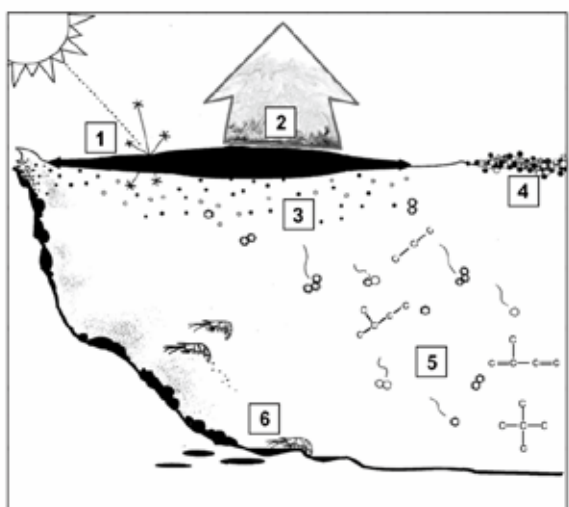
Do que trata a questão 21 da prova de Química? Trata de alguns aspectos relativos ao uso do petróleo, algumas vantagens desse uso e também do surgimento de alguns problemas em decorrência dele. É interessante observar que o formato do texto da questão conduz a uma reflexão sobre certas decisões que tomamos em relação a modificações de hábitos e ações. O texto também faz um resgate de duas obras da literatura. Em “O túnel do tempo”, uma série televisiva dos anos 1960 e 1970, as personagens, a cada episódio, retornavam em uma época da história em que havia um acontecimento relevante. Trata-se de uma obra de ficção em que é possível voltar no tempo. Algo parecido ocorre em “De volta para o futuro”, uma trilogia de filmes mais recente e que fez muito sucesso na década de 1980. A construção do texto tenta remeter o candidato para um passado próximo, não vivenciado por ele, de modo que esse indivíduo leve algumas soluções para alguns problemas desse período que não vivenciou. O texto, no entanto, tenta “camuflar” que o que se questiona é real e exige um conhecimento real, já que postula que o candidato se imagine no passado. Também é interessante reparar que o texto informa que, ao chegar ao passado, o respondente irá se deparar com uma situação sempre presente nesse tipo de ficção: ninguém acredita que a pessoa tenha vindo do futuro e, portanto, não adianta tentar convencer os interlocutores sobre essa “realidade”. A questão, em si, chama a atenção para uma reflexão sobre o uso do petróleo e de seus derivados (em relação à dependência econômica dos usuários) e o aspecto ambiental relativo ao acúmulo de plásticos no ambiente. O item **a** da questão 21 exige que a resposta se baseie na apresentação de uma solução tecnológica compatível com a época de 1970. Assim, necessariamente, a alternativa tecnológica não pode ser algo muito novo, como baterias solares, celas de combustível, adoção de carros elétricos, alternativas muito mais recentes. Na realidade, a melhor alternativa é o uso de biocombustíveis como o etanol. O ponto central do item **a** é resgatar a criação do programa Proálcool que o Brasil instituiu na década de 1970. Realmente foi um programa central para amenizar a dependência do Brasil em relação ao petróleo, principalmente a dependência da gasolina. O erro mais comum cometido pelos candidatos foi fazer associação a fontes renováveis não pertinentes à época, como energia eólica, energia solar, ondas e marés entre outras (nuclear, hidrogênio, pré-sal), a maioria delas com usos potenciais, mas não adequadas para o período em questão. É claro que uma escolha inapropriada de fonte alternativa também leva a exemplificações equivocadas sobre vantagens e desvantagens da alternativa tecnológica. É bem provável que o trecho “do petróleo na produção de combustíveis”, ao invés de ajudar a responder, tenha atrapalhado a escolha da tecnologia. Ressalta-se também que pode ter havido muitos problemas de leitura e interpretação da questão no que diz respeito ao termo “adequada”, que aparece ao final do texto do item **a**. Essa palavra deve ser interpretada num sentido mais amplo, como sendo algo factível à época e que amenizaria o problema da alta no preço do petróleo. Muitos candidatos interpretaram a palavra “adequada” simplesmente como sendo algo que diminuiria o problema, mesmo que a alternativa fosse impossível naquele momento. Isso descaracteriza a questão da volta ao passado e se torna um problema atual.

## 2ª FASE • 2º DIA • CIÊNCIAS BIOLÓGICAS / SAÚDE

Realmente, ainda é um problema atual, no entanto já há muitas outras tecnologias disponíveis. Os candidatos que optaram pela tecnologia do bioetanol acertaram o item por completo, uma vez que as vantagens e as desvantagens dessa tecnologia são largamente discutidas atualmente. O item **b** da questão trata do uso das embalagens plásticas para colocação de lixo doméstico. Essa solução tecnológica, que começou a ser aplicada na década de 1970 aqui no Brasil, continua presente até hoje. No entanto, como se sabe, esse uso tem trazido muitos problemas ambientais. Esses problemas não eram vislumbrados naquele momento e foi preciso muito tempo para eles começarem a aparecer e preocupar a sociedade. É claro que a adoção dessas embalagens resolveu os problemas daquele momento, que diziam respeito ao uso de latas e caixotes que tinham que ser esvaziados em caminhões e devolvidos ao local onde se encontravam originalmente. Há que se acrescentar – e isso é importante discutir em sala de aula – que a circulação de mercadorias era bem diferente da atual. Havia pouquíssimos produtos embalados, geralmente se usavam refis para líquidos, sacos de papel ou pano para sólidos como arroz, açúcar, sal etc, o que levava a uma geração baixa de lixo. Além disso, em relação à alimentação, o que sobrava de perecíveis geralmente ficava em recipientes diferentes e era recolhido e aproveitado na criação de animais como porcos e galinhas. Os candidatos tiveram menos problemas em responder corretamente esse item, já que as principais vantagens se encontram descritas no texto e as principais desvantagens, que são o problema que ocorre com lixões e aterros, além da poluição em rios e sistemas de escoamento de água pluviais, estão bem presentes no dia a dia. O principal erro dos candidatos na exemplificação da desvantagem foi descrever de forma genérica a produção de plásticos, sem apontar o impacto negativo ao meio ambiente ou o fato de ele ser um derivado do petróleo. Outro erro comum foi sugerir um material alternativo para o polietileno, quando, na verdade, apenas no item **a** isso foi solicitado. Aqui, bastava apontar uma vantagem e uma desvantagem no uso das sacolas plásticas na destinação do lixo doméstico.

### Questão 22

Em agosto de 2019, manchas de óleo atingiram mais de 130 localidades de 63 municípios em nove Estados do Nordeste brasileiro, afetando diversos ecossistemas marinhos, além de prejudicar a pesca e o turismo na região. O que se via, na ocasião, eram manchas de um material negro amarronzado, muito viscoso, parecido com piche. No ambiente marinho, o petróleo, uma mistura complexa de compostos orgânicos, sofre modificações iniciais em razão de dois processos que o tornam mais viscoso e denso. Quase ao mesmo tempo, a mancha se espalha e parte dela se dispersa, aumentando a viscosidade e a densidade do material. Com o passar do tempo, as manchas de petróleo sofrem um processo de emulsificação, incorporando água, aumentando de volume e mudando de cor (de negro a marrom), para, em seguida, sofrer fotoxidação e biodegradação, sendo este último processo efetuado por organismos marinhos. As drásticas consequências para o meio ambiente, no entanto, vão muito além do que se observou acentuadamente nesse período de 2019.



a) Alguns processos naturais de interação entre uma mancha de petróleo e o ambiente marinho estão resumidos na figura ao lado. Complete a tabela no espaço de respostas com os nomes dos respectivos processos numerados na figura.

b) Dois dos processos que levam à diminuição do tamanho da mancha de óleo ocorrem mais intensamente logo no início do derramamento. Eles também são mais intensos para petróleos mais leves e para derramamentos em águas tropicais. Abaixo, nomeie os dois processos que, no início do derramamento, levam à significativa diminuição do tamanho da mancha de óleo. Em seguida, escolha uma das situações apontadas e justifique, do ponto de vista das interações intermoleculares, por que tais processos ocorrem mais intensamente na situação escolhida.

(a) Processos	
1.	4.
2.	5.
3.	6.

(b) Processo 1:	Processo 2:
<b>Situações:</b> <input type="checkbox"/> Mais intensos para petróleos mais leves. <input type="checkbox"/> Mais intensos para derramamentos em águas tropicais.	
<b>JUSTIFICATIVA</b> <div style="border: 1px solid black; height: 100px; width: 100%;"></div>	



## Objetivo da Questão

Essa questão trata de aspectos relativos ao derramamento de petróleo na costa brasileira em agosto de 2019. Nela, se exploram aspectos relativos à forma como ocorre a interação entre o petróleo e o ambiente marinho. A questão se contextualiza num desastre bem recente, que está longe de ser o único ou o último, sendo apenas o mais recente. O objetivo da questão é investigar o conhecimento a respeito de algumas formas como o petróleo interage com o ambiente marinho em função do tempo e também de que forma a constituição do petróleo e as variáveis ambientais contribuem para a interação desse petróleo com o ambiente. O desastre focado na questão ainda será bem atual, já que os problemas associados a ele não desaparecerão por muito tempo. Há que se ressaltar que muito foi investigado pelas autoridades brasileiras, mas até hoje não se determinou qual navio verdadeiramente esteve envolvido no derramamento, o que não deixa de ser “um desastre”. O item **a** da questão objetiva o entendimento de como a mancha de petróleo se dissipa no ambiente marinho. É importante verificar que este item solicita a nomeação de seis processos, sendo que o próprio texto fornece o nome de quatro desses processos, restando apenas dois para que se chegue à resposta esperada. O item **b**, por sua vez, informa que os dois processos iniciais que levam à diminuição da mancha de petróleo são mais intensos quando o petróleo é do tipo leve e também quando o derramamento ocorre em águas tropicais (mais quentes). O objetivo desse item é verificar o conhecimento sobre os tipos de interações que ocorrem entre as moléculas das diferentes substâncias presentes no petróleo, bem como as interações intermoleculares entre essas substâncias e a água do mar. Objetivamente, interações intermoleculares mais fracas com o petróleo e mais fortes com a água facilitam a diminuição do tamanho da mancha. A questão pode se relacionar a um conhecimento bem específico, mas se insere perfeitamente no contexto de questões ambientais. Ela poderia ser interdisciplinar a muitas áreas de conhecimento, como Ciências da Natureza, Geografia e Economia.

## Resposta Esperada

a)

Processos	
1. fotoxidação	4. emulsificação
2. evaporação	5. dissolução (dispersão)
3. dispersão (dissolução)	6. biodegradação (sedimentação)

**Observação:** A resolução do item **a** exigia a correta identificação dos processos envolvidos no fenômeno, a partir da leitura do enunciado da questão e de sua representação na figura. A figura possibilita o reconhecimento de diferentes processos em referência a um mesmo número na representação. Desse modo, mais de um processo (indicado entre parênteses na tabela acima) foi aceito como resposta correta.

b)

Processo 1. evaporação

Processo 2. dissolução

### Situações:

( x ) Mais intensos para petróleos mais leves.

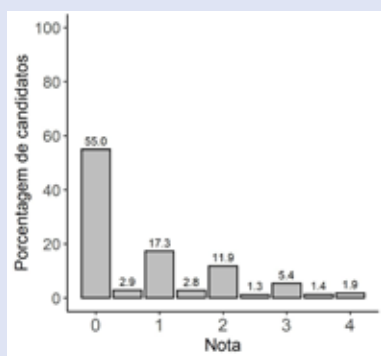
Justificativa: Petróleos mais leves contêm substâncias de menor massa molar em maior quantidade. Substâncias de menor massa molar apresentam menos interações intermoleculares, facilitando sua volatilização e solubilização.

OU

( x ) Mais intensos para derramamentos em águas tropicais.

Justificativa: Em águas tropicais, a temperatura mais alta diminui a interação intermolecular entre as espécies (água-água, água-hidrocarbonetos e hidrocarbonetos-hidrocarbonetos), levando ao aumento da evaporação e à solubilização dos hidrocarbonetos na água do mar.

## Desempenho dos Candidatos



Essa questão teve um índice de facilidade igual a 0,20, sendo, portanto, considerada de nível muito difícil. Embora o item **a** mencione boa parte dos processos, o número de notas zero foi muito elevado e não é decorrente de provas em branco (<10%), resultado que surpreendeu a Banca Elaboradora. Essa questão apresentou um índice de discriminação satisfatório (0,36).

## Comentários Gerais

A questão 22 da prova de Química se contextualiza no gravíssimo desastre de derramamento de petróleo na costa do Nordeste do Brasil em meados de agosto de 2019. Até abril de 2020, no entanto, os responsáveis pelo desastre não tinham sido encontrados, e também não houve mais notícias sobre o desastre ou sobre as investigações. O contexto da questão é atualíssimo e de suma importância para ser discutido na sociedade e, principalmente, no ambiente escolar. Do ponto de vista químico, há muitos aspectos a serem explorados, mas a Banca Elaboradora resolveu questionar a influência das interações intermoleculares presentes no sistema petróleo/água do mar na mitigação das manchas de petróleo. Esse tipo de desastre (crime?) é extremamente frequente e costuma adquirir proporções gigantescas. O item **a** da questão exige que se nomeiem diversos processos físicos/químicos/biológicos presentes na interação do petróleo com o ambiente marinho, que levam ao desaparecimento das manchas de petróleo. É interessante notar que o próprio texto da questão já fornece o nome de quatro processos envolvidos, sendo que o item deseja que se nomeiem 6 processos. Assim, termos como dispersão, emulsificação, fotoxidação e biodegradação estão claramente apresentados no texto inicial, sendo os processos de evaporação e dissolução os únicos não descritos. Assim, o que se espera é uma leitura atenta do texto e algumas informações básicas sobre processos físico-químicos. A dificuldade maior no item é entender a arte gráfica utilizada no texto, especialmente a diferenciação entre dispersão e dissolução. O principal erro dos candidatos foi trocar os nomes dos processos; vários erraram por não terem feito uma leitura atenta do texto. Esses candidatos acabaram por nomear processos que não são apresentados no texto, imaginando que teriam que se lembrar de nomes, o que, muitas vezes, era difícil. Foi estranho observar muitos candidatos utilizando termos como: fotossíntese, insolação, ebulição, decantação, aglomeração e aglutinação. O item **b** da questão exige conhecimentos de interações intermoleculares e da forma como a intensidade dessas interações contribui para a evaporação do petróleo ou a sua dissolução em água. Assim, um petróleo mais leve apresenta interações intermoleculares mais fracas e isso permite que o petróleo evapore mais facilmente. Por outro lado, se essas interações são mais fracas entre as moléculas dos componentes do petróleo, isso significa que parte do petróleo pode se dissolver em maior intensidade em água. Outro fator que contribui para uma maior volatilização do petróleo é a temperatura; assim, em águas tropicais, a mancha tende a diminuir mais rapidamente devido à volatilização mais intensa. A solubilidade do petróleo em água também aumenta com o aumento da temperatura, isto como um reflexo de mudanças nas energias das interações intermoleculares. Esses são os pontos centrais para responder ao item **b**, lembrando que a formatação desse item permite que se escolha responder para uma situação de petróleo mais leve ou para uma situação de derramamento de petróleo em águas de temperaturas mais elevadas. É interessante notar que no caso do desastre em foco na questão, o derramamento foi de petróleo pesado e em águas tropicais. Os erros mais comuns cometidos pelos candidatos nas justificativas para a situação “mais intensos para petróleos leves” foram não relacionar petróleo leve com menor massa molar, menor cadeia carbônica ou interações intermoleculares mais fracas. Já para a situação “mais intensos para derramamentos em águas tropicais” houve a associação direta de temperatura mais alta com evaporação de substâncias com baixo ponto de ebulição (ou mais voláteis), porém não houve muita correlação entre o aumento da solubilização com a diminuição das forças de interação. A média na questão foi de 0,48 em 4 pontos possíveis, sendo considerada uma questão muito difícil.