

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

BIOLOGIA

A Banca Elaboradora formulou seis questões de Biologia para a prova da Área de Ciências Biológicas/Saúde, contemplando uma variedade de temas do programa do vestibular 2021, com cuidado especial para não retomar temas abordados nas duas provas da 1ª Fase do mesmo vestibular, na prova de Vagas Remanescentes, ou nas provas das duas últimas edições do vestibular UNICAMP, UNESP, USP e ENEM. Houve também preocupação em elaborar questões com nível de dificuldade variável, incluindo questões fáceis, de média dificuldade e difíceis. As questões exigiram do candidato conhecimento do conteúdo programático do Ensino Médio relativo à Biologia, bem como integração entre Biologia e outras áreas do conhecimento. Temas atuais tiveram destaque na prova.

As questões foram elaboradas de forma a selecionar candidatos com as características desejadas no aluno ingressante da UNICAMP, a saber, conhecimento de assuntos atuais e temas importantes para a ciência e para a sociedade, capacidade de interpretação e análise de dados, de gráficos e de tabelas, e capacidade de raciocínio lógico e de argumentação associados ao conhecimento específico da Biologia.

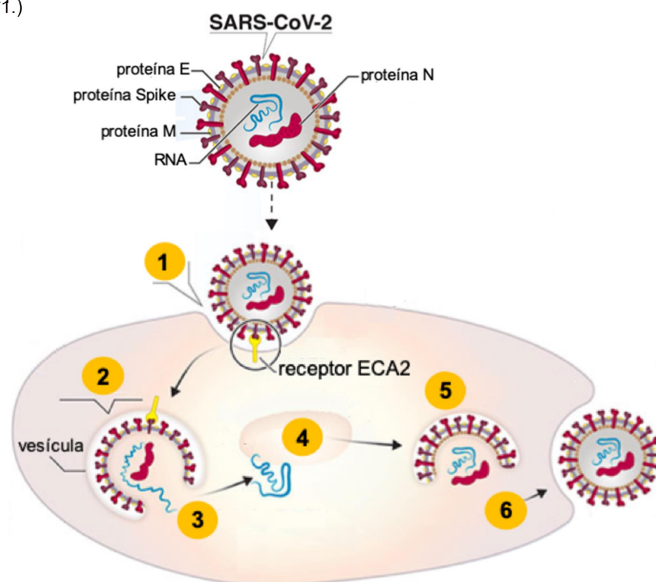
Todos os corretores apontaram dificuldade no entendimento da caligrafia e erros de língua portuguesa nas respostas dos candidatos.

Questão 11

Em 11 de março de 2020 a Organização Mundial de Saúde declarou a pandemia da Covid-19, uma doença causada pela infecção pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2). No mundo, até 22/01/2021, mais de 97 milhões de casos foram confirmados em 192 países e regiões, contabilizando mais de 2 milhões de mortes.

(Fonte: WHO director-general's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 mar 2020; COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering at Johns Hopkins University. Acessado em 22/01/2021.)

- Defina pandemia. O vírus SARS-CoV-2 usa a proteína *Spike*, presente em sua superfície, para se ligar ao receptor ECA2 na superfície das células humanas. Com base na figura ao lado, descreva as etapas 3 e 4 indicadas no ciclo de replicação do SARS-CoV-2.
- Vários laboratórios estão envolvidos no desenvolvimento de vacinas para a Covid-19, com a utilização de diferentes estratégias. Explique como ocorre a imunização ativa pela vacinação no indivíduo.



(Adaptado de C. D. Funk, C. Laferrière e A. Ardakani. *Frontiers in Pharmacology*, Lausanne, v. 11, 937, jun. 2020.)

Objetivo da Questão

Itens do programa das provas abordados na questão

Bases moleculares e celulares da vida:

– Estrutura celular

Diversidade, estrutura e função biológica:

– Biologia de vírus, bactérias, protistas e fungos

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Saúde humana:

- O que é saúde?
- Estrutura e função de células, órgãos e sistemas
- Agressões à saúde das populações
- Doenças causadas por microrganismos

No que se refere à Biologia o candidato foi avaliado quanto a seu conhecimento sobre: (a) assuntos atuais e temas importantes para a sociedade; (b) a definição de pandemia; (c) o ciclo de replicação do novo coronavírus (SARS-CoV-2), indicado na figura apresentada como um vírus de RNA; (d) a estrutura e a função celular, associadas às fases do ciclo de replicação do vírus; e (e) o sistema imunológico humano, sobretudo o conceito de imunização ativa desencadeada pela vacinação.

Quanto às habilidades desejadas no candidato, a questão avaliou: (a) capacidade de interpretação das informações fornecidas na figura para resolução do item a; (b) argumentação lógica.

Resposta Esperada

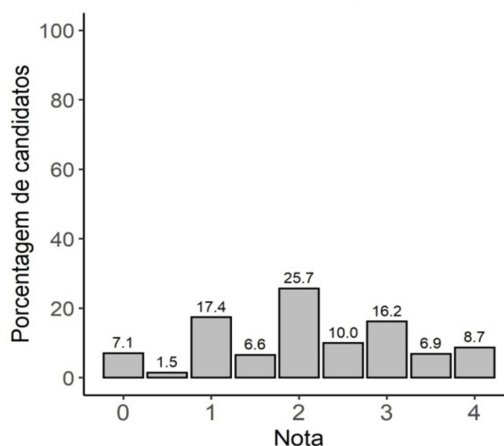
a) (2 pontos)

Pandemia é a disseminação mundial de uma doença. Na etapa 3 ocorrem a fusão do envelope viral com a membrana da vesícula e a liberação do RNA viral no citosol. Na etapa 4 ocorrem a tradução do RNA viral e a síntese de proteínas virais.

b) (2 pontos)

Na imunização ativa decorrente da vacinação ocorrerá a exposição do organismo a um determinado antígeno, sem causar a doença, mas capaz de desencadear uma resposta imune primária, com a produção de anticorpos específicos e células de memória. Ao entrar em contato novamente com esse antígeno, o organismo desencadeará uma resposta imunológica secundária adequada, de forma rápida e específica, permitindo a defesa.

Desempenho dos candidatos



A média de pontos na questão foi 2,12 e o desvio padrão foi de 1,09 (**item a** com média 1,12 e desvio padrão de 0,60; **item b** com média 1,01 e desvio padrão de 0,68).

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Comentários Gerais

Item a: Erros comuns: o candidato definiu epidemia; em sua descrição, a célula incorpora o DNA do vírus; o vírus incorpora o DNA da célula; o material genético do vírus é incorporado ao DNA da célula; o candidato não interpretou corretamente as fases indicadas na figura.

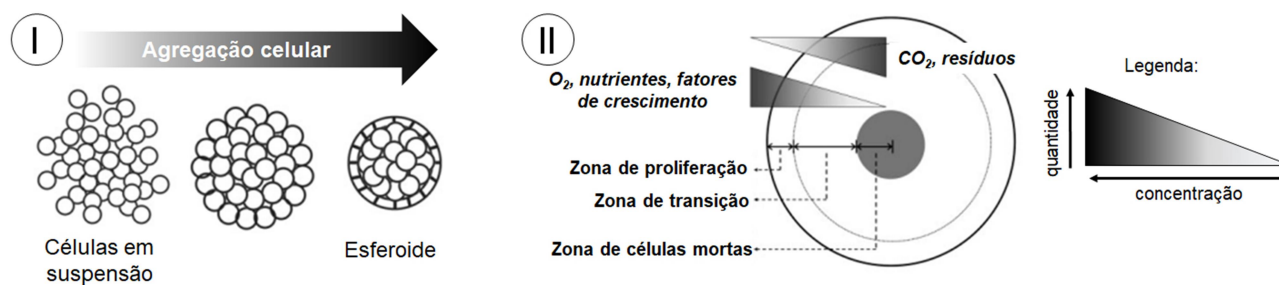
Item b: Erros comuns: o candidato explicou diferentes formas de produzir vacina; segundo sua descrição, o material genético do vírus é inserido no antígeno; muitos não explicaram que o organismo é exposto a um determinado antígeno e que existe a produção de anticorpos e células de memória; muitos não explicaram a resposta imunológica secundária quando o organismo é exposto novamente ao mesmo antígeno.

A questão foi considerada de dificuldade média pela Banca Elaboradora e pelo Revisor de Área. Considerando o desempenho dos candidatos, a questão se confirmou como de dificuldade média, com índice de facilidade de 0,529. Vale notar que a questão foi fácil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,73.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,521, considerado ótimo, e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. Especificamente, a capacidade discriminatória para o curso de Medicina foi marginal e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi boa, com índices de 0,260 e 0,460, respectivamente.

Questão 12

Muitas células do corpo humano interagem entre si e com os componentes da matriz extracelular para estabelecerem uma organização tridimensional (3D). O processo de agregação celular permite a realização de experimentos em um modelo 3D de esferoides. A figura I representa, em plano 2D, a agregação celular 3D no esferoide. Conforme crescem, os esferoides exibem geometria esférica com organização concêntrica de células nas zonas de proliferação, de transição, e de células mortas. As concentrações de gases e outras moléculas diferem entre essas zonas, como representado na figura II em plano 2D.



(Adaptado de R-Z. Lin e H-Y. Chang. *Biotechnology Journal*, Weinheim, v. 3, p. 1172-84, out. 2008.)

- Explique a razão da organização dos esferoides com células proliferativas na região externa e células mortas na região interna, como mostra a figura II. Como o corpo humano, em situações fisiológicas, evita o surgimento de zona de células mortas representadas na figura II?
- Os enteroides são esferoides originados das células de revestimento do intestino humano e apresentam similaridade com as células epiteliais que os originaram. Cite duas características morfológicas das células de revestimento interno do intestino humano e suas respectivas funções.

Objetivo da Questão

Itens do programa das provas abordados na questão

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Bases moleculares e celulares da vida:

– Estrutura celular

Saúde humana:

– Estrutura e função de células, órgãos e sistemas

No que se refere à Biologia, o candidato foi avaliado quanto a seu conhecimento sobre: (a) o conceito de difusão e sua aplicação no contexto do crescimento de células organizadas em um esferoide; (b) a importância do desenvolvimento de vasos sanguíneos para superar a dificuldade de difusão, conforme estruturas e órgãos do corpo humano crescem; (c) a célula de revestimento interno do intestino e suas especializações morfológicas; e (d) as funções celulares relativas às especializações indicadas anteriormente.

Quanto às habilidades desejadas no candidato, a questão avaliou: (a) capacidade de interpretação das informações fornecidas na figura para resolução do item **a**; (b) argumentação lógica; e (c) capacidade de estabelecer relação entre morfologia e função.

Resposta Esperada

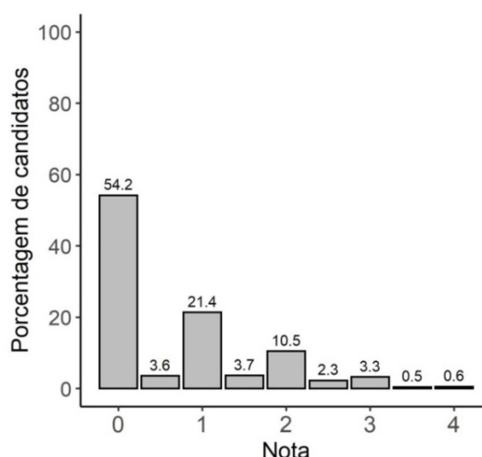
a) (2 pontos)

Conforme os esferoides crescem, a organização das células em multicamadas leva ao aumento da distância entre as camadas interna e externa, dificultando assim a difusão de gases, nutrientes, fatores de crescimento e resíduos. Dessa forma, há maior concentração de O₂, de nutrientes e de fatores de crescimento na região externa, favorecendo a proliferação celular; e maior concentração de CO₂ e de resíduos no interior do esferoide, ocasionando a morte de células. O corpo humano evita o surgimento da zona de células mortas com o desenvolvimento de vasos sanguíneos, que são responsáveis pelo adequado transporte de gases e nutrientes para as células e tecidos.

b) (2 pontos)

As células de revestimento interno do intestino são dotadas de microvilosidades capazes de aumentar a área de superfície apical e, conseqüentemente, a absorção. São células cilíndricas (colunares) justapostas, que funcionam como uma barreira física capaz de delimitar o ambiente externo e o interno.

Desempenho dos candidatos



PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

A média de pontos na questão foi 0,69 e o desvio padrão foi de 0,91 (**item a** com média 0,16 e desvio padrão de 0,41; **item b** com média 0,53 e desvio padrão de 0,69).

Comentários Gerais

Item a: Erros comuns: o candidato apenas descreveu a figura II sem explicar a razão; descrições equivocadas: as células mortas servem de nutrientes e alimentos para as demais células; as células morrem por falta de espaço; confusão entre os conceitos de difusão e osmose; as células mortas são fagocitadas; excreção de células mortas pela urina, pelo fio de cabelo ou pela pele.

Item b: Erros comuns: o candidato confundiu as características morfológicas celulares com as funções do intestino; citou apenas funções do intestino; utilizou erroneamente o termo vilosidade como sinônimo de microvilosidade.

A questão foi considerada difícil pela Banca Elaboradora e muito difícil pelo Revisor de Área. Com base na média de pontos obtidos na questão, ela foi considerada muito difícil, com índice de facilidade de 0,173. Vale notar que a questão foi difícil para candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,370.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,417, considerado bom, e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. A capacidade discriminatória para o curso de Medicina foi boa e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi marginal, com índices de 0,350 e 0,240, respectivamente.

Questão 13

Um estudo monitorou o impacto das medidas de isolamento social na qualidade do ar em áreas urbanas da cidade de São Paulo (Marginal Tietê, Marginal Pinheiros e Centro). O monitoramento diário da composição do ar entre 24 de março e 20 de abril de 2020 detectou uma redução das concentrações de monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂) de aproximadamente 53%, 66% e 44%, respectivamente, em comparação com os valores médios registrados no mês de abril nos anos de 2015 a 2019.

(Adaptado de L. Y. K. Nakada e R. C. Urban. *Science of the Total Environment*, Amsterdam, v. 730, 139087, ago. 2020.)

- Explique a relação entre a produção de CO e a utilização de veículos automotores movidos a combustível de origem fóssil. Descreva um benefício ambiental do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) para o Brasil.
- A água da chuva é uma combinação da composição química das gotículas que formam as nuvens e das substâncias que se incorporam às gotas de chuva durante a precipitação. Explique como um dos poluentes citados no enunciado pode levar à formação de precipitação ácida. Indique e explique um prejuízo da precipitação ácida para o ecossistema aquático.

Objetivo da Questão

Itens do programa das provas abordados na questão

O Ambiente e a Vida:

- Problemas ambientais contemporâneos
- Ecossistemas, populações e comunidades

Saúde humana:

- Agressões à saúde das populações

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

No que se refere à Biologia, o candidato foi avaliado quanto ao conhecimento sobre: (a) os combustíveis de origem fóssil e não-fóssil; (b) o processo de combustão completa e incompleta de um combustível; (c) fontes renováveis de combustível e seus benefícios ambientais; (d) a reação química para a formação de ácido nítrico; (e) os ecossistemas aquáticos; e (f) a dinâmica do ecossistema aquático frente a estresses abióticos.

Quanto às habilidades desejadas no candidato, a questão avaliou a capacidade de argumentação lógica com base nos dados fornecidos no enunciado.

Resposta Esperada

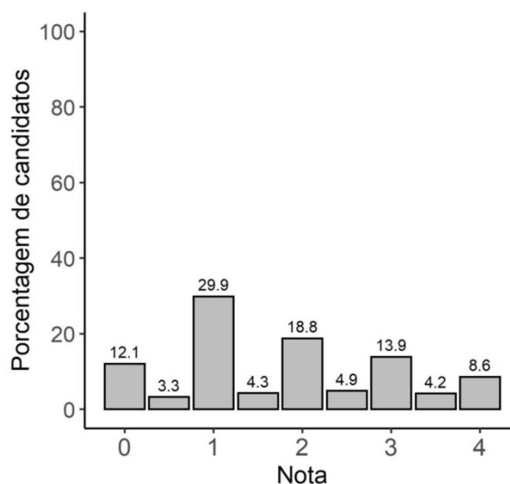
a) (2 pontos)

Os veículos automotores são responsáveis pela emissão de vários poluentes, incluindo o CO produzido pela combustão incompleta de combustíveis fósseis (gasolina e óleo diesel), fontes não renováveis de energia. O Programa Nacional do Alcool foi uma iniciativa do governo brasileiro para promover a produção e o uso de etanol a partir da cana-de-açúcar, uma fonte renovável de energia com balanço energético favorável nos processos de obtenção e queima e que libera menos poluentes no ambiente em relação à gasolina e ao óleo diesel.

b) (2 pontos)

A reação do dióxido de nitrogênio (NO_2) com o vapor d'água na atmosfera forma o ácido nítrico (HNO_3), que contribui para a formação da precipitação ácida. Um prejuízo causado pelo aumento da acidez no meio aquático seria a alteração do ciclo reprodutivo de espécies desse ecossistema, pois os gametas são sensíveis à redução do pH.

Desempenho dos candidatos



Nesta questão, a média de pontos foi 1,79 e o desvio padrão foi de 1,19 (**item a** com média 1,11 e desvio padrão de 0,64; **item b** com média 0,68 e desvio padrão de 0,73).

Comentários Gerais

Item a: Erros comuns: o candidato não indicou o processo de combustão incompleta; considerou que o etanol não polui; citou apenas benefícios econômicos.

Item b: Erros comuns: o candidato explicou a formação da precipitação ácida sem indicar o poluente em questão; confundiu os gases na reação de formação de ácido nítrico; confundiu o nome dos compostos formados; citou prejuízos não associados ao ambiente aquático.

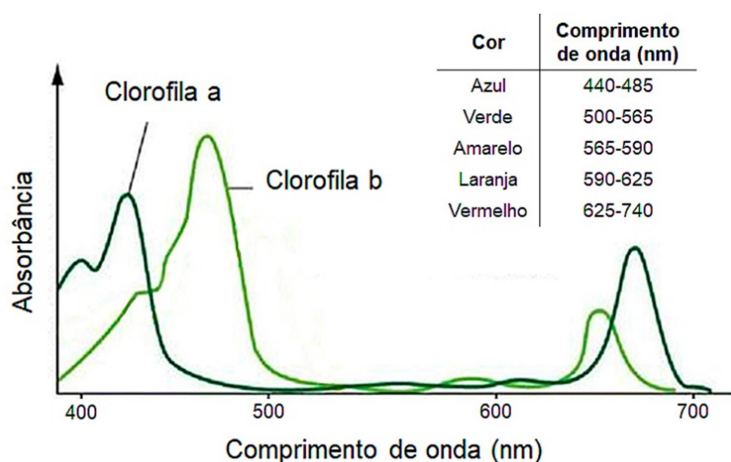
PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

A questão foi considerada de dificuldade média pela Banca Elaboradora e pelo Revisor de Área. O desempenho dos candidatos revelou que a questão foi média, com índice de facilidade de 0,446. Vale notar que a questão foi fácil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,720.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,610, considerado excelente, e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. A capacidade discriminatória para o curso de Medicina e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi boa, com índices de 0,320 e 0,450, respectivamente.

Questão 14

O avanço da tecnologia torna possível a análise das coberturas vegetais com sensores remotos. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) usa bandas do espectro eletromagnético captadas por satélite que são modificadas pela presença da vegetação, devido aos pigmentos das plantas que absorvem energia luminosa. Com base no padrão de energia refletida pelas plantas, é possível avaliar o vigor vegetativo em grandes extensões, tanto em campos agrícolas como em florestas. Especificamente, o NDVI considera a refletância das folhas nas bandas do vermelho (RED, faixa de comprimento de onda de 625 a 740 nm) e infravermelho próximo (NIR, faixa de comprimento de onda de 740 a 2500 nm). Os valores de NDVI de vegetações variam de 0 a 1, sendo calculados de acordo com a equação abaixo:



(Adaptado de <http://www.c2o.pro.br/hackaguas/apk.html>. Acessado em 28/08/2020.)

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

- a) O espectro de absorção de luz pelas plantas é apresentado na figura ao lado. O NDVI seria maior em uma planta saudável ou doente? Justifique sua resposta. Considere a refletância no NIR igual entre plantas saudáveis e doentes, e que a doença causa o amarelecimento das folhas.

- b) Explique como a energia luminosa absorvida pelos pigmentos das plantas é transformada em energia química. Por que é possível associar o NDVI ao vigor da comunidade de plantas estudadas?

Objetivo da Questão

Itens do programa das provas abordados na questão

Diversidade, estrutura e função biológica:

- Biologia das plantas e algas

Ambiente e a vida:

- Fluxos de energia e matéria em ecossistemas e biomas

Bases moleculares e celulares da vida:

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

– Componentes bioquímicos da célula

Quanto à Biologia, a questão avaliou o conhecimento do candidato sobre: (a) como as plantas interagem com a energia luminosa disponível no ambiente; (b) a importância dos pigmentos fotossintéticos na absorção de energia luminosa; (c) como a energia luminosa absorvida é convertida em energia química pelas plantas; e (d) a importância da fotossíntese para o crescimento vegetativo.

Quanto às habilidades desejadas no candidato, a questão avaliou: (a) capacidade de interpretação das informações fornecidas na figura necessárias para resolução do item a; (b) habilidade de integração de conhecimentos de biologia e de física; e (c) argumentação lógica.

Resposta Esperada

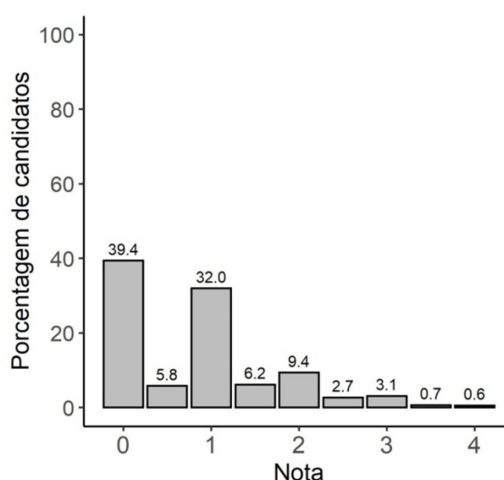
a) (2 pontos)

O NDVI seria maior em plantas saudáveis. Plantas saudáveis têm mais clorofila em suas folhas e absorvem mais luz na faixa do vermelho (RED), se comparadas às plantas doentes. Como consequência, haveria baixa refletância de luz RED, e o NDVI se aproximaria de 1 nas plantas saudáveis.

b) (2 pontos)

A energia luminosa é absorvida pelas clorofilas e o consequente transporte de elétrons nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos leva à síntese de ATP e NADPH. Estes, por sua vez, são utilizados na incorporação do CO₂ atmosférico no Ciclo de Calvin. Espera-se que maiores valores de NDVI estejam associados ao maior conteúdo de clorofila nas folhas, e, assim, à maior atividade fotossintética, processo que determina a produção de biomassa e o vigor vegetativo das plantas.

Desempenho dos candidatos



A média de pontos foi 0,84 e o desvio padrão foi de 0,88 (**item a** com média 0,67 e desvio padrão de 0,70; **item b** com média 0,17 e desvio padrão de 0,37).

Comentários Gerais

Item a: Erros comuns: o candidato considera que plantas doentes possuem maior NDVI; mencionou o comprimento de onda RED maior ou menor; explicou o fenômeno com base em outros pigmentos fotossintéticos não apresentados na figura; justificou a variação do NDVI com base na refletância de toda a luz.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Item b: Erros comuns: o candidato definiu energia química como glicose; citou apenas fotossíntese; confundiu fotossíntese com respiração; e não associou corretamente NVDI com o vigor de plantas.

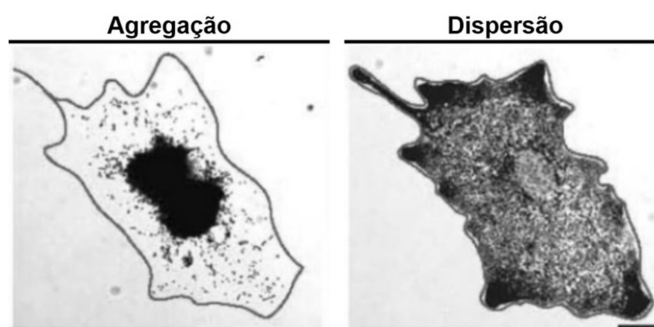
A questão foi prevista como muito difícil pela Banca Elaboradora e pelo Revisor de Área. Tendo em vista o desempenho dos candidatos, a questão foi considerada difícil, com índice de facilidade de 0,210. A questão foi muito difícil para os candidatos dos cursos de Ciências Biológicas/Saúde, com índice de facilidade de 0,160.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,297, considerado marginal, e a questão apresentou baixa capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. Especificamente, a capacidade discriminatória para o curso de Medicina foi boa e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi fraca, com índices de 0,400 e 0,180, respectivamente.

Questão 15

A capacidade de mudança de cor existe em algumas espécies de peixes, anfíbios e répteis. As mudanças envolvem a mobilização de grânulos de pigmentos em células especializadas, originadas da crista neural, chamadas cromatóforos. A depender da coloração e do mecanismo de atuação, os cromatóforos recebem diferentes denominações.

- a) Qual é o folheto embrionário de origem dos cromatóforos? A mobilização dos pigmentos é realizada por proteínas motoras associadas a componentes do citoplasma celular. Qual componente celular permite os padrões de agregação e de dispersão apresentados nos cromatóforos da figura ao lado?



(Adaptado de L. Sheets e outros. *Current Biology*, Amsterdam, v. 17, n. 20, p. 1721-34, out. 2007.)

- b) Os xantóforos, cromatóforos preenchidos por pigmentos amarelos, são encontrados em animais não venenosos como a falsa cobra coral. Já os iridóforos, cromatóforos reflexivos, são encontrados no camaleão. Explique um comportamento ou hábito associado à cor em cada um desses dois animais. Cite uma característica associada à reprodução desses vertebrados que os diferencia dos anfíbios.

Objetivo da Questão

Itens do programa das provas abordados na questão

Bases moleculares e celulares da vida:

- Estrutura celular

O Ambiente e a Vida:

- Ecossistemas, populações e comunidades
- Interações ecológicas

Diversidade, estrutura e função biológica:

- Bases biológicas da classificação dos seres vivos
- Biologia dos animais

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

No que se refere à Biologia, o candidato precisaria: (a) conhecer os folhetos embriológicos; (b) conhecer a função dos microtúbulos do citoesqueleto e relacioná-la à figura da questão; (c) conhecer os hábitos e os comportamentos animais relacionados às cores e ao ambiente; e (d) identificar a classe dos répteis e compará-la à classe dos anfíbios quanto aos aspectos reprodutivos.

Quanto às capacidades desejadas no candidato, a questão avaliou: (a) capacidade de interpretação das informações fornecidas na figura necessárias para resolução do item **a**; (b) argumentação lógica; (c) capacidade de analisar aspectos de comportamento e evolução animal.

Resposta Esperada

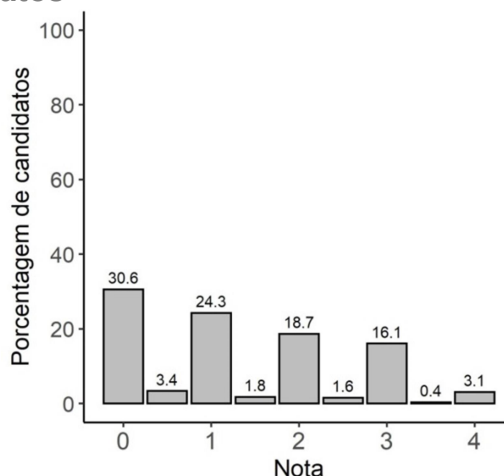
a) (2 pontos)

O folheto embrionário de origem dos cromatóforos é a ectoderma. O componente celular que permite os padrões de agregação e dispersão é o microtúbulo.

b) (2 pontos)

A coloração da falsa coral imita a dos animais genuinamente venenosos (mimetismo), pela coloração de advertência (aposematismo), que afasta possíveis predadores. A coloração reflexiva do camaleão favorece a camuflagem em diferentes ambientes, dificultando sua identificação por predadores. As características associadas à reprodução dos répteis que os diferenciam dos anfíbios são a fecundação interna, o desenvolvimento direto e os ovos com casca e com membranas extraembrionárias (âmnion, córion e alantoide).

Desempenho dos candidatos



Nesta questão, a média de pontos foi 1,32 e o desvio padrão foi de 1,18 (**item a** com média 0,38 e desvio padrão de 0,58; **item b** com média 0,94 e desvio padrão de 0,78).

Comentários Gerais

Item a: Erros comuns: o candidato citou erroneamente placenta, medula espinhal, célula tronco, epiderme, meristema apical, núcleo, cromatina, cromossomo ou DNA.

Item b: Erros comuns: utilizar o termo reprodução como sinônimo de fecundação; afirmar que o camaleão reflete a luz para a regulação da temperatura e a cobra coral se camufla na terra por ter pigmento amarelo; citar característica de anfíbios na resposta; mencionar que répteis são invertebrados.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

A questão foi considerada de dificuldade média pela Banca Elaboradora e difícil pelo Revisor de Área. A média de pontos da questão revelou que ela foi difícil, com índice de facilidade de 0,333. Todavia, a questão foi fácil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,610.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,604, considerado excelente, e a questão apresentou capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. A capacidade discriminatória para o curso de Medicina e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi boa, com índices de 0,430 e 0,330, respectivamente.

Questão 16

A endogamia promove o aumento de homozigose nos descendentes. Os primeiros estudos sobre os efeitos da endogamia em plantas foram realizados por Charles Darwin. O estudo da endogamia teve seu interesse inicial em sistemas reprodutivos de plantas, para explicar por que as numerosas espécies de plantas têm sistemas que impedem a autofecundação, e por que a reprodução por cruzamento prevalece na natureza.

(Adaptado de G. Álvarez, F. C. Ceballos e T. M. Berra. *Biological Journal of the Linnean Society*, Londres, v. 114, p. 474-83, fev. 2015.)

- a) Defina homozigose. A partir de uma planta com genótipo Aa (geração S₀), representada ao lado, qual é a porcentagem de homozigose na terceira geração (geração S₃) de autofecundação? Considere que as plantas de genótipo AA, Aa e aa apresentam igual probabilidade de sobrevivência, a ocorrência exclusiva de autofecundação, e que os tamanhos das progênies das gerações S₁, S₂ e S₃ são infinitos.

Geração S₀:	Aa
Geração S₁:	$\frac{1}{4} AA, \frac{2}{4} Aa, \frac{1}{4} aa$

- b) Plantas autógamas autofecundam-se e plantas alógamas dependem da polinização cruzada para o sucesso do processo reprodutivo. A cleistogamia, principal mecanismo de autofecundação, é um fenômeno observado em flores hermafroditas, em que a polinização ocorre antes mesmo da abertura floral. Como as flores e a polinização devem ser manipuladas pelo pesquisador em um programa de melhoramento genético que visa a aumentar a heterozigose em plantas com cleistogamia?

Objetivo da Questão

Itens do programa das provas abordados na questão

Hereditariedade:

- Hereditariedade e material genético
- Leis de segregação mendeliana e padrões de herança

Diversidade, estrutura e função biológica:

- Biologia das plantas e algas

No que se refere à Biologia, o candidato precisaria conhecer: (a) os conceitos de hereditariedade, homozigose e heterozigose; (b) os padrões de herança; (c) os conceitos associados à reprodução em plantas e à autofecundação; e (d) a morfologia floral das plantas.

Quanto às habilidades desejadas no candidato, a questão avaliou: (a) capacidade de interpretação das informações fornecidas no enunciado para elaboração de uma hipótese; e (b) capacidade de argumentação lógica.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Homozigose é a presença de dois alelos idênticos para o mesmo gene. A porcentagem de homozigose na terceira geração de autofecundação será de 87,5%. Sabendo que a cada geração de autofecundação a porcentagem de heterozigose é reduzida pela metade, é possível calcular a porcentagem de homozigose na terceira geração. Assim,

S_1 = heterozigose de 50% e homozigose de 50%;

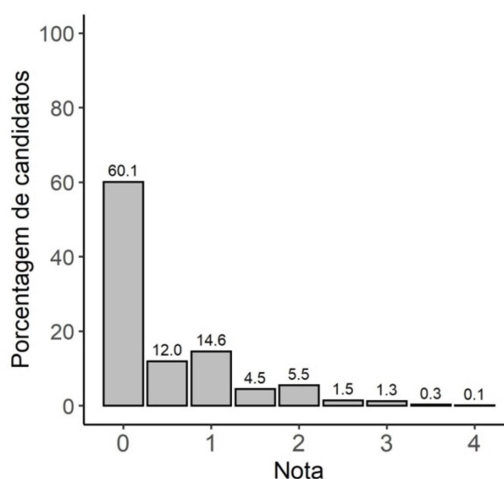
S_2 = heterozigose de 25% e homozigose de 75%;

S_3 = heterozigose de 12,5% e homozigose de 87,5%.

b) (2 pontos)

Deve-se remover o androceu (aparelho reprodutor masculino) antes da maturação do gineceu (aparelho reprodutor feminino), isto é, antes que o estigma esteja apto para receber o pólen. A polinização cruzada com pólen de plantas heterozigotas deve então ser realizada.

Desempenho dos candidatos



Nesta questão, a média de pontos foi 0,47 e o desvio padrão foi de 0,73 (**item a** com média 0,33 e desvio padrão de 0,57; **item b** com média 0,15 e desvio padrão de 0,33).

Comentários Gerais

Item a: Erros comuns: cálculo da porcentagem; definir zigoto; considerar que as gerações teriam o mesmo genótipo.

Item b: Erros comuns: cópia do enunciado, com rearranjo das palavras; utilizar o termo fecundação como sinônimo de polinização.

A questão foi considerada difícil pela Banca Elaboradora e de média dificuldade pelo Revisor de Área. Com base na pontuação dos candidatos, a questão foi considerada muito difícil, com índice de facilidade de 0,119. Vale notar que a questão também foi difícil para os candidatos do curso de Medicina, com índice de facilidade de 0,260.

O índice de discriminação geral da questão foi de 0,287, considerado marginal, e a questão apresentou baixa capacidade de discriminar candidatos com maior nota geral e candidatos com baixa nota geral. A

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

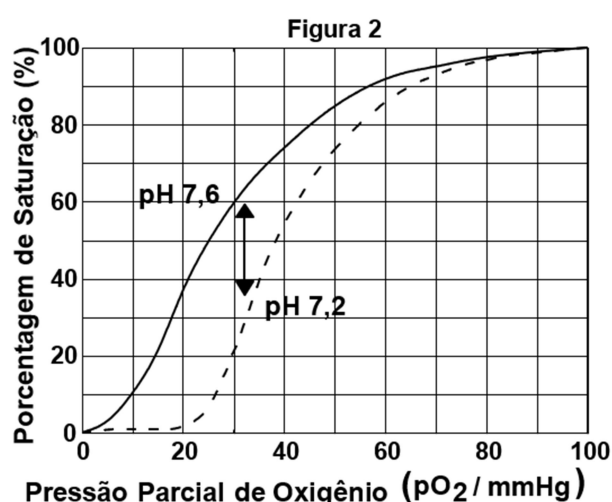
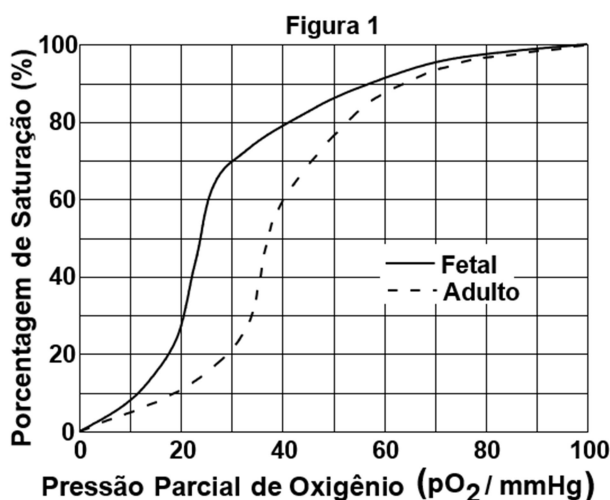
capacidade discriminatória para o curso de Medicina foi marginal e para os cursos de Ciências Biológicas/Saúde foi fraca, com índices de 0,290 e 0,140, respectivamente.

QUÍMICA

A prova de Química da segunda fase do vestibular da Unicamp 2021 abordou temas atuais e relevantes para toda a sociedade. A Banca Elaboradora procurou contextualizar os conteúdos do programa dentro da temática CTSA (Ciência, Tecnologia, Saúde e Ambiente). Assim, das seis questões da prova, duas abordaram temas relacionados à saúde (questões 17 e 21), quatro, abordaram temas relacionados à ciência e tecnologia (questões 18, 19, 20 e 22 – no item **a**) e três temas relacionados ao meio ambiente (questões 18, 19 e 20 – no item **b**). Tendo em vista o desempenho dos candidatos, pode-se considerar que a prova foi de nível médio (5 questões de nível médio e uma difícil, segundo a análise estatística), apesar de os temas abordados, como equilíbrio químico, acidez, termoquímica, cinética e estequiometria estarem presentes na maioria das provas de Química dos vestibulares recentes. A Banca Elaboradora acredita que a exigência de leitura atenta, interpretação dos enunciados e avaliação de figuras, tabelas ou gráficos pode ter dificultado a resolução das questões. A hipótese se confirma pelo fato de que em algumas questões o enunciado já traz parte da resolução (como as questões 19b e 22a), bastando o candidato ir um pouco além e completar a resposta de forma mais elaborada e 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 hemoglobina é uma proteína composta por quatro cadeias polipeptídicas. Cada cadeia está associada a um grupo heme que contém ferro, capaz de se ligar reversivelmente ao oxigênio, permitindo assim sua função primária, que é a do transporte de oxigênio dos pulmões aos tecidos periféricos.



- a) A **Figura 1** apresenta a curva de dissociação para duas hemoglobinas humanas: em adultos (linha tracejada) e fetais (linha sólida). Considerando elementos de equilíbrio químico e esse gráfico, indique qual hemoglobina tem maior afinidade com o oxigênio: a do **adulto** ou a **fetal**? Justifique sua resposta.
- b) O efeito Bohr, representado na **Figura 2**, ocorre quando células com metabolismo aumentado liberam maiores quantidades de CO_2 no sangue. Entre as curvas do gráfico (linhas **sólida** ou **tracejada**), identifique aquela que representa o **resultado final** do efeito Bohr. Explique, do ponto de vista químico, como você chegou a esta conclusão.

Objetivo da Questão

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Essa questão envolve conceitos fundamentais de equilíbrio químico e teoria de acidez e basicidade, e indaga como o aumento da concentração de CO_2 no sangue afeta a sua acidez. No item **a**, é necessário identificar qual curva (hemoglobina fetal ou adulta) apresenta maior afinidade com o oxigênio. Espera-se que o candidato faça uma leitura das curvas e avalie qual apresenta maior porcentagem de saturação de oxigênio em função da pressão parcial de O_2 . No item **b**, o enunciado informa que o efeito Bohr ocorre quando há uma alteração no metabolismo, liberando maior quantidade de CO_2 no sangue. A partir desta informação, espera-se que o candidato indique a curva do gráfico que representa o resultado do efeito Bohr, analisando as curvas e os dados correspondentes, principalmente os valores de pH associados a cada curva. Espera-se em seguida uma explicação de como se chegou a essa conclusão. Neste item também se espera uma avaliação das curvas fornecidas em associação com os dados nos gráficos e as informações do enunciado. O revisor específico considerou o item **a** fácil, pois é relativamente simples e depende da leitura e interpretação das curvas apresentadas no gráfico. Já o item **b** seria de médio a difícil, pois, além da análise das curvas apresentadas e dos dados na figura, exige uma avaliação da natureza química do CO_2 e de seu efeito no pH do sangue. O tema desta questão é de interesse geral, pois o desequilíbrio no pH do sangue pode levar à acidose ou alcalose, o que representa sérios danos ao organismo, com profundas alterações metabólicas, podendo causar a morte. O contexto desta questão pode ser explorado em outras disciplinas, como a Biologia, uma vez que o metabolismo faz parte do programa dessa área.

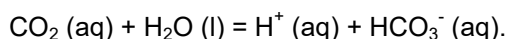
Resposta Esperada

a) (2 pontos)

A hemoglobina fetal tem maior afinidade com o oxigênio. A porcentagem de saturação da hemoglobina fetal é maior que a da hemoglobina de adultos em qualquer valor de pressão parcial de oxigênio, o que indica que a constante de associação da hemoglobina fetal é maior.

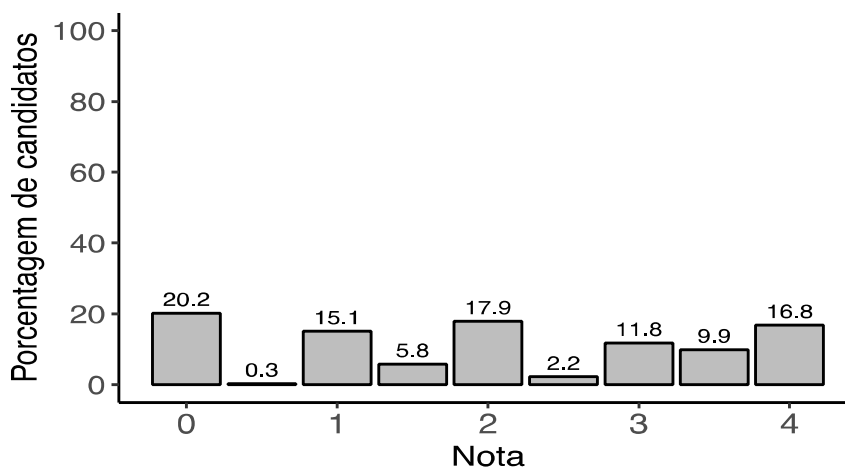
b) (2 pontos)

A curva tracejada representa o resultado final do efeito Bohr. O CO_2 é um óxido ácido e o aumento da sua concentração diminui o pH do sangue, segundo a equação



Pela tendência da curva tracejada, em pH mais baixo ocorre uma redução na saturação de oxigênio.

Desempenho dos candidatos



A questão apresentou índice de facilidade de 0,51, sendo considerada de nível médio. Aproximadamente 80% dos candidatos tiveram uma pontuação maior ou igual a 1 ponto de um total de 4 pontos possíveis.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Como indica o gráfico, essa questão apresentou uma distribuição muito boa das notas. Seu índice de discriminação foi de 0,60, considerado excelente.

Comentários Gerais

No item **a**, os candidatos deveriam correlacionar os eixos cartesianos de um gráfico e interpretá-lo (a fim de responder a uma pergunta). Neste item, os candidatos tiveram notas mais baixas que no item **b**, recebendo mais notas 1, por apenas indicarem a hemoglobina que tem mais afinidade, sem justificar corretamente a resposta. A pergunta era clara e pedia que o candidato indicasse qual hemoglobina tem maior afinidade com o oxigênio: a do adulto ou a fetal. Uma parcela considerável de candidatos respondeu “sim”, “não”, “talvez” e “ambas”, e nenhuma destas respostas seria cabível. No item **b**, utilizando o conhecimento do equilíbrio de formação/decomposição do ácido carbônico em água e CO₂ que os estudantes deveriam ter, ou apenas sabendo que o CO₂ acidifica o meio ao ser liberado, os candidatos deveriam distinguir, entre duas curvas, aquela que representa o efeito Bohr, descrito no enunciado. Novamente, a pergunta era direta, dando como opção de resposta “curva sólida” ou “curva tracejada”, em referência às duas curvas mostradas, sem correlacionar curvas com o item anterior. Os candidatos apontaram com frequência o fato do CO₂ ser um óxido ácido e algumas vezes o conceito de equilíbrio químico, mostrando que o CO₂ em excesso deslocaria o equilíbrio em favor da formação de ácido carbônico. Uma boa parte dos candidatos, entretanto, simplesmente considerou a posição das curvas e, com base no item **a**, responderam “adulto” ou “fetal”, mostrando que não leram com atenção o enunciado, bastante claro. Também houve respostas do tipo “sim”, “não”, como no item anterior. Em alguns casos, o candidato identificou corretamente o efeito que o CO₂ deveria ter ao ser liberado em excesso, mas não indicou qual das curvas mostrava esse efeito, demonstrando inaptidão em responder objetivamente a uma pergunta. Outro erro bastante comum foi justificar corretamente o item **b**, apontando que o CO₂ aumentava a acidez, porém relacionando incorretamente ao valor de pH, que deveria diminuir. A relação entre acidez/concentração de H⁺ e o valor de pH (alto ou baixo) é geralmente um ponto de confusão para vários candidatos. Levando em consideração o que foi dito até aqui, a maior dificuldade nessa questão foi a interpretação do enunciado e do gráfico. A Banca Elaboradora esperava um bom desempenho nessa questão, pois ela aborda conceitos bastante explorados no ensino médio. De fato, houve uma boa distribuição de notas e a questão foi considerada de nível médio (índice de facilidade de 0,51). O número considerável de notas zero (20%) não está associado a provas em branco, mas pode refletir a dificuldade na leitura e interpretação do enunciado da questão.

Questão 18

O gás natural (GN) é uma fonte de energia eficiente e limpa, considerando-se uma queima completa desse gás na sua forma purificada. No entanto, o metano, na origem, vem misturado com muitas outras substâncias que precisam ser retiradas no processo de purificação, pois, na queima, teriam baixa ou nenhuma eficiência energética, ou então gerariam produtos com características indesejáveis. A tabela abaixo mostra a composição aproximada (V/V %) de algumas fontes de gás natural, o que pode ilustrar as afirmações anteriores.

Componente	Eficiência Energética Relativa (MJ/m ³)	Fontes		
		Laeq	Uch	Uthmaniyah
CH ₄	37	69	27,3	55,5
C ₂ H ₆	65	3	0,7	18
C ₃ H ₈	92	0,9	0,3	9,8
C ₄ H ₁₀	120	0,5	0,3	4,5
C ₅₊	147	0,5	-	1,6
N ₂	0	1,5	25,2	0,2
H ₂ S	22	15,3	-	1,5
CO ₂	0	9,3	46,2	8,9

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Considere a queima de gases naturais (GN) na composição em que se apresentam nas fontes, em condições idênticas de temperatura e pressão e considerando tais gases como ideais.

- a) Do ponto de vista **energético**, qual seria a melhor e a pior fonte, por volume de gás queimado? Justifique sua resposta.
- b) Do ponto de vista **ambiental**, qual seria a melhor e a pior fonte, por volume de gás queimado? Justifique sua resposta.

(a) ENERGÉTICO	
MELHOR FONTE:	PIOR FONTE:
Justificativa:	
(b) AMBIENTAL	
MELHOR FONTE:	PIOR FONTE:
Justificativa:	

Objetivo da Questão

Essa questão envolve conceitos fundamentais de termoquímica e também conhecimentos acerca do impacto que certos gases têm no meio ambiente. No item **a**, o candidato deve considerar os dados tabelados e identificar a melhor e a pior fonte energética, justificando a resposta. O conjunto de dados permite que seja identificada sem grande dificuldade a melhor fonte energética aplicando-se regra de três, ou seja, multiplicando-se a composição percentual em cada fonte pela eficiência energética relativa de cada componente do gás natural. No item **b**, novamente a partir dos dados fornecidos, neste caso levando em conta a natureza dos gases, deve-se identificar a melhor e a pior fonte de energia do ponto de vista ambiental. Neste caso, além da leitura dos dados é necessário identificar, entre os compostos em cada fonte, os possíveis agentes poluidores. O revisor de área considerou o item **a** difícil, pois, exige a estimativa da produção de energia por cada fonte a partir dos dados fornecidos, ou seja, exige a realização de várias contas que consomem tempo. Por outro lado, para se chegar à resposta correta, é possível considerar apenas os componentes mais energéticos de cada fonte. No item **b**, a identificação da produção de energia é igualmente importante, mas deve-se considerar o efeito de alguns componentes do gás natural ao meio ambiente. Neste caso, deve-se avaliar quais compostos apresentam caráter poluidor. O revisor de área considerou o item difícil, porque exige uma leitura atenta da questão e também pelo fato de que CO₂ não deve ser considerado o problema grave em termos de poluição, já que ele é o produto final da queima de todos os componentes orgânicos do gás natural, mas sim outras substâncias indicadas nos dados como o H₂S e o N₂. Nesta questão, parte das respostas podem ser obtidas a partir dos dados apresentados. Mas, parte das respostas está associada ao conhecimento das propriedades de produtos químicos. Isto requer conhecimento da área e capacidade de discernir quais substâncias devem ser consideradas poluidoras. Essa questão poderia ser explorada pela Geografia, uma vez que as fontes mencionadas se encontram em países distintos e, como sabemos, a presença de fontes de energia (petróleo, gás natural, carvão, etc.) tem influência em questões políticas e na relação entre os países. As fontes de energia também têm reflexo no desenvolvimento da indústria, uma vez que a matriz energética adotada por uma nação impacta os custos de produção, por exemplo.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Considerando que a composição do gás é dada em V/V% e que é informada a eficiência energética relativa em MJ/m^3 , do ponto de vista energético, pode-se calcular a energia gerada por cada fonte levando-se em consideração sua composição percentual na fonte:

$$\text{Laeq} = 0,69 \times 37 + 0,03 \times 65 + 0,009 \times 92 + 0,005 \times 120 + 0,153 \times 22 = 33 \text{ MJ/m}^3.$$

$$\text{Uch} = 0,273 \times 37 + 0,007 \times 65 + 0,003 \times 92 + 0,003 \times 120 = 11 \text{ MJ/m}^3.$$

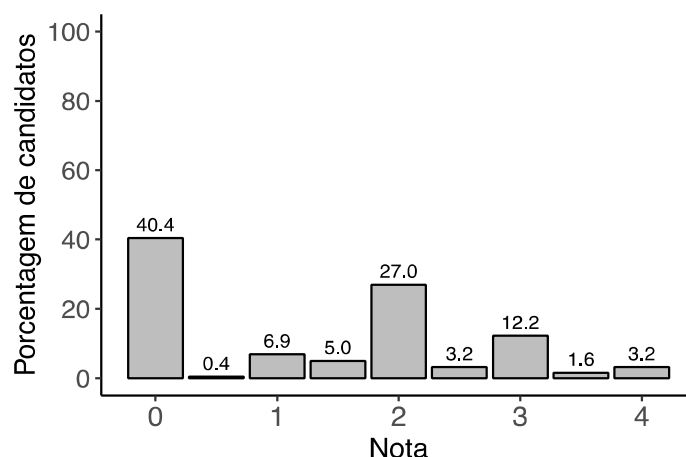
$$\text{Uthmaniyah} = 0,555 \times 37 + 0,18 \times 65 + 0,098 \times 92 + 0,045 \times 120 + 0,016 \times 147 + 0,015 \times 22 = 49 \text{ MJ/m}^3.$$

Assim, Uthmaniyah é a fonte mais energética e Uch é a fonte menos energética.

b) (2 pontos)

Por volume de gás queimado, Laeq é a pior fonte do ponto de vista ambiental, pois apresenta um alto teor de H_2S , cuja queima produz SO_2 , um dos principais gases responsáveis pela chuva ácida. Por outro lado, Uch é a melhor fonte, por volume queimado, pois é isenta de H_2S .

Desempenho dos candidatos



A questão apresentou índice de facilidade de 0,33, sendo considerada difícil. Aproximadamente 40% dos candidatos receberam nota zero, de um total de 4 pontos possíveis. Essa concentração de notas zero está relacionada com o preenchimento incorreto da tabela do espaço de respostas. Muitos candidatos não souberam diferenciar fonte de gás natural de composição. Conforme o gráfico, a questão apresentou concentração de notas 2, pontos em geral obtidos no item a. Por outro lado, o índice de discriminação da questão foi de 0,47, considerado bom.

Comentários Gerais

O que mais se destacou na questão 18, em relação às respostas dos candidatos, foi a falta de leitura crítica do enunciado e interpretação dos dados apresentados na tabela. O erro mais comum foi relativo à confusão entre “fonte” e “componente”. Aproximadamente 25% dos candidatos entenderam que “fonte” era o “componente” que estava presente nas fontes de gás natural. Dessa forma, nos dois itens da questão, essa parcela dos candidatos apresentou fórmulas químicas ao invés do nome das fontes de gás natural para justificar suas escolhas das melhores e piores fontes. Outro erro recorrente foi identificar o gás natural como uma mistura exclusiva de hidrocarbonetos. Muitos, nas suas justificativas, afirmavam que a fonte era formada de gás natural, indicando os hidrocarbonetos, e outras substâncias, como H_2S ou N_2 . Por fim, um erro menos recorrente está associado à informação C_{5+} , componente identificado como um cátion de carbono ao invés de espécies que possuem mais de 5 átomos de carbono. No item a, a maioria dos

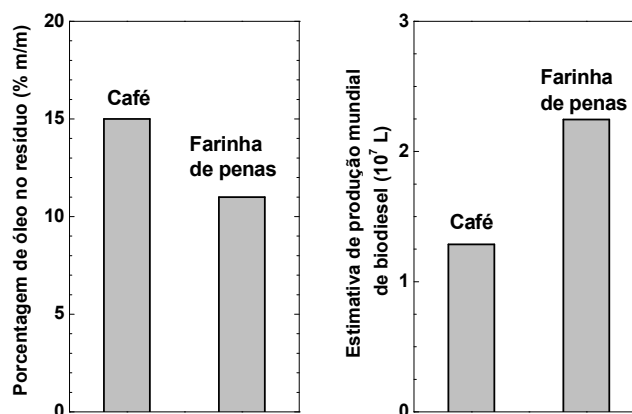
PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

candidatos que fizeram a escolha correta das fontes justificou que a melhor fonte, do ponto de vista energético, era a que apresentava maior porcentagem de compostos com alta eficiência energética e a pior, era formada por uma maior porcentagem de compostos com baixa eficiência energética. Contudo, cerca de 20% dos candidatos que fizeram a escolha correta justificaram com a associação exclusiva aos compostos C_{5+} , que seria o melhor composto energeticamente, logo a melhor fonte o teria em maior quantidade, ignorando a composição global da fonte. Ainda no item **a**, menos de 10% dos candidatos justificaram a escolha através do cálculo da eficiência energética por uma média ponderada, mas os que assim fizeram acertaram na escolha. Nesse item, a nota mais comum foi dois pontos, quando os candidatos faziam a escolha correta das duas fontes. Já no item **b**, novamente a falta de leitura atenta dificultou a resolução, embora o item demandasse um maior conhecimento químico do ponto de vista ambiental. Cerca de 60% dos candidatos que identificaram alguma das fontes como melhor fonte do ponto de vista ambiental acertaram a escolha. Contudo, desse grupo, apenas 20% justificaram a escolha com base na porcentagem de H_2S na fonte e relacionaram esse composto à chuva ácida. Ainda do grupo de candidatos que fizeram a associação correta, a grande maioria justificou sua escolha pela baixa composição de hidrocarbonetos que seriam queimados e gerariam menos CO_2 na atmosfera. O fato de que todas as fontes seriam queimadas e gerariam CO_2 como produto de combustão pode ter passado despercebido aos candidatos, logo, a análise do ponto de vista ambiental não deveria adotar essa linha de raciocínio. Muitos erraram a escolha da melhor fonte do ponto de vista ambiental porque escolheram a Uthmaniyah, por apresentar a menor porcentagem de CO_2 em sua composição. No item **b**, a nota mais comum foi 1 ponto. Alguns candidatos confundiram tabela com gráfico: cerca de 10% dos candidatos justificaram suas escolhas afirmando que estavam baseadas no “gráfico acima”. A Banca Elaboradora esperava um desempenho melhor nesta questão, uma vez que a natureza dos gases presentes nas fontes e seu impacto no meio ambiente são de conhecimento geral dos candidatos. O índice de facilidade de 0,33 classifica a questão como difícil, mas, por outro lado, o índice de discriminação foi de 0,47, considerado bom. Como já foi comentado, a alta concentração de notas zero está relacionada com o preenchimento incorreto da tabela do espaço de respostas tendo em vista a confusão entre fonte e composição do gás natural.

Questão 19

Pesquisadores da Universidade de Nevada estudaram a utilização de pó de café e farinha de penas de galinha, fontes baratas de matéria prima, abundantes e ambientalmente amigáveis, na produção de biodiesel. Num dos estudos, os cientistas coletaram o pó de café e separaram o óleo nele contido. No processo de extração do óleo, o pó passou por um processo de secagem por 12 horas. Em seguida, foi aquecido por 1 hora com um solvente orgânico em ebulição e então filtrado para remover o sólido. O solvente foi separado do óleo por destilação. Em seguida, os cientistas usaram um processo barato de transesterificação para converter 100% do óleo em biodiesel.

(Adaptado de A. King, *Journal of Chemical Education* 87, 2010, p. 243-244.)



- a) Considerando o estudo e os dados que constam nos gráficos acima, qual seria o material disponível em maior quantidade no mundo para a produção de biodiesel: **pó de café** ou **farinha de penas**? Justifique.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

- b) Considerando o texto apresentado, aponte e comente, nos espaços indicados, um **aspecto positivo** e um **aspecto negativo** da proposta dos autores da pesquisa.

Objetivo da Questão

Esta questão aborda temas relacionados com estequiometria, meio ambiente, química e apresenta resultados relativos à produção de biodiesel a partir de duas fontes alternativas – farinha de penas e pó de café para a extração de óleo e posterior processo de transesterificação. O item **a** exige basicamente a capacidade de interpretação do gráfico e extração das informações pertinentes, sendo necessário correlacionar os dois gráficos para justificar a resposta. O gráfico da esquerda fornece a porcentagem de óleo em cada resíduo (%m/m), enquanto o gráfico da direita indica a estimativa de produção mundial de biodiesel (10^7 L) a partir desses resíduos. O item **b** pede que se aponte e se comente um aspecto positivo e um negativo quanto ao uso dos resíduos de farinha de penas e de pó de café para a produção de biodiesel. O revisor de área considerou os itens **a** e **b** difíceis, por exigirem correlação das informações dos dois gráficos para determinação do resíduo de maior disponibilidade (abundância). O item **a** pode ser resolvido sem a necessidade de cálculos, porém a justificativa da resposta deveria levar em conta o menor teor de óleo da farinha de penas. Os cálculos para determinar o resíduo disponível em maior quantidade indicam, sem margem de dúvida, a farinha de penas. No item **b** deve-se indicar um aspecto positivo e um negativo da proposta de produção do biodiesel com os resíduos de farinha de penas e pó de café em relação aos métodos convencionais, e não os aspectos positivos e negativos da produção de biodiesel em relação ao uso de combustíveis fósseis. Para a resposta ao item **a** há várias alternativas consideradas corretas. Exige-se do candidato principalmente a percepção de que o método proposto utiliza como matéria-prima para a produção do biodiesel resíduos de produção, que poderiam ser descartados. Entretanto, o uso desses resíduos exige a extração prévia do óleo por procedimento quimicamente mais laborioso e complexo do que a simples extração por prensagem no caso de grãos de oleaginosas, antes do processo barato de transesterificação, comum para qualquer óleo, independentemente da fonte de extração. O enunciado da questão, ao fazer menção a um processo barato de transesterificação, tinha como objetivo remeter o candidato ao laborioso e complexo processo de extração do óleo dos resíduos utilizados na pesquisa apresentada.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

A farinha de pena deve estar disponível em maior quantidade para a produção de biodiesel. Apesar do teor percentual de óleo ser maior no resíduo de café em comparação com a farinha de pena, as estimativas para produção mundial de biodiesel apontam que haveria uma produção maior a partir do uso da farinha de pena. Essa maior produção só seria possível se a farinha de pena estivesse disponível em maior quantidade.

b) (2 pontos)

Aspecto Positivo:

Aspectos positivos dessa proposta para a produção de biodiesel: 1) o baixo custo das matérias-primas, 2) sua abundância, 3) o fato de serem amigáveis ao meio ambiente e 4) o reaproveitamento de resíduos da indústria alimentícia.

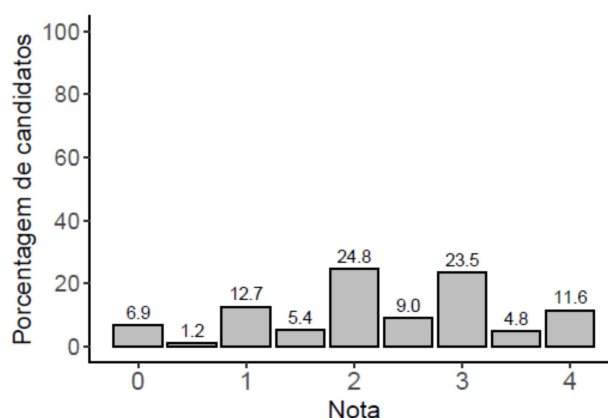
Para a resposta, basta apontar apenas um dos aspectos listados acima.

Aspecto Negativo:

O aspecto negativo poderia ser o processo de separação do óleo, que envolve muitas etapas (secagem, aquecimento com solvente orgânico em ebulição, filtragem e destilação), quase todas envolvendo o consumo de energia.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Desempenho dos candidatos



A questão apresentou índice de facilidade de 0,57, sendo considerada de nível médio. Aproximadamente 73,7% dos candidatos obtiveram mais de dois pontos na questão. A composição das notas 2 e 3 se deu principalmente pelo acerto integral do item **a** ou pelo acerto parcial dos itens **a** e **b**. A análise estatística, considerando a distribuição das notas e o índice de discriminação de 0,34, classificou a questão como boa.

Comentários Gerais

Com base em informações veiculadas nos meios de comunicação e no senso comum, o candidato teria chance de acertar a questão, mas a falta de leitura crítica do enunciado e interpretação dos dados apresentados prejudicou o desempenho dos candidatos. Embora o item **a** tenha registrado o maior índice de acerto, o principal equívoco dos candidatos no item foi não correlacionar na justificativa da resposta os dois gráficos fornecidos, como explicita o enunciado da questão. A justificativa com base apenas na análise da figura da direita não foi aceita, pois, sem correlacionar com o menor teor de óleo, a escolha da farinha de penas poderia induzir o candidato ao erro (caso, por exemplo, o teor de óleo na farinha de penas fosse muito superior ao do café – o gráfico da esquerda mostra que é o contrário). Justificativas também foram apresentadas com base na percepção de que um ou outro resíduo seria mais abundante (considerando o consumo global de café ou a produção de carne de frango e ovos), o que efetivamente não fazia parte do escopo do item **a**. O item **b** exige somente um aspecto positivo e um negativo. O principal equívoco na indicação do aspecto positivo foi correlacionar a produção do biodiesel ao combustível fóssil, sendo que o enunciado deixa claro que era uma comparação entre fontes convencionais de matéria-prima e fontes alternativas, como os resíduos de farinha de penas e de pó de café. Principais vantagens indicadas: 1) o baixo custo das matérias-primas, 2) sua abundância, 3) o fato de serem amigáveis ao meio ambiente, 4) reaproveitamento de resíduos da indústria alimentícia, 5) redução na área de cultivo de grãos. Aspecto negativo: o enunciado descreve o procedimento para extração do óleo dos resíduos da pesquisa, antes da etapa de transesterificação, evidenciando que ele é mais laborioso, exige uso de solventes e várias operações (secagem, refluxo, filtração, destilação). Este aspecto foi percebido por poucos candidatos, o que se refletiu no baixo índice de notas 4. Foram indicados como aspectos negativos a necessidade de aumentar o cultivo de café ou a criação de frangos (ignorando-se que a questão tratava de reaproveitamento de resíduos da indústria de alimentos). Como já foi mencionado, a falta de leitura crítica do enunciado e interpretação dos dados apresentados prejudicou o desempenho dos candidatos.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

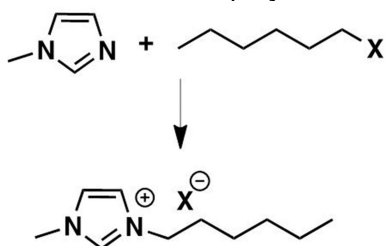
Questão 20

Métricas simples, como o **Fator-E** e a **Eficiência Mássica Reacional (EMR)**, são úteis para avaliar o impacto ambiental e econômico de um dado processo químico.

$$\text{Fator-E} = \text{massa de resíduos} / \text{massa de produto}$$

$$\text{EMR} = \text{massa de produto} / \text{massa de reagentes}$$

Uma indústria pretende produzir um dos sais imidazólicos (sal 1 ou sal 2) sintetizados em seu laboratório de desenvolvimento. Ambos os sais teriam a mesma finalidade e serviriam para os mesmos propósitos. Considere os dados para a reação de produção dos sais citados empregando-se dois haletos de alquila distintos, conforme a equação abaixo.



Sal	Fator-E (kg/kg)	EMR (kg/kg)
1, X = Cl	1,0	0,5
2, X = Br	0,5	0,6

REAGENTES	1-metil-imidazol	1-cloro-hexano (X = Cl)	1-bromo-hexano (X = Br)		
Efeitos Toxicológicos / Ambientais					
Toxicidade para humanos	□	●	□		
Toxicidade para organismos aquáticos	●	□	○		
Persistência no ambiente	◆	●	◆		
Bioacumulação	★	○	○		
Avaliação qualitativa relativa entre todas as substâncias:					
★	Baixo	□	Médio	◆	Alto
●	Baixo a Médio	○	Médio a Alto		

- a) Considerando as métricas **Fator-E** e **EMR**, indique qual desses sais (1 ou 2) você recomendaria para a produção. Justifique considerando valores e definições.
- b) Considerando os efeitos tóxico-ambientais apresentados no quadro, indique qual desses sais (1 ou 2) você recomendaria para a produção. Explique.

Objetivo da Questão

Esta questão aborda tópicos relacionados com estequiometria, compostos orgânicos e química ao explorar um tema da Química Verde, que busca maximizar o rendimento das reações, minimizar a geração de resíduos e de etapas de produção, empregar processos e reagentes mais amigáveis ambientalmente. A questão requer do candidato interpretação e extração de informações do enunciado, não exigindo um conhecimento químico específico e prévio. Na questão é proposta a síntese de um sal imidazólico, cujo cátion é o íon imidazólico (indicado pelo sinal de +) e o ânion pode ser os íons brometo ou cloreto (indicados por $X^- = Br^-$ ou Cl^-), sendo que, independentemente do ânion, o sal apresenta as mesmas propriedades. Para maximizar a quantidade de produto em relação ao reagente e minimizar a quantidade de resíduo, são propostas duas métricas simples: parâmetro Fator -E (Fator Ambiental) – quanto menor for o valor, menor a massa de resíduo gerada, e o parâmetro EMR (Eficiência Mássica da Reação) – quanto maior for o valor, maior quantidade de reagentes é incorporada ao produto. Assim, busca-se um Fator-E que tende a zero e o parâmetro EMR que tende a 1. O item **a** exigia que o candidato fizesse essa análise, apresentando-a como justificativa para decidir qual sal deveria ser produzido: brometo ou cloreto de 1-metil-imidazol. A análise da tabela com os parâmetros indica um Fator-E menor e EMR maior quando a síntese é conduzida utilizando-se o reagente com bromo (1-bromo-hexano), portanto, a síntese do sal 2 (brometo de 1-metil-imidazol). O item **a** explora o impacto econômico do processo químico, a partir das métricas Fator-E e EMR, enquanto o item **b** explora o impacto ambiental, ao propor uma análise dos efeitos tóxicos-ambientais dos reagentes empregados na síntese do sal imidazólico, a partir de dados de avaliação qualitativa fornecida em uma

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

tabela específica. Considerando que o reagente 1-metil-imidazol é comum à síntese do sal 1 e à do sal 2, o candidato deveria decidir pela produção do sal 1 ou 2 a partir da toxicidade dos reagentes de $X = \text{Cl}$ ou $X = \text{Br}$, concluindo pela recomendação de produção do sal 1, pois ele tem o reagente com menores efeitos tóxicos/ambientais. A questão procura mostrar, embora não fosse alvo de análise, que a avaliação de impacto ambiental e econômico em um dado processo químico pode levar a indicações opostas e que a decisão final depende de um estudo mais abrangente.

Resposta Esperada

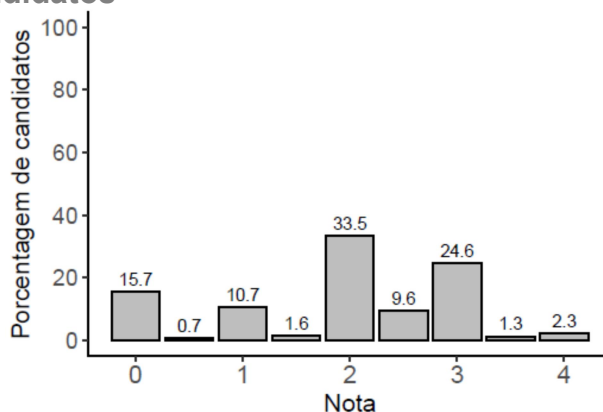
a) (2 pontos)

O sal 2 seria recomendado para a produção considerando-se as métricas Fator-E e EMR. O Fator-E relaciona a massa de resíduos com a massa de produto gerado. Assim, valores menores de Fator-E indicam menor geração de resíduos e maior eficiência do processo. A EMR relaciona a massa do produto com a massa dos reagentes. Assim, valores maiores de EMR indicam melhor rendimento da reação e maior incorporação de reagentes no produto desejado.

b) (2 pontos)

A reação de formação do sal imidazólico ($X = \text{Cl}$ ou Br) tem um reagente comum, que é o 1-metil-imidazol. Assim, é necessário analisar os efeitos tóxico-ambientais do reagente alquilante: 1-cloro-hexano e 1-bromo-hexano. Com base nos dados apresentados no quadro, seria recomendada a produção do sal 1, usando-se o 1-cloro-hexano, que é o que apresenta os menores efeitos de toxicidade e de persistência.

Desempenho dos candidatos



A questão apresentou índice de facilidade de 0,48, sendo considerada de nível médio. Aproximadamente 67,7% dos candidatos obtiveram notas entre 2 e 3, registrando-se uma porcentagem extremamente baixa de notas 4. A composição das notas 2 e 3 se deu principalmente pelo acerto integral do item **a** ou pelo acerto parcial do item **a** e parcial do item **b**. A baixa porcentagem de notas 4 se deve principalmente ao erro na justificativa no item **b**. Considerando a distribuição das notas e o índice de discriminação de 0,43, a questão foi considerada boa.

Comentários Gerais

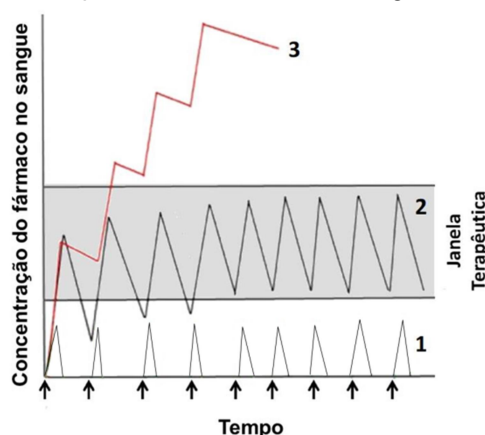
Apenas com base na interpretação e extração de informações do enunciado, sem necessidade de um conhecimento químico específico e prévio, o candidato teria grande chance de acertar a questão 20. No entanto, a falta de leitura crítica do enunciado e interpretação dos dados apresentados prejudicou o desempenho dos candidatos. O item **a** registrou maior porcentagem de acerto com notas 2 que o item **b**. A principal fonte de erro foi a justificativa para a escolha do sal 2, interpretando-se de forma equivocada (inversa) os parâmetros Fator-E e EMR, ou omitindo-se a justificativa ou a análise do significado de cada

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

parâmetro analisado. O item **b** apresentou um alto índice de notas 1, o que explica a porcentagem elevada de notas entre 2 e 3, e a baixa porcentagem de notas 4. Isso ocorreu porque a grande maioria dos candidatos escolheu corretamente, com base nos efeitos tóxico-ambientais, que deveria ser produzido o sal 1, porém, associou isso à menor toxicidade do sal 1 produzido, sendo que a tabela apresenta os efeitos toxicológicos/ambientais dos reagentes e não dos produtos.

Questão 21

A Farmacocinética estuda a absorção de um fármaco, sua distribuição nos líquidos corporais e tecidos, sua metabolização e eliminação. Saber o que acontece com um fármaco no interior de um organismo vivo é crucial para garantir sua biodisponibilidade e, conseqüentemente, sua eficácia e segurança, considerando possíveis efeitos tóxicos. Para que um fármaco seja eficaz, ou seja, exerça a ação desejada, sua concentração no sangue deve estar dentro da "janela terapêutica". Assim, conhecendo-se o perfil de absorção e de metabolização de um fármaco, essa faixa de concentração pode ser assegurada levando-se em consideração a concentração da dose aplicada, bem como a frequência de administração do fármaco, indicada pelas setas na figura abaixo. A figura apresenta as curvas de concentração-tempo de certo fármaco no sangue.



- a) Considerando o enunciado, complete a tabela no espaço de resposta, associando as curvas do gráfico com os tipos de metabolismos: **normal**, **lento** e **acelerado**. Justifique.
- b) Considerando o perfil apresentado pelo fármaco, como os parâmetros poderiam ser alterados para garantir **segurança** e **eficácia** na administração do fármaco em duas situações: **(S1)** indivíduo com **metabolismo lento** e **(S2)** indivíduo com **metabolismo acelerado**. Explique.

	Curva 1	Curva 2	Curva 3
Metabolismo			

(b)

S1 - Lento:

S2 - Acelerado:

Objetivo da Questão

A questão aborda conceitos de cinética química, velocidade de reação e expressões de concentração. O candidato deveria ler, analisar, comparar e interpretar informações apresentadas no enunciado e em um gráfico de concentração em função do tempo. A questão se contextualiza num exemplo do cotidiano e sua solução se configura como uma tomada de decisão em relação ao problema apresentado. É importante salientar que a decisão exigida na resposta deve ser tomada apenas por profissional da área de saúde, legalmente constituído. A questão da dosagem de remédios e alimentos se reveste de importância, pois, em

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

geral, diferenças no metabolismo podem ser comprometedores na eficácia de medicações ou dietas. Assim, a questão é oportuna por alertar o cidadão (estudante/vestibulando) sobre possíveis modificações de dosagem sugeridas por médicos ou nutricionistas. O foco dado ao conhecimento de assuntos como quantidades de substância, concentrações e cinética foge, dessa forma, do tradicionalmente apresentado em livros textos e materiais didáticos, contribuindo para um ensino mais “utilizável” pelo cidadão. O assunto contextualiza-se na administração e controle no uso de fármacos, e está presente também na área de Biologia, Medicina e Farmacologia.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

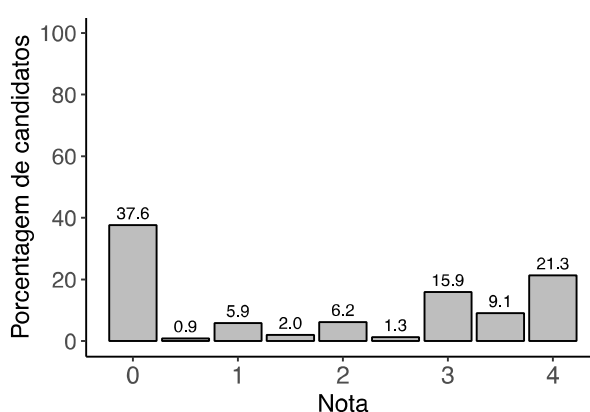
Metabolismo	Curva 1	Curva 2	Curva 3
	Acelerado	Normal	Lento

No metabolismo acelerado, a taxa de metabolização é rápida e não permite que a concentração atinja a janela terapêutica. Já no metabolismo normal, a taxa de metabolização permite que a concentração do fármaco se mantenha dentro da janela terapêutica. Por outro lado, no metabolismo lento, a taxa de metabolização é lenta e faz com que a concentração do fármaco aumente continuamente.

b) (2 pontos)

Para o indivíduo com metabolismo lento, uma possibilidade seria administrar as doses de fármaco em intervalos de tempo maiores (menor frequência de administração) ou diminuir a concentração da dose administrada. Para o indivíduo com metabolismo acelerado, as doses devem ser administradas em intervalos de tempo mais curtos (maior frequência de administração) ou em dose mais concentrada para atingir a janela terapêutica.

Desempenho dos candidatos



O desempenho geral foi bom, exceto para a área de Tecnológicas. A pontuação nos dois itens foi bem próxima, sendo um pouco mais elevada no item **b**: 0,87 pontos no item **a** e 1,02 pontos no item **b**. A questão apresentou índice de facilidade de 0,47, sendo considerada de nível médio. Aproximadamente 38% dos candidatos tiveram uma pontuação igual a 0 de um total de 4 pontos possíveis. Esta alta concentração de notas zero não corresponde a provas em branco, mas está relacionada com a falta de entendimento geral da questão. Por outro lado, o índice de discriminação da questão foi de 0,78, considerado excelente.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

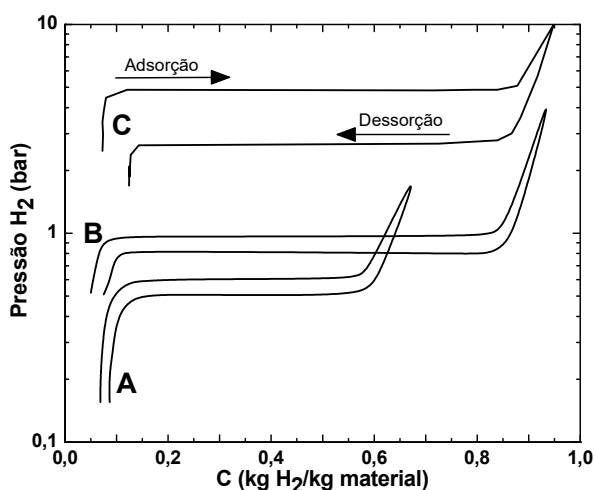
Comentários Gerais

O enunciado da questão explica em linhas gerais como o metabolismo e a absorção de substâncias nos organismos vivos (no caso, seres humanos) podem influenciar o desempenho de um fármaco no combate a uma doença. O texto deixa claro que é importante que a concentração do fármaco no sangue esteja numa faixa desejável (janela terapêutica) durante o tempo de combate à doença. Por outro lado, o texto não deixa claro, propositadamente, como a absorção e o metabolismo do fármaco influenciam a manutenção dessa faixa terapêutica. Assim, é preciso perceber que o metabolismo (“destruição”) do fármaco e a absorção estão em sentidos opostos. O item **a** da questão pede que se relacionem as curvas de concentração do fármaco no sangue (eixo *y*) com a velocidade de metabolização do fármaco, representado como o tempo (eixo *x*). É necessário perceber que quanto mais acelerado o metabolismo mais dificilmente aumenta a concentração do fármaco no sangue. O principal erro nesse item foi não estabelecer corretamente essa correlação, sendo que muitos erros foram cometidos por candidatos que confundiram os parâmetros metabolismo e absorção, muitas vezes tomando-os como sinônimos. A confusão em parte vem do fato de que muitos fizeram um paralelo entre a digestão de alimentos e sua absorção. É bem provável que, nesses casos, não haja uma compreensão correta de termos como metabolismo, anabolismo, absorção, etc. Quando a justificativa apresentada no item **a** se baseia na absorção e não no metabolismo, o normal é uma inversão na atribuição das curvas para os metabolismos lento e acelerado, já que o médio deve ser, logicamente, atribuído à curva 2. O item **b** da questão é também muito claro ao pedir mudanças em parâmetros (concentração do fármaco e frequência de administração) para os metabolismos acelerado e lento. O primeiro requisito para se responder corretamente é perceber quais são os parâmetros a que se refere a questão. Assim, para garantir a janela terapêutica no metabolismo lento, pode-se diminuir a concentração e a frequência de administração. Ao contrário, para um metabolismo rápido, pode-se aumentar a concentração ou a frequência de administração. O erro mais comum foi inverter a lógica; dessa forma, as notas mais comuns no item **b** foram 0 e 2. Muitas respostas erradas se basearam no senso comum. Foram estabelecidas relações com a alimentação, estilo de vida e forma do fármaco com o metabolismo. Por exemplo: a pessoa com metabolismo lento precisa ingerir mais proteínas e energéticos, perder gordura, fazer exercícios e tomar o remédio em jejum na forma de líquida ou em pó para aumentar a superfície de contato e desse modo a absorver mais remédio. Para o metabolismo acelerado, comer mais carboidratos, tomar calmante, engordar e reduzir os exercícios, além de tomar o remédio após a refeição em comprimidos para reduzir a superfície de contato e assim absorver menos fármaco. Diversas vezes o uso de enzimas como catalisadores para o metabolismo lento foi mencionado e também trocar de fármaco: o lento tomar a medicação do acelerado e o acelerado tomar a medicação do lento. A banca elaboradora e o revisor de área esperavam um nível médio de dificuldade na questão, o que se confirmou. Estatisticamente a questão foi considerada de dificuldade média, sendo que o melhor desempenho ocorreu entre os candidatos de Medicina, com IF 0,78, e o mais baixo na área de Tecnológicas, com IF de 0,31. Na média, o IF foi de 0,47. Como diferenciador entre os candidatos, a questão foi classificada como excelente, com ID de 0,74. Esse desempenho é reflexo, em parte, das características da questão: não exige cálculos, é um assunto estudado em outras áreas, sendo que a questão da cinética também é bem discutida na Física, inclusive com extensiva análise gráfica. Por outro lado, a questão exige um domínio na leitura de gráfico e conhecimento bem básico sobre quantidades e concentração. Dessa forma, o IF fica elevado, mas como a questão exige ferramentas diversas ela acabou por separar melhor os candidatos. O índice de zeros foi de 37,5%, um resultado elevado, considerando-se que, estatisticamente, esse resultado seria esperado se todos os candidatos “chutassem” parte da resposta do item **a**, já que havia 3 possibilidades de resposta. Daí se conclui que muitos erraram, não por terem “chutado”, mas porque não souberam interpretar as informações. Por outro lado, cerca de 50% dos candidatos ficaram abaixo da média, um resultado compatível com o nível da questão, no entanto, nada se pode afirmar sobre a relação entre esse resultado e a dificuldade com o conhecimento específico, já que a questão exige mais interpretação e leitura do que propriamente conteúdo. Por outro, qualitativamente, muitos erros foram cometidos na tentativa de responder às questões utilizando o senso comum. Aliás, toda vez que o cotidiano aparece de forma bem declarada numa questão, esse tipo de erro se torna comum.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

Questão 22

Um dos grandes desafios para a consolidação de uso do hidrogênio como combustível é seu armazenamento seguro e em grande quantidade. O hidrogênio pode ser armazenado puro, como gás ou líquido. Atualmente, parece mais adequado armazenar o hidrogênio na forma de hidretos metálicos ou adsorvido em materiais porosos nanoestruturados. Para que o armazenamento seja considerado eficiente, o material deve apresentar capacidade de armazenamento máxima em pressão constante e boa reversibilidade; ou seja, o armazenamento (adsorção) e a liberação (dessorção) devem ocorrer em condições similares. Essas características do armazenamento podem ser observadas em um gráfico denominado “isoterma de adsorção”, que é uma curva de composição de hidrogênio no material (C, kg de H₂/kg de material) em função da pressão.



a) A figura ao lado mostra a isoterma de três materiais que poderiam ser empregados para armazenar H₂. Qual curva (A, B ou C) representa o melhor material para se armazenar o hidrogênio? Justifique sua escolha.

b) Um carro com motor a combustão interna consome 24 kg de gasolina ($d = 700 \text{ kg m}^{-3}$) ou 8 kg de hidrogênio para percorrer uma distância de 400 km, adsorvido em um material intermetálico do tipo Mg₂Ni. Considerando que a massa e o volume de um carro médio são aproximadamente de 6 m³ e 1.000 kg, respectivamente, uma possível **desvantagem** desta tecnologia alternativa estaria relacionada à **massa** ou ao **volume** relativamente ocupado pelo Mg₂Ni? Justifique.

Dados do Mg₂Ni: capacidade de armazenamento de H₂ = 3,6 kg de H₂ por 100 kg de Mg₂Ni; densidade = 3.400 kg m⁻³.

Objetivo da Questão

Esta questão aborda conceitos de gases, equilíbrio químico e cálculos estequiométricos (relações ponderais e volumétricas nas reações químicas). A questão é um exemplo da aplicação do conteúdo, já que trata do desenvolvimento de um dispositivo para armazenamento de gás hidrogênio para ser utilizado como combustível. É um desenvolvimento tecnológico e científico, mas não deixa de ser algo que permeia o dia a dia do cidadão, já que há uma cobrança da sociedade pelo desenvolvimento de alternativas para o uso de combustíveis fósseis. Esse desenvolvimento “esbarra” em algumas dificuldades, duas das quais são retratadas no problema: aumento de volume e aumento de peso nos automóveis com a introdução da tecnologia do combustível à base de hidrogênio. O conhecimento em questão também está presente na área de Física e Engenharia, principalmente no campo profissional. No meio produtivo relacionado ao tema, é usual a presença de equipes multidisciplinares, além de químicos.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

A curva B representa o melhor material para se armazenar hidrogênio. Ela apresenta simultaneamente uma capacidade de armazenamento máxima em pressão constante e boa reversibilidade.

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

b) (2 pontos)

Inicialmente, deve-se calcular a massa e o volume ocupado pela gasolina e pelo material Mg₂Ni.

Para a gasolina, temos que:

$$V_{\text{gasolina}} = m_{\text{gasolina}} / d_{\text{gasolina}} = 24 \text{ kg} / 700 \text{ kg m}^{-3} = 0,034 \text{ m}^3.$$

Para o hidrogênio, temos que:

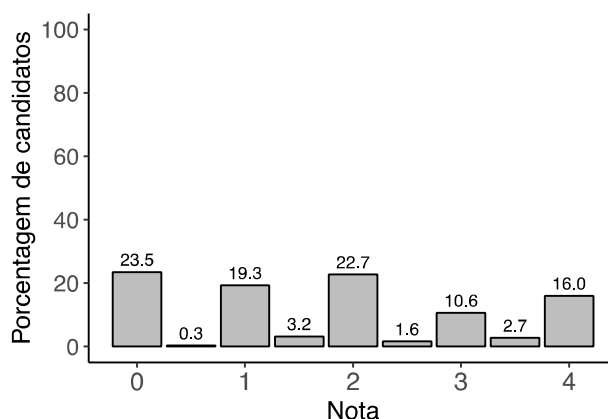
$$m_{\text{Mg}_2\text{Ni}} = 8 \text{ kg} / 0,036 = 222,2 \text{ kg}$$

$$V_{\text{Mg}_2\text{Ni}} = m_{\text{Mg}_2\text{Ni}} / d_{\text{Mg}_2\text{Ni}} = 222,2 \text{ kg} / 3.400 \text{ kg m}^{-3} = 0,065 \text{ m}^3.$$

O percentual do volume ocupado pelo tanque de hidrogênio ou de gasolina em relação ao volume total do carro é pequeno, assim como o percentual em massa para a gasolina. Por outro lado, o percentual em massa do material Mg₂Ni provoca uma aumento de 22% na massa do carro, o que seria uma possível desvantagem dessa tecnologia.

Obs.: A massa de H₂ de 8 kg pode se levada em consideração, apesar de ser pequena quando comparada com a massa do material.

Desempenho dos candidatos



De um modo geral, o desempenho dos candidatos se situou na média. Observou-se uma pontuação maior no item **a** (1,09) em comparação com a do item **b** (0,70). Esse resultado está dentro do esperado, uma vez que no item **a** a pontuação 1 pode vir de uma escolha correta de uma resposta entre 3 possíveis. Estatisticamente, isso significa a possibilidade de pontuação para 33% dos candidatos.

Comentários Gerais

No item **a** da questão, o candidato deve indicar qual das três curvas representa o melhor material para se armazenar o hidrogênio e justificar sua escolha. O candidato pode recorrer ao enunciado da questão em que se afirma que, para um armazenamento eficiente, o material deve apresentar alta capacidade de armazenamento em pressão constante e boa reversibilidade, o que significa que o armazenamento e a liberação do gás adsorvido devem ocorrer em condições similares. É preciso essa afirmação com os dados do gráfico, o que significa que a curva escolhida deve mostrar um maior valor de massa de H₂ adsorvido e que as duas curvas, adsorção e dessorção, devem ocorrer em pressões mais próximas uma da outra. Esses requisitos são mais bem evidenciados pelo material da curva B. Assim, a resposta envolve somente interpretação de texto e leitura de gráfico corretas. Os candidatos que pontuaram no item com maior frequência identificaram corretamente a curva B, mas falharam ao apresentar somente um dos motivos

PROVA COMENTADA · 2ª FASE · CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E SAÚDE BIOLOGIA / QUÍMICA

pelos quais o armazenamento é eficaz, ou pela quantidade ou pela reversibilidade. Muitos candidatos apresentaram justificativas incorretas, indicando, por exemplo, que a pressão deveria ser baixa ou próxima de 1 bar. Assim, a nota mais comum nesse item foi 1 ponto, de um total de 4 pontos possíveis. Chamou a atenção a argumentação de que a curva B se apresentava mais “constante” que as outras ou então com uma faixa maior de pressão constante, uma justificativa claramente incorreta. Outra resposta frequente foi a de que a curva B envolve armazenamento/liberação em condições próximas da pressão ambiente/atmosférica, acrescida de argumentos sobre a segurança do armazenamento de H_2 . Para os candidatos que obtiveram os 2 pontos no item, foi comum comparar as curvas, eliminando a curva C por não ter boa reversibilidade e a curva A por ter baixa capacidade de armazenamento. Poucas justificativas, porém, deixavam claro que o armazenamento máximo da melhor isoterma deveria acontecer em pressão constante, sendo que frequentemente o candidato se referia à capacidade máxima de adsorção da(s) curva(s) em seu ponto de maior pressão de H_2 . Outros erros menos frequentes: argumentar que a curva B era a mais “equilibrada” ou “segura”, que tinha maior pressão de H_2 que a curva A ou menor pressão de H_2 que a curva C, e correlacionar a pressão de adsorção/dessorção com capacidade de armazenamento. O item **b** pede que se comente, para uma dada condição, se a maior desvantagem no uso da nova tecnologia do combustível H_2 adsorvida está relacionada à massa ou ao volume adicional ocupado pelo Mg_2Ni , o adsorvente de H_2 . Para responder a esse item, é preciso efetuar alguns cálculos estequiométricos para dimensionar a massa de Mg_2Ni e seu volume e depois verificar percentualmente qual a contribuição de cada um deles para a massa e o volume total do carro, respectivamente. Verifica-se que a massa do material representaria um acréscimo de 22% na massa de um carro médio, a despeito de o volume de Mg_2Ni ser aproximadamente o dobro do volume ocupado pela gasolina. No entanto, a contribuição percentual é muito menor. Logo, além da compreensão do conceito de densidade, o candidato deveria apresentar senso crítico ao avaliar qual fator seria mais problemático na tecnologia. Dos que responderam que o acréscimo de massa seria a maior desvantagem, muitos justificaram conceitualmente de modo correto que o material intermetálico da adsorção é significativamente mais denso e possui baixa capacidade de adsorção, mas não receberam pontuação máxima pois não utilizaram cálculos com os dados numéricos fornecidos. Os candidatos que responderam que o volume seria a principal desvantagem, em geral, não justificaram usando cálculos e sim afirmativas, tais como, “o hidrogênio é um gás e, portanto, ocupa volume maior que líquidos como a gasolina”, ou respostas iniciadas por “sim” ou “não” – na maioria das vezes com justificativas completamente erradas, indicando que falharam em compreender a pergunta chave do enunciado. Entender que a justificativa deveria apresentar os valores numéricos dados era uma das chaves para a resposta correta no item. Deve-se ressaltar que muitos candidatos utilizaram arredondamentos exagerados na massa do material intermetálico ao fazer o cálculo da fração 2000/9, apresentando valores >230 kg, o que implicou pontuação baixa. Outros realizaram todos os cálculos corretamente, mas afirmaram incorretamente que ambos, massa e volume, eram desvantajosos para essa tecnologia, mostrando falta de senso crítico ao comparar os valores dessas grandezas com os de um carro médio. O índice de facilidade (IF) foi bastante elevado para os candidatos da área de Medicina, 0,70, e menos que a metade disso para a área de Tecnológicas, IF de 0,28. No geral, o IF foi de 0,46, evidenciando uma questão de nível médio, embora a banca elaboradora e o revisor de área esperassem que a questão seria difícil. Por outro lado, a análise estatística considerou a questão excelente em termos da capacidade de discriminação dos candidatos. Vale lembrar que a questão exige apenas uma leitura atenta e uma interpretação adequada das informações no item **a**. O item **b**, por outro lado, exige um conhecimento específico e separa, portanto, quem domina de quem não domina o conteúdo. As notas dos candidatos distribuíram-se de forma bem homogênea, em torno de 22% para zero, um e dois pontos, em quatro possíveis; com nota 3, 11% dos candidatos e com nota 4, 16%. A média geral foi de 1,79 pontos para 4 possíveis, sendo que o item **a** apresentou uma pontuação média de 1,09 em 2 pontos possíveis, e o item **b**, 0,7 pontos.