

VERSÃO DO AVALIADOR

PROIBIDO REPRODUÇÃO

vestibular nacional
UNICAMP

2ª Fase

Química

INTRODUÇÃO

A banca elaboradora da prova de química da segunda fase do vestibular 2020, ao escolher a *Revista Pesquisa FAPESP* como fonte única de informação na elaboração das questões, tinha vários objetivos. No meio acadêmico, a FAPESP desempenha um papel extremamente importante na geração de conhecimento técnico e científico no Estado de São Paulo, ao financiar projetos em todas as áreas do conhecimento, englobando parceiros da rede pública e privada, Universidades, Centros de Pesquisas e Indústria. Parte dos resultados desse investimento é apresentada na *Revista Pesquisa FAPESP* e se configura num instrumento de múltiplas facetas. A banca de Química, observando que a revista se encontra com livre acesso na rede internacional (internet) e que traz os assuntos e reportagens numa linguagem quase pronta para ser usada em sala de aula no Ensino Médio, resolveu mostrar uma das possibilidades de exploração desse importante meio de comunicação no processo de ensino e aprendizagem. Assim, a banca escolheu alguns assuntos em que o conhecimento químico está presente e elaborou suas 12 questões. É importante observar que os trechos selecionados, algumas vezes, foram adaptados ao espaço e tempo disponíveis. Por vezes, foi necessário efetuar alguns ajustes nos textos da revista, de modo a corrigir pequenos problemas de linguagem, no que diz respeito, essencialmente, ao conteúdo químico. A banca também se preocupou em mostrar assuntos polêmicos, evidenciando a divergência entre pesquisadores e também a contrapartida negativa de alguns avanços tecnológicos, de modo a estimular o espírito instigativo e argumentativo que se pode ter ao se fazer uso da revista com propósitos de ensinar. Dessa forma, a banca acredita ter contribuído com o duplo papel de selecionar os candidatos para a Universidade e oferecer uma estratégia para o ensino de química.

As questões dessa prova exploram matérias da **Revista Pesquisa FAPESP** (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), uma publicação mensal disponível gratuitamente na rede mundial. Essa é uma importante fonte de informação para a sociedade em geral e particularmente útil para quem quer aprender e ensinar em todas as áreas do conhecimento. As questões seguintes são um singelo exemplo desse uso. BOA PROVA!

1. Numa entrevista à *Revista n°163*, um astrofísico brasileiro conta que propôs, em um artigo científico, que uma estrela bastante velha e fria (6.000 K), da constelação de Centauro, tem um núcleo quase totalmente cristalizado. Esse núcleo seria constituído principalmente de carbono e a estrela estaria a caminho de se transformar em uma estrela de diamante, com a cristalização do carbono.

- a) O pesquisador relata ter identificado mais 42 estrelas com as mesmas características e afirma: *Enquanto não termina o processo de cristalização do núcleo, as estrelas de diamante permanecem com a temperatura constante.* No que diz respeito à temperatura, independentemente de seu valor absoluto, ele complementa essa afirmação fazendo uma analogia entre o processo que ocorre na estrela e a solidificação da água na Terra. Com base no conhecimento científico, você concorda com a analogia feita pelo pesquisador? Justifique.
- b) Ao final da reportagem afirma-se que: *No diamante da estrela, apenas 0,01 Å separa os núcleos dos átomos do elemento que o compõem.* Considerando-se que o raio atômico do carbono no diamante da Terra é de 0,77 Å, quanto valeria a relação numérica entre os volumes atômicos do carbono (Terra/estrela)? Mostre seu raciocínio.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Sim, a analogia está correta. Por se tratar de mudança de estado físico, a temperatura do sistema água permanece constante durante o processo de solidificação, assim como ocorre no caso das estrelas de diamante, conforme afirma o texto..

b) (2 pontos)

Como o átomo é considerado uma esfera, o seu volume é dado por $V = 4/3 \pi r^3$. Aplicando-se a equação aos dois átomos, tem-se:

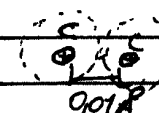
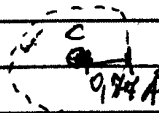
$$V_T = 4/3 \pi r_T^3 \text{ e } V_E = 4/3 \pi r_E^3. \text{ Assim, } V_T / V_E = (r_T/r_E)^3.$$

O raio do átomo na estrela é $r_e = (0,01/2) \text{ \AA} = 0,005 \text{ \AA}$, enquanto que na Terra é $r_t = 0,77 \text{ \AA}$ (dado).

Aplicando-se a equação, tem-se: $V_t / V_e = (r_t/r_e)^3 = (0,77/0,005)^3 = 3.652.264 = 3,65 \times 10^6$.

Exemplo Acima da Média

a) Sim, conforme com a analogia. Pois, assim como o processo de cristalização da estrela, na solidificação da água pura a temperatura se mantém constante até o fim do processo.

b) Diamante da estrela:	
 $\rightarrow 0,01 \text{ \AA} = 2r$ $r = 0,005 \text{ \AA}$ (raio átomo estelar)	Sabendo que $V_{\text{est}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot R^3}{3}$:
	$\frac{V_{\text{est}}}{V_{\text{Terra}}} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3}{4 \cdot \pi \cdot R^3}$
Diamante terrestre:	
 $R = 0,77 \text{ \AA}$ (raio átomo terrestre)	$\frac{V_{\text{Terra}}}{V_{\text{est}}} = \frac{R^3}{r^3} = \frac{(0,77 \cdot 10^{-10} \text{ m})^3}{(5 \cdot 10^{-11} \text{ m})^3}$
	$\frac{V_{\text{Terra}}}{V_{\text{est}}} = \frac{47^3 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3}{5^3 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3} = \frac{47^3}{5} \cdot 10^3$
	$\frac{V_{\text{Terra}}}{V_{\text{est}}} \sim 3652 \cdot 10^3$
	$\frac{V_{\text{Terra}}}{V_{\text{est}}}$

Exemplo Abaixo da Média

a) Não, no processo de solidificação da água a temperatura não permanece constante, a temperatura vai diminuindo continuamente, por isso não há uma analogia entre o processo que ocorre na estrela com a solidificação da água.

b) $\frac{0,01}{0,77} = \frac{1}{77} = 0,01$

Comentários

A questão 1 traz dois conteúdos distintos nos itens **a** e **b**. O item **a** diz respeito à constância da temperatura durante uma mudança de estado físico de uma substância pura. Com o objetivo de dirigir o raciocínio apenas para o fato citado na frase anterior, o texto do item **a** instrui que se desconsidere uma possível diferença entre os valores absolutos de temperatura nos dois processos, cristalização do carbono e solidificação da água. De resto, a única exigência para a resposta correta ao item é ter o conhecimento de que a temperatura é constante na mudança de estado. Alguns candidatos erraram a resposta ao considerar a “água da Terra” e não a “água na Terra”, como estava no texto. É importante reforçar que, se o objetivo fosse uma comparação com a água da Terra, a resposta seria muito complicada para os propósitos do exame, porque a água da Terra apresenta

composições variadas. O item **b**, por outro lado, diz respeito a dois conteúdos diferenciados: no primeiro momento exige que se conheça o conceito de raio atômico e, num segundo momento, exige-se o conhecimento matemático da relação entre o volume e o raio em uma esfera. O texto da revista não faz referência à distância entre os núcleos dos átomos, o que a banca decidiu inserir no texto do item **b**, de modo a facilitar a resposta. É importante esclarecer que em exemplos como esse, embora os cálculos sejam complicados pelas reais dimensões aceitas cientificamente, didaticamente não se justificaria a atribuição de valores fictícios de raios atômicos. A nota média de 1,9 em 4 pontos possíveis revela que a questão foi de dificuldade média para os candidatos. O índice de acertos foi maior no item **a** do que no item **b**. Os candidatos mostraram dificuldade nos cálculos, sendo o principal erro o cancelamento de potências de três na expressão $(0,77)^3/(0,005)^3$.

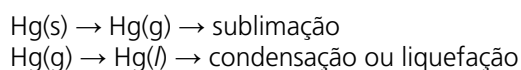
2. Na Revista n°146 descreve-se um sistema de descontaminação e reciclagem de lâmpadas fluorescentes que separa seus componentes (vidro, mercúrio, pó fosfórico e terminais de alumínio), tornando-os disponíveis como matérias-primas para reutilização em vários tipos de indústria.

- a)** Num trecho da reportagem, a responsável pelo projeto afirma: *Essa etapa (separação do mercúrio) é realizada por um processo de sublimação do mercúrio, que depois é condensado à temperatura ambiente e armazenado para posterior comercialização.* Considerando apenas esse trecho adaptado da reportagem, identifique as transformações físicas que o mercúrio sofre e as equacione adequadamente.
- b)** Em relação à recuperação do mercúrio, a pesquisadora afirma: *O mínimo para comercialização é 1 quilo, sendo que de cada mil lâmpadas só retiramos 8 gramas de mercúrio, em média.* Segundo a literatura, há cerca de 21 mg desse metal em uma lâmpada de 40 W. No contexto dessas informações, discuta criticamente a eficiência do processo de recuperação do mercúrio, considerando que todas as lâmpadas recolhidas são de 40 W.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

De acordo com o texto, o mercúrio passa inicialmente por um processo de sublimação (passagem do estado sólido para o estado gasoso) e posteriormente por um processo de condensação (passagem do estado gasoso para o estado líquido).



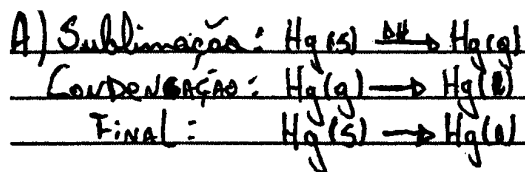
b) (2 pontos)

De acordo com o texto, de cada 1.000 lâmpadas se recuperam 8 gramas de mercúrio. Assim, de uma lâmpada se recuperam 8 mg. Dessa forma,

$$\begin{array}{l} 21 \text{ mg} \rightarrow \text{eficiência de } 100\% \\ 8 \text{ mg} \rightarrow x \qquad \qquad x = 38,1 \text{ \% recuperados.} \end{array}$$

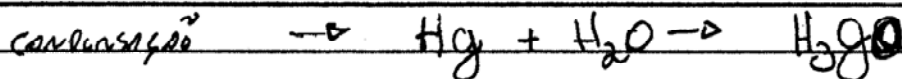
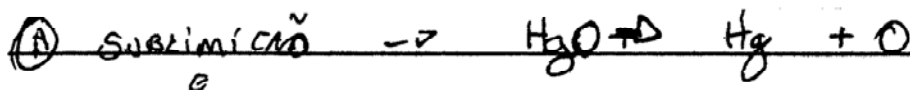
Isso significa que o processo consegue recuperar cerca de 38% do mercúrio de cada lâmpada, sendo que os outros cerca de 62% se perdem no processo. O desejável e ideal, econômica e ambientalmente, seria a recuperação de 100% do mercúrio empregado na lâmpada, já que se trata de um íon de metal pesado, que causa graves problemas ambientais.

Exemplo Acima da Média



B) Cada lâmpada de 40 W possui 21 mg de mercúrio, então mil lâmpadas fornecem 21 g de mercúrio. Analisando estes valores, observamos que o processo de recuperação do mercúrio não se mostra muito eficiente, visto que apenas 38% do mercúrio coletado é reaproveitado.

Exemplo Abaixo da Média



Ⓑ O processo de recuperação de mercúrio em lâmpadas de 40 W é de uma eficiência nula, pois em mil lâmpadas são retirados 21 g de mercúrio, sendo que em uma "lâmpada" há 21 mg. O processo apenas gasta dinheiro e não tem muita sustentabilidade para nós, tendo em vista a sua quantidade física de recuperação.

Comentários

A questão 3 traz, também, dois itens que se inserem em diferentes conteúdos. O item **a** pede que o candidato escreva as equações das transformações físicas que ocorrem com o mercúrio, quando de sua recuperação a partir de lâmpadas fluorescentes. É importante destacar que uma possível sublimação do mercúrio, como se relata na reportagem da revista, e aparece no texto do item **a**, não é observada em condições ambiente para o mercúrio puro. Para evitar que se considere esse fato na resposta ao item, o texto afirma que a equação deve ser escrita levando-se em conta apenas o que ali está escrito e não o que é de conhecimento geral. A dificuldade em se estabelecer como efetivamente o mercúrio se encontra no interior da lâmpada forçou o pesquisador, entrevistado pela revista, a falar em sublimação, mas essa pode não ser a conceituação mais apropriada. Equacionar essas transformações físicas, conforme pede o item **a**, não é muito comum, mas aparece com muita frequência em se tratando do estudo termodinâmico de mudanças de fases. Para equacionar corretamente é necessário utilizar o símbolo do mercúrio, que é informado na tabela periódica fornecida. Erros maiores ocorreram pela falta de indicação dos estados físicos ou da identificação do processo, conforme é pedido no texto. O item **b**, por sua vez, diz respeito a um cálculo estequiométrico, que envolve a determinação do rendimento do processo de recuperação do mercúrio. Pode-se considerar que esse tipo de cálculo é um dos mais simples e fáceis em química. Por outro lado, o item **b** é de muita relevância do ponto de vista ambiental e, dessa forma, muito importante para se discutir em sala de aula. O maior problema apresentado pelos candidatos, no

item **b**, foi a não observação das unidades de massa envolvidas, já que o texto do item informa valores em gramas e miligramas. Outro aspecto a comentar é que muitos candidatos que efetuaram corretamente o cálculo do rendimento, argumentaram que a recuperação do mercúrio não é eficiente pois seria necessário um número muito grande de lâmpadas para se obter 1 quilograma de mercúrio, o que não faz muito sentido. A nota média de 2,1 pontos em 4 possíveis, a segunda maior média da prova de química, revela que a questão não apresentou dificuldades maiores para os candidatos.

3. Na *Revista n°163* relatam-se alguns aspectos da pesquisa brasileira do etanol de segunda geração que visa à obtenção desse importante combustível a partir do bagaço e da palha da cana-de-açúcar. A obtenção do álcool pode se dar pela hidrólise desses materiais em meio ácido. Num dos trechos afirma-se: *enquanto o ácido sulfúrico destrói parte do açúcar formado, o ácido clorídrico, mais eficiente, tem um problema ligado à corrosividade, exigindo ligas de metal de custos elevados.*

a) A destruição do açúcar, citada no texto, pode ser exemplificada pela reação da sacarose com ácido sulfúrico concentrado, representada simplificada pela equação química:



onde $n < 11$. Levando-se em conta o conhecimento químico e a equação química apresentada, que evidências experimentais poderiam sugerir que o exemplo dado é uma reação química?

b) Um tipo de corrosão química do aço se deve à presença do íon cloreto. Diferenças na composição do aço podem levar a diferenças na resistência à corrosão; quanto maior o valor de *PRE* (*Pitting Resistance Equivalent*), mais resistente é o aço. Com base nos dados da tabela abaixo, que aço você escolheria para construir um reator para a obtenção de etanol do bagaço da cana por hidrólise com ácido clorídrico? Justifique.

Dado: $PRE = \%Cr + 3,3 \times \%Mo + 16 \times \%N$

Tipo de aço	%Cr	%Mo	%N
304LN	19	0	0,2
SAF2205	22	3	0,2
444	18	2	0,1
904L	19	4	0,1

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

Mudança de cor de branco para preto, formação de carbono, C(s).

Formação de gases, H₂O (g).

Aquecimento ou aumento da temperatura pela liberação de energia, $\Delta H < 0$.

b) **(2 pontos)**

Para se escolher o melhor aço a ser utilizado, calcula-se o *PRE* para cada tipo de aço:

$$\begin{aligned} \underline{304L} &= 19 + (3,3 * 0) + (16 * 0,2) = 22,2 \\ \underline{SAF2205} &= 22 + (3,3 * 3) + (16 * 0,2) = 35,1 \\ \underline{444} &= 18 + (3,3 * 2) + (16 * 0,1) = 26,2 \\ \underline{904L} &= 19 + (3,3 * 4) + (16 * 0,1) = 33,8 \end{aligned}$$

Seria escolhido, portanto, o SAF2205, que apresenta o maior valor de *PRE* entre os quatro tipos de aço. De acordo com as informações do texto, ele seria o mais resistente à corrosão, na presença do íon cloreto.

Exemplo Acima da Média

a) As evidências experimentais que poderiam sugerir que o exemplo dado é uma reação química são a formação de gás, que seria o H_2O no estado gasoso, e o aumento da temperatura da substância em questão, uma vez que $\Delta H < 0$, sendo uma reação exotérmica.

b) Tipo de aço: 304LN \rightarrow PPE = 22,6	O aço SAF 2205, é o mais resistente, de acordo com os cálculos, assim, é o mais recomendado para a construção do reator para a obtenção de etanol da bagaço de cana por hidrólise com ácido clorídrico.
SAF 2205 \rightarrow PPE = 26,5	
444 \rightarrow PPE = 25,2	
904L \rightarrow PPE = 33,8	

Exemplo Abaixo da Média

a) O exemplo dado é uma equação química pois está corretamente balanceada e independe dos valores de n , pois se de lado dos reagentes temos 15 átomos de oxigênio, do outro temos $n + 4 + (n-1) \cdot 1$, ou seja, também temos 15 de lado dos produtos e o mesmo ocorre com os átomos de hidrogênio. Além disso, no enunciado afirma-se que o ácido sulfúrico (H_2SO_4) destrói parte do açúcar formada, como ocorre na reação.

b) O aço SAF 2205 apresenta o maior valor de PPE entre os aços 304LN, 444 e 904L e é portanto, o mais indicado para construir um reator para a obtenção de etanol da bagaço de cana por hidrólise com ácido clorídrico pois é mais resistente à corrosão.

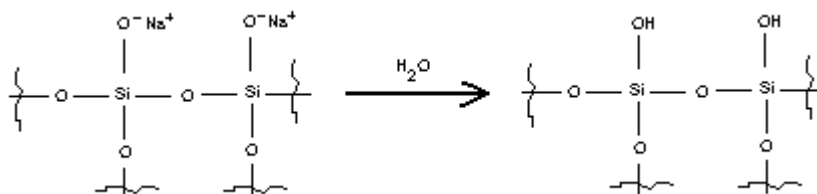
Comentários

A questão 3 explora dois conteúdos específicos de química, sem qualquer relação entre si, o que demonstra as múltiplas facetas de utilização do texto escolhido. O item a trata de evidências de ocorrência de reações químicas, um assunto extremamente bem explorado no Ensino Médio e que começa a ser ensinado já no Ensino Fundamental. A equação química apresentada nesse fornece alguns elementos que permitem inferir a ocorrência de possíveis evidências experimentais, que indicariam tratar-se de uma reação química. Observa-se, pela equação química fornecida, a formação de água gasosa, uma evidência de possível reação química. Também se observa a formação de carbono (fuligem), mudança de cor, além da liberação de energia (calor), indicada pela informação da entalpia da reação. A grande dificuldade dos candidatos foi transformar as informações da equação química fornecida em evidências experimentais observáveis. Muitos candidatos afirmaram que os produtos eram diferentes dos reagentes, o que não é uma evidência experimental, mas uma simples notação. Outro erro

comum foi afirmar que há a formação de água, o que também é apenas uma observação da equação química. Observa-se, então, que a maior dificuldade apresentada pelos candidatos, no item **a**, foi relacionada a uma leitura atenta do enunciado. O item **b**, por outro lado, exige a aplicação de uma equação de primeiro grau a valores fornecidos em uma tabela. Em geral, os candidatos não tiveram dificuldades maiores na resposta ao item, a não ser nos cálculos matemáticos envolvendo números decimais. Há que se acrescentar que o conteúdo exigido no item **b**, faz parte do Ensino Médio; entretanto, a questão da corrosão metálica não é explorada nesse nível de profundidade. A resolução correta desse item exige o cálculo dos valores de *PRE* para todos os tipos de aço, para que se possa justificar corretamente a escolha. A nota média de 1,5 em 4 pontos possíveis e o índice de facilidade de 0,4, parecem não refletir a expectativa criada quando se faz a leitura inicial dos itens.

4. *Milagre, Milagre... É a imagem de uma santa na vidraça!* Muitos comentários desse tipo foram veiculados na imprensa em 2002. Diante de tantas hipóteses e superstições para explicar a observação, a *Revista nº79* traz uma reportagem onde se conclui: *Aos poucos, portanto, a ciência desvenda os enigmas da natureza e, nesse caso, ensina que a "Nossa Senhora das Vidraças" não é um fenômeno do além. É apenas fruto do acaso...*

- a)** Do ponto de vista da Química, o texto afirma, em palavras, que um dos estágios da corrosão do vidro, em presença de água, pode ser representado simplificadaamente pelo esquema abaixo:



O que ocorre com o valor de pH da água (aumenta, diminui ou permanece constante) após um contato prolongado com o vidro? Justifique sua resposta.

- b)** Também se afirma no texto que se o vidro estiver exposto a um ambiente úmido e rico em CO_2 , um resíduo sólido pode se depositar em sua superfície. Dê o nome do resíduo e a equação química da reação de formação do depósito.

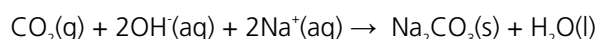
Resposta Esperada

a) (2 pontos)

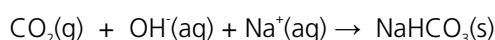
O pH da água aumenta, já que na reação que ocorre na corrosão do vidro o íon sódio (Na^+) vai para a água enquanto o íon hidroxônio (H^+) vai para o vidro. Com isso a concentração de OH^- na água fica maior que a de H^+ , o que faz aumentar o seu pH.

b) (2 pontos)

Com a umidade, o processo de corrosão citado no item **a** passa a ocorrer e o CO_2 do ambiente dissolve-se na água, formando CO_3^{2-} e/ou HCO_3^- . No caso do carbonato, o sólido que se deposita na superfície do vidro é o carbonato de sódio (Na_2CO_3):



No caso do hidrogenocarbonato, o sólido que se deposita na superfície do vidro é o hidrogenocarbonato de sódio (NaHCO_3):



Observação: Aceitou-se como resposta a indicação de ambos os sólidos ou apenas um deles. Também se aceitaram as denominações carbonato ácido de sódio e bicarbonato de sódio para o sólido NaHCO_3 .

Exemplo Acima da Média

a) O pH da água aumenta. Pois as reações com o vidro, a água libera OH⁻. Há formação de base.

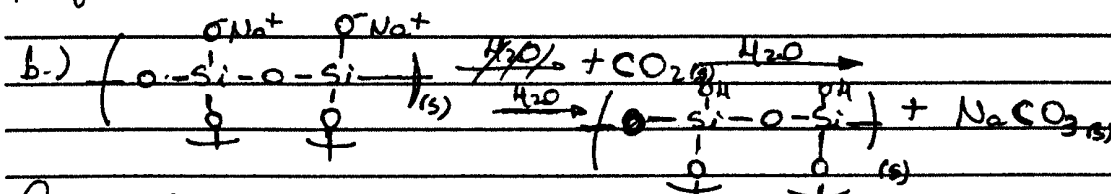
b) O resíduo é o carbonato de sódio (Na₂CO₃)

Que use forma resumida a equação:



Exemplo Abaixo da Média

a.) O pH da água após uma prolongada contato com o vidro forma-se ácido pois libera H⁺ para o vidro, como isso de longo seu pH diminuído progressivamente.



O nome do resíduo do depósito

é ~~carbonato de sódio~~ (Na₂CO₃)

O nome do resíduo do depósito é carbonato de sódio.

Comentários

A questão 4 traz um assunto que foi tema de debate na sociedade e que não foi objeto de um trabalho de pesquisa específico, mas de reflexões de um pesquisador a respeito do fenômeno da “Nossa Senhora das Vidraças”. O item **a** trata da corrosão do vidro pela ação da água. Nesse processo, essencialmente, íons sódio do vidro são substituídos por íons hidroxônio, o que leva a um aumento tênue do pH da água em contato com o vidro. Trata-se de equilíbrio ácido-base em meio aquoso, um tema bastante explorado no Ensino Médio. Vale a pena observar que não é apresentada uma equação química do processo, mas sim, um esquema. Dessa forma, a troca de Na⁺ por H⁺ fica contemplada, mas não se evidencia que “sobra” OH⁻ em quantidade maior que H⁺ na água, justamente o que se pergunta nesse item. Em geral os candidatos preferiram afirmar que o pH aumentava, pois havia a formação de NaOH, uma base forte. Embora tenha sido considerada uma justificativa correta, essencialmente essa não é a melhor explicação. Nesse caso é melhor pensar no equilíbrio iônico da água como justificativa para o aumento do valor de pH da água, evidenciando que, com a corrosão, há mais íons OH⁻ que H⁺ na água. O item **b**, de alguma forma, se conecta ao item **a**, já que o CO₂ é favoravelmente solubilizado na água em meio alcalino. A formação de qualquer um dos dois sólidos, como se observa na resposta esperada, é uma indicação correta; entretanto, é necessário que o CO₂ apareça na equação química de formação de qualquer um dos dois sólidos, já que, só assim, se justifica a ação desse gás na formação do sólido. É importante observar que o item **b** pede o nome do sólido formado, sendo que esse nome deve estar correlacionado com a respectiva fórmula do sólido. A nota média de 1,7 em 4 pontos possíveis, revela que a questão 4 foi de dificuldade um pouco superior a 0,5 para os candidatos. O índice de acertos foi maior no item **b** do que no item **a**.

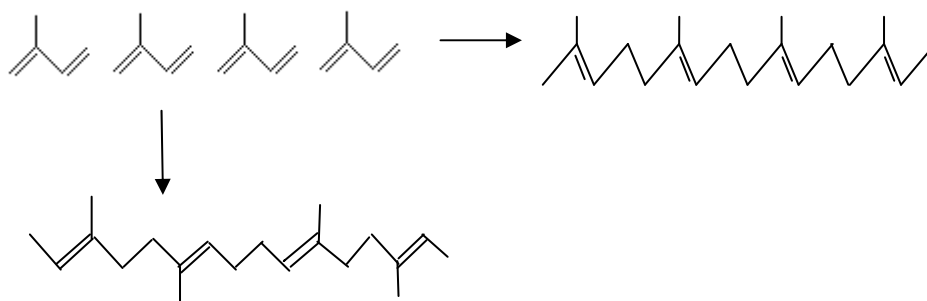
5. *Marcas Esmacidas - Gel feito de látex natural é a mais recente promessa para combater rugas.* Um teste preliminar realizado com 60 mulheres de idade próxima a 50 anos indicou uma redução de 80% das rugas na região da testa e dos olhos, após quase um mês de uso diário de um gel antirrugas feito de látex da seringueira. Esses dados são parte de uma reportagem sobre farmacologia, divulgada pela *Revista n°157*.

- a) O látex natural, a que se refere o texto, é uma dispersão coloidal de partículas de polímeros que, após coagulação, leva à formação da borracha natural. A partir da estrutura dos monômeros fornecidos no espaço de resposta, represente dois polímeros do látex, usando 4 monômeros em cada representação.
- b) Calcule a massa molar (g mol^{-1}) de um látex cuja cadeia polimérica, para efeito de cálculo, é constituída por 10.000 unidades do monômero.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Dois exemplos:



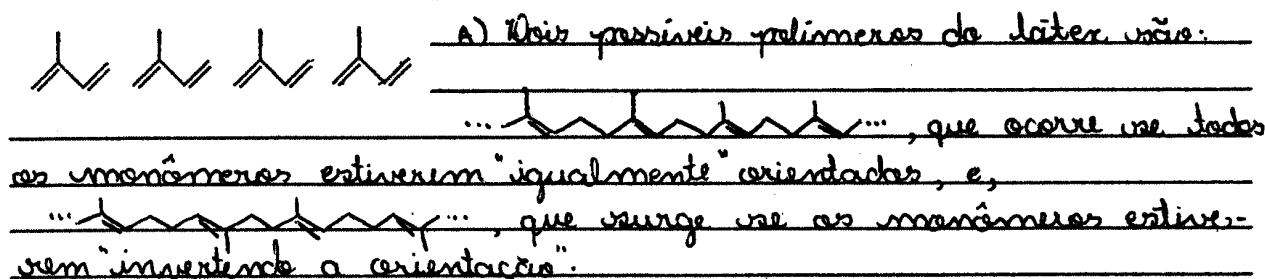
Há outras possibilidades.

b) (2 pontos)

A fórmula molecular do monômero é: C_5H_8 . Portanto, sua massa molar é igual a $(5 \times 12 + 8 \times 1) = 68 \text{ g mol}^{-1}$.

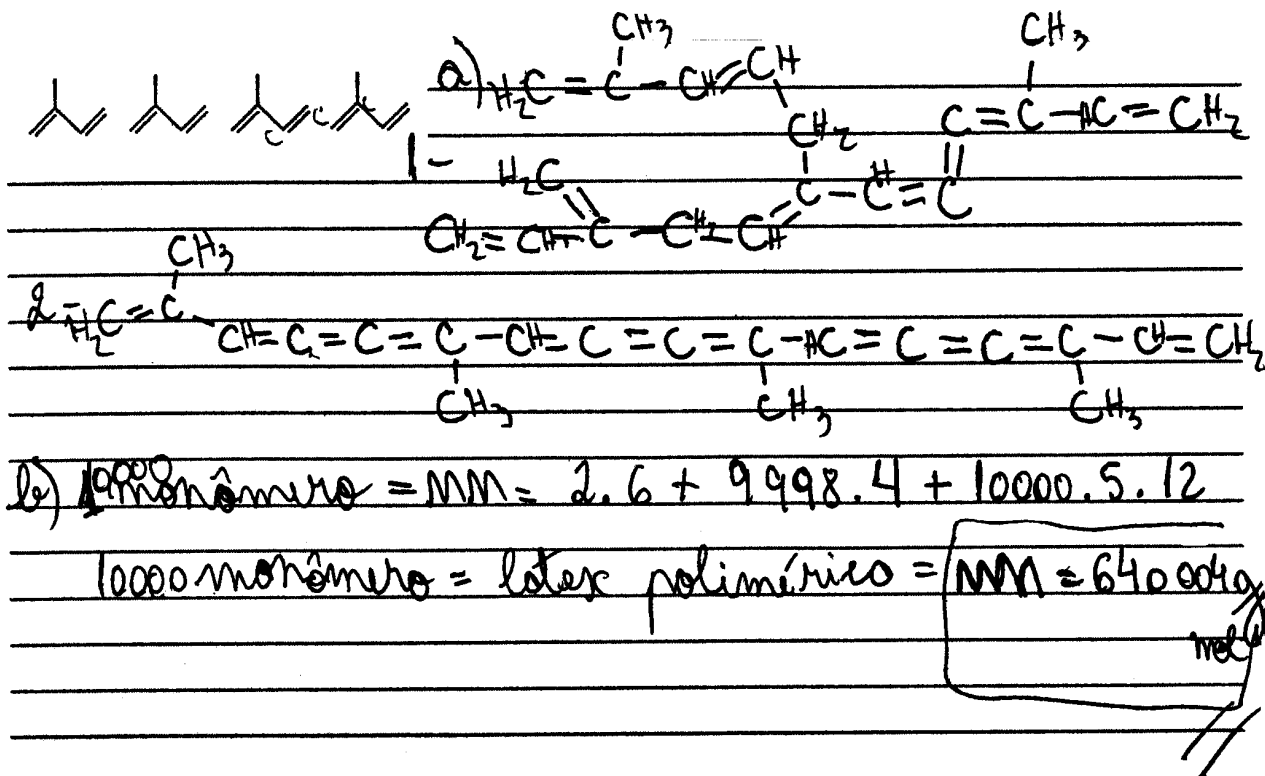
A massa molar do polímero é igual a $10.000 \times 68 = 680.000 \text{ g mol}^{-1}$.

Exemplo Acima da Média



B) Um monômero de látex (), cuja fórmula é C_5H_8 , possui massa molar 68 g mol^{-1} . Entretanto, para um polímero, deve-se verificar se há perda ou adição de átomos de moléculas diferentes do monômero. No caso da borracha, não há. Portanto, por regra de três, a cadeia polimérica terá $680.000 \text{ g mol}^{-1}$, mesmo ~~isto~~ mais dois, devido à redução de 20% em 2. Total: $680.002 \text{ g mol}^{-1}$.

Exemplo Abaixo da Média



Comentários

O assunto polímeros aparece, nessa questão, de uma forma um pouco diferente do convencional. O látex, que foi um material que conferiu bastante riqueza à região Norte do Brasil nos tempos coloniais, hoje aparece em muitos segmentos de nosso cotidiano, principalmente no campo da higiene e saúde. Tendo em vista os resultados obtidos pelos candidatos, pode-se considerar o item **a** o mais difícil da prova. O índice de acertos foi muito pequeno, mesmo sendo fornecida a fórmula estrutural do monômero formador dos polímeros que se pede na questão. Embora os monômeros apareçam no espaço da resposta, já na posição em que devem ser ligados, a maioria dos candidatos optou por formar cadeias cíclicas de átomos de carbono ou então com um átomo de carbono central ligado a quatro cadeias simultaneamente, formando uma espécie de “molécula aranha”. A dificuldade maior aparece quando é preciso alterar as posições das ligações duplas na formação dos polímeros. Poucos candidatos deixaram o item **a** em branco, mas o índice de acertos foi muito baixo. O item **b**, diferentemente, não apresenta grandes dificuldades de resolução, já que se exige apenas uma noção bem elementar de cálculo de massa molar. Alguns candidatos tiveram alguma dificuldade na resolução ao considerar que na polimerização estaria ocorrendo uma eliminação de hidrogênios, o que complica um pouco a resposta ao item **b**. A nota média de 0,7 em 4 pontos possíveis revela a grande dificuldade dos candidatos nessa questão. Não seria exagero afirmar que 95% dessa nota média se deve à nota obtida no item **b**.

6. A Revista nº161 relata um debate entre pesquisadores, no *workshop* Impactos Socioeconômicos, Ambientais e de Uso da Terra, sobre questões ambientais associadas à produção do etanol. A seguir, alguns trechos adaptados desse debate são transcritos:

A cana colhida com queima (colheita manual) reduz o estoque de carbono no solo, mas a colhida sem queima (mecânica) aumenta o estoque de carbono, podendo fazer o solo reter até 3 toneladas de carbono por hectare em três anos, afirma um pesquisador do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP).

Não temos encontrado grande benefício em deixar palha sobre o solo. Chegamos a ganhos mais modestos, de apenas 300 quilogramas de carbono por hectare ao longo dos 16 anos de acompanhamento de canaviais em Pernambuco tratados com e sem queima. É interessante observar que a quantidade de carbono estocado no solo

depende do grau de degradação do solo; solos mais degradados retêm mais carbono que os mais bem conservados, comenta um pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

- a) Levando-se em conta os trechos selecionados do debate, em que aspecto os resultados obtidos pelos pesquisadores concordam entre si e em que sentido eles discordam? Justifique.
- b) Num outro trecho do debate, outro pesquisador conclui: *Os cálculos de impacto e benefícios ambientais dependem de conhecimentos do impacto sobre o uso do solo, que não são claros.* Levando-se em conta esses 3 trechos citados, as questões ambientais atuais e o ciclo do carbono na Terra, depreende-se que a preocupação final nesse debate seria com o solo ou com a atmosfera? Explique.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Os dois pesquisadores concordam que o solo onde se faz a colheita mecânica (sem queima) estoca mais carbono que o solo onde se pratica a colheita manual (com queima).

Os resultados discordam quanto às diferenças na estocagem. Num dos resultados esse valor é muito maior (3 toneladas por hectare, em 3 anos) que o outro (300 quilogramas por hectare, ao longo de 16 anos).

b) (2 pontos)

A preocupação principal do debate é com a presença do carbono na atmosfera, na forma de CO_2 . Depreende-se das falas que, na queima da cana, parte do carbono que poderia ser estocado no solo vai para a atmosfera na forma de gases, principalmente CO_2 , agravando o problema do aquecimento global.

Exemplo Acima da Média

a) Os pesquisadores, levando em conta o trecho do debate, concordam que o solo cuja cana foi retirada sem o uso de queimada retém carbono, mas discordam quanto a eficiência dessa prática. No primeiro depoimento, o pesquisador do CENA-USP afirma que em 3 anos, o solo é capaz de reter 3 toneladas de carbono por hectare, e o pesquisador da Embrapa afirma que em 16 anos, apenas 300 kg de carbono foram retidos por hectare.

b) A preocupação final do debate, levando em conta esses 3 trechos citados é para com a atmosfera. Isso pois o solo serve de instrumento para retenção de carbono, que afeta diretamente a temperatura global, afetando a todo o ecossistema da biosfera. Como o gás carbônico está contido na atmosfera e é de grande importância para regular a temperatura global, o cuidado com o solo e sua retenção desse gás interfere na atmosfera e na quantidade liberada do dióxido de carbono.

Exemplo Abaixo da Média

~~a) É quantidade de carbono retido no solo~~
 a) Os pesquisadores discordam quanto à quantidade de carbono retido no solo pelas práticas de colheita de cana, porém ambas concordam que
 a) Os pesquisadores discordam quanto a quantidade de carbono retido no solo dependendo de qual prática de colheita se usa. Para a CENSA, a colheita com queima retém mais carbono e para a EMBRAPA, tanto a colheita com queima quanto a sem queima retém a mesma quantidade de carbono no solo. Ao mesmo tempo, os pesquisadores concordam que uma grande retenção de carbono no solo é prejudicial.
 b) A preocupação final dependesse seria com o uso do solo, pois as 3 pesquisas alertam que depende do conhecimento do solo para se entender a quantidade de carbono retido. Cada solo pode reter carbono de maneira diferente.

Comentários

A questão 6 é muito interessante pois explora um assunto de extrema importância atualmente e tem um formato de apresentação bem particular. Nessa questão, são apresentados trechos de um debate entre pesquisadores, em que não há consenso sobre o assunto debatido. Os resultados das pesquisas são conflitantes e, embora não seja objeto de questionamentos, parte dos discursos dos debatedores diz respeito a aspectos distintos da pesquisa. Vale a pena assinalar que o item **a** exige que se destaquem os resultados quantitativos que demonstrem concordância e discordância entre os pesquisadores. No entanto, os discursos se alongam além das informações que devem ser extraídas, as quais não são, necessariamente, concordantes ou discordantes, apenas refletem aspectos diferentes das pesquisas. Alguns candidatos resolveram, por conta própria e risco, associar o estado de degradação do solo com a prática das queimadas. É importante verificar que o primeiro pesquisador compara a prática da queima com a não-queima, e o segundo debatedor também faz isso, mas discorda dos valores apresentados pelo primeiro debatedor. A segunda parte da fala do segundo debatedor, já não pode ser conectada à fala do primeiro, pois somente ele está falando em degradação do solo; trata-se, então, de outro aspecto de sua pesquisa. O item **b** trata da preocupação principal no debate. A grande maioria dos resultados das pesquisas, mencionados nas falas dos debatedores, diz respeito ao solo, no entanto, a preocupação principal do debate é com a atmosfera, na medida em que ela pode ser prejudicada pelo mau uso do solo. É importante verificar que a fala do terceiro debatedor, que aparece resumidamente no item **b**, deixa clara a preocupação do debate, pois se inicia destacando a importância dos impactos e benefícios ambientais do uso do solo e termina revelando que os resultados desses estudos ainda não são claros. Para que se responda corretamente ao item **b**, a informação (dica) dada no texto, "levando-se em conta as questões ambientais atuais e o ciclo do carbono na Terra", é de extrema importância. Quem não soube utilizá-la errou a resposta. A nota média de 1,3 em 4 pontos possíveis mostra a dificuldade dos candidatos na questão. Uma questão de leitura e interpretação de texto, que apresenta um debate científico, algo não muito comum no ensino de química.

7. Uma equipe do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) propõe um sistema de captação de gás metano nos reservatórios de usinas hidrelétricas localizadas na bacia do rio Amazonas (essa proposta está esquematicamente representada na figura abaixo):

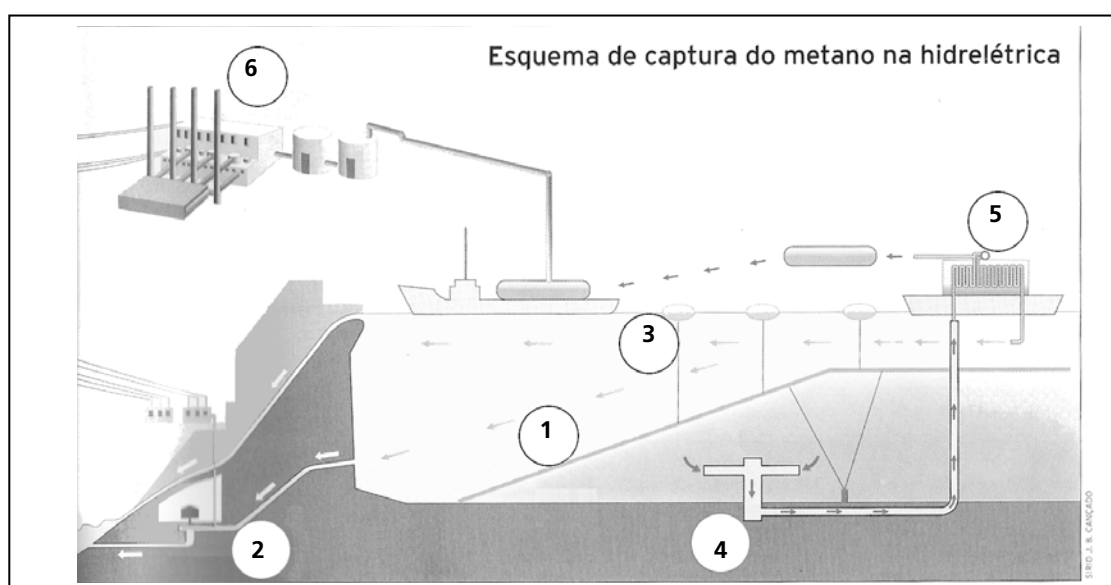
O primeiro passo é a colocação de uma membrana (1) para impedir que as turbinas (2) das hidrelétricas suguem águas ricas em metano. Essa membrana seria fixada a bóias (3) na superfície e ancorada no fundo por pesos e, assim, a água que entraria nas turbinas viria de camadas superficiais de represa, com menor concentração de metano. Um sistema de dutos de captação (4) coletaria a água rica em metano no fundo da represa e a levaria

para a extração do gás em um sistema (5) de vaporização. O metano poderia ser queimado em uma termelétrica (6), gerando energia limpa e redução de uma fonte do aquecimento global. Adaptado da Revista nº138.

- a) Considerando o texto e a figura abaixo, escreva o respectivo número em cada um dos círculos da figura, e explique por que a concentração de metano é maior na região sugerida pelos pesquisadores.
- b) O texto afirma que a queima do metano na termelétrica gera energia e leva a uma redução do aquecimento global. Nesse contexto, escreva a equação química da combustão do gás metano. Explique como essa combustão leva a uma redução do aquecimento global, tendo como base a equação química e o conhecimento químico.

Resposta Esperada

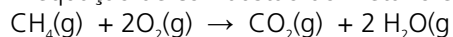
a) (2 pontos)



A concentração do metano é maior no fundo do lago, pois esse metano é gerado na decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente nesse local. A alta pressão e a temperatura mais baixa também contribuem para que a quantidade de metano dissolvido no fundo do lago seja maior.

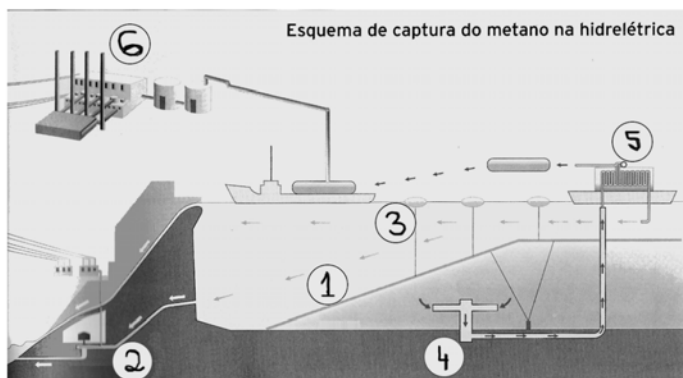
b) (2 pontos)

A equação de combustão do metano é:

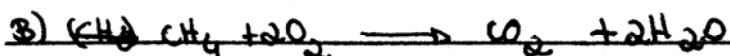


A equação química da combustão do metano mostra a formação de dois gases: CO_2 e H_2O , que também contribuem para o efeito estufa. No entanto, esses gases, mesmo em quantidade maior que o metano, dão uma contribuição bem menor ao efeito estufa que o metano, que, se não fosse consumido, seria liberado na atmosfera.

Exemplo Acima da Média

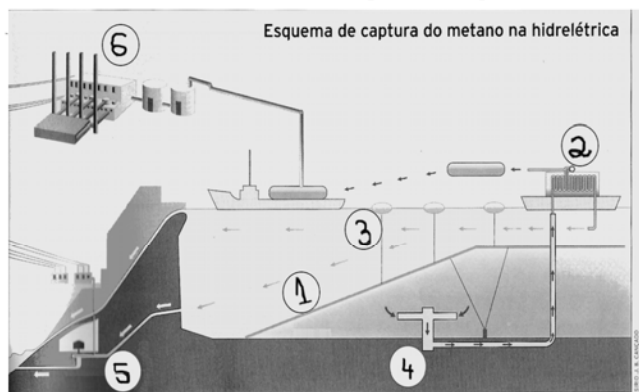


a) É maior no fundo da represa em decorrência da ação de decompositores presentes no solo. Ao realizar a decomposição, o principal produto liberado de tal água é o gás metano.



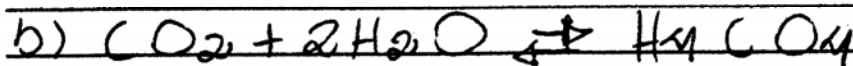
Reduz o aquecimento global pois na queima de 1 mol de metano libera apenas 1 mol CO_2 (causador do aquecimento global) menos intenso que o metano). Ainda, pode-se dizer em certa que a combustão é uma boa restituição do carbono queimado.

Exemplo Abaixo da Média



a) maior concentração de metano devido à maior incidência de rios que produzem gás metano no fundo das represas e maior armazenamento

e deposição no solo



Impedindo que o gás metano fique na atmosfera agravando o efeito estufa.

Comentários

A questão 7 trata de um assunto muito polêmico envolvendo o aquecimento global. Esse tema foi muito frequente na mídia e na política nacional, principalmente quando das negociações para a implantação de usinas hidrelétricas na região da Amazônia Legal. A grande inundação de árvores na implantação dessas usinas e a consequente geração de gás metano constituíram o principal ponto de discórdia entre os políticos e os ambientalistas. O item a dessa questão exige apenas uma leitura simples de texto e a transcrição das informações ali contidas para a figura fornecida. Talvez, o único ponto de dificuldade na resolução do item a

seja atrelado ao fato de o candidato nunca ter visto algum esquema ou fotografia de uma usina hidrelétrica, o que seria um fato inusitado, até para um concluinte do Ensino Fundamental. Quanto à explicação sobre a maior concentração do metano no fundo do lago, os candidatos não apresentaram grandes dificuldades, já que esse é um conteúdo bem trabalhado em biologia. O item **b** pede a equação química da combustão do metano, a qual serve como “âncora” para se explicar como o recolhimento e queima do metano serviriam para diminuir o efeito estufa com a implantação da usina. Deve ser enfatizado que o único conhecimento químico necessário é saber que tanto o metano quanto o gás carbônico contribuem para o efeito estufa, mas que o metano tem um efeito mais pronunciado. As dificuldades maiores dos candidatos ocorreram nas justificativas das respostas aos itens **a** e **b**. A nota média de 1,8 em 4 pontos possíveis, demonstra que a questão foi de dificuldade média para os candidatos.

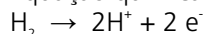
8. A *Revista nº160* traz um comentário sobre um ônibus montado no Brasil que tem como combustível o gás hidrogênio. Resumidamente, explica-se que no ônibus existem celas eletroquímicas formadas por um conjunto de placas (eletrodos) e uma membrana polimérica chamada “membrana de troca de prótons”. Em um tipo de eletrodo, o hidrogênio é “quebrado” (aspas nossas) e elétrons são liberados, gerando uma corrente elétrica em direção ao outro tipo de eletrodo, onde o gás oxigênio forma íons óxido. Os produtos que se originam nos dois diferentes eletrodos reagem para formar água.

- a)** Considerando as informações do texto, escreva a equação química da semirreação de oxidação que ocorre nessa cela eletroquímica.
- b)** Que massa de gás hidrogênio deve ser transformada na cela eletroquímica para que, no funcionamento do ônibus, haja uma liberação de 38,0 MJ? Dado: entalpia de formação da água = -242 kJ mol^{-1} .

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Equação química da semirreação de oxidação:



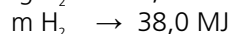
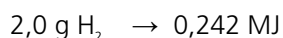
b) (2 pontos)

Formação da água:



A formação de 1 mol de H_2O ocorre com o consumo de 1 mol de H_2 , ou seja, 2 gramas.

Então, o consumo de 2,0 g de H_2 libera 242 kJ ou 0,242 MJ:



massa transformada de $\text{H}_2 = 314 \text{ g}$

Exemplo Acima da Média



b) Cada 2 gramas de gás hidrogênio transformados formam 1 mol de água. ($H_2 \rightarrow 2e^- + 2H^+$ $2H^+ + O^{2-} \rightarrow H_2O$).

Assim: $2g H_2 \rightarrow 1 mol H_2O \rightarrow libera 242 \cdot 10^3 J$
 $m H_2 \rightarrow libera 38 \cdot 10^6 J$

$m = \frac{38000 \cdot 2}{242} \approx 314 g de H_2$

Resposta: Deve ser transformado 314 gramas de hidrogênio gasoso.

Exemplo Abaixo da Média



$242 kJ$	— 1 mol de H_2O	$4g de H_2$	— 2 mol de H_2O
$38 \cdot 10^3 kJ$	— x " "	$1g$	— $\frac{38 \cdot 10^3}{242}$ "
$x = \frac{38000 \cdot 2}{242}$	$\approx 157 mol H_2O$	$y = \frac{76 \cdot 10^3}{121}$	$\approx 628g H_2$

R. \Rightarrow Deve ser transformado aproximadamente 628g de H_2

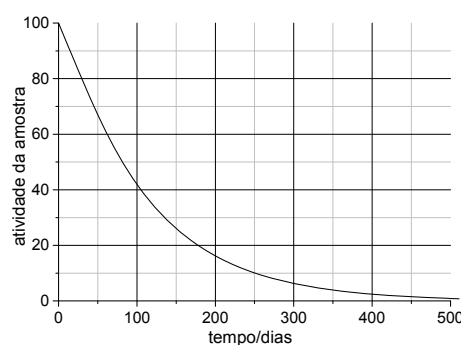
Comentários

A questão 8 trata do uso da energia elétrica nos meios de locomoção. É um assunto bastante atual e que envolve esforços em todas as áreas do conhecimento. Nessa questão, especificamente, foca-se o uso da energia eletroquímica na movimentação de um ônibus. O item a pede que se identifique o eletrodo em que ocorre a oxidação e que se escreva a respectiva semirreação que ali ocorre com o funcionamento do ônibus. O próprio texto da questão informa que em um eletrodo ocorre a liberação de elétrons (oxidação) pela quebra de moléculas de gás hidrogênio. O conteúdo exigido na resolução do item a é bastante diverso, fundamental e elementar: 1-balancear equação química simples, 2-reconhecer que o gás hidrogênio é uma molécula diatômica, 3- e que a oxidação envolve a perda de elétrons. São três conhecimentos distintos, mas bastante elementares. O item b explora a termoquímica de uma forma bastante simplificada, ao exigir que se saiba que a variação de entalpia da reação é a diferença entre a entalpia de formação dos produtos e dos reagentes. Nesse caso, a entalpia de reação é igual à entalpia de formação da água, e esse valor é usado na determinação da massa de

gás hidrogênio. Outra vez é importante que se saiba que a molécula de gás hidrogênio é diatômica. A nota média de 1,5 em 4 pontos possíveis revela uma dificuldade dos candidatos na resolução da questão. Apesar da dificuldade, essa questão foi a que teve o maior índice de discriminação na prova de química. Esse é um resultado que vem sendo observado ao longo do tempo no vestibular da Unicamp: as questões de termoquímica são as que melhor se ajustam na discriminação dos candidatos.

9. A *Revista n°162* apresenta uma pesquisa desenvolvida no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) sobre a produção de fios de irídio-192 para tratar tumores. Usados em uma ramificação da radioterapia chamada braquiterapia, esses fios são implantados no interior dos tumores e a radiação emitida destrói as células cancerígenas e não os tecidos saudáveis. O ^{192}Ir se transforma em ^{192}Pt por um decaimento radioativo e esse decaimento em função do tempo é ilustrado na figura ao lado.

- a) Considerando que a radiação é gerada por uma liga que contém inicialmente 20% de ^{192}Ir e 80% de ^{192}Pt , depois de quantos dias essa liga se transformará em uma liga que contém 5% de ^{192}Ir e 95% de ^{192}Pt ? Mostre seu raciocínio.
- b) O decaimento radiativo pode originar três diferentes tipos de partículas: α , β e γ . Para efeito de resposta ao item, considere apenas α e β . A partícula β tem uma massa igual à massa do elétron, enquanto a partícula α tem uma massa igual à do núcleo do átomo de hélio. Considerando essas informações, que tipo de decaimento sofre o ^{192}Ir , α ou β ? Justifique.



Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

Conforme o gráfico, para a atividade da amostra cair 50% (tempo de meia vida), decorrem cerca de 75 dias. Assim, de 20% para 10% decorrem 75 dias e de 10% para 5% decorrem mais 75 dias, o que perfaz 150 dias para a concentração de ^{192}Ir cair de 20% para 5% na liga.

b) **(2 pontos)**

O decaimento leva à formação de partículas β . Trata-se de um decaimento nuclear sem mudança do número de massa. Conforme o texto, o elemento ^{192}Ir se transforma em ^{192}Pt , sem alteração do número de massa (192). Isso se configura na emissão de uma partícula de massa desprezível em relação à massa do átomo, ou seja, sua massa é igual à do elétron (partícula β).

QUÍMICA

Exemplo Acima da Média

a) Uma amostra com atividade em 100 quando cai pela metade sua atividade se passaram aproximadamente 75 dias e após 75 dias a atividade cai pela metade novamente confirmando-se seu tempo de meia vida.

20% Ir $\xrightarrow{\frac{1}{2} \text{ vida} = 75 \text{ dias}}$ 10% Ir $\xrightarrow{\frac{1}{2} \text{ vida} = 75 \text{ dias}}$ 5% Ir

Portanto somente depois de 150 dias a liga de 20% de irídio passará a ter 5%.

b) β , pois a irídio 192 possui a mesma massa que a platina 192, devido ao fato que as partículas β não possuem uma massa significante assim como as elétrons, já as partículas α tem massa igual a 4.

Exemplo Abaixo da Média

a) a liga possui 20% de ^{192}Ir e 80% de ^{192}Pt e passará a ter 5% de ^{192}Ir e 95% de ^{192}Pt , ou seja, 15% de ^{192}Ir se transformará em ^{192}Pt

pelo gráfico observamos que uma amostra de 40 de ^{192}Ir passa a decair para 25, leva aproximadamente 50 dias, ou seja, para a liga se transformar levará 50 dias.

b) Sobre o decaimento β , pois o número atômico não é alterado no decaimento, ou seja, o β , por possuir número atômico 0, não fornecerá tal mudança.

Comentários

A questão 9 diz respeito a um processo de decaimento radiativo. Os dois itens são completamente independentes um do outro, tanto na resolução quanto no conteúdo que abordam. O item a indaga sobre o aspecto cinético do decaimento radiativo. Trata-se de um exemplo de resolução que envolve leitura e interpretação de gráfico (figura). Para simplificação, o gráfico é apresentado numa escala de zero a cem no eixo das ordenadas, o que, de certa forma, facilitou a resolução do item. A idéia central do item a é verificar o conhecimento do conceito tempo de meia vida, e sua aplicação na obtenção de resultados. No entanto, a apresentação do gráfico na escala anteriormente comentada, permite que se faça uma resolução, ainda que se desconheça o conceito de tempo de meia vida. Essa resolução, mesmo partindo de uma concepção errônea, acaba por levar ao mesmo resultado final de quando se aplica o conceito de tempo de meia vida. Isso, de certa

forma, permitiu que muitos candidatos respondessem ao item dessa maneira. O item **b** trata de conceitos relacionados às reações nucleares. É importante assinalar que o texto do item **b** dá todas as informações para se elaborar a resposta corretamente. O conhecimento prévio, necessário para a resolução do item, não fornecido no texto, diz respeito a noções elementares do modelo atômico. Como a tabela periódica foi fornecida sem se eliminar os elementos envolvidos na resolução ao item, havia a possibilidade de se resolver o item **b** por um caminho “menos nobre”. Uma leitura atenta da questão, no entanto, revela que a resolução deve levar em conta apenas as informações ali contidas. Numa situação corriqueira, a resposta ao item **b**, usando as informações da tabela periódica, é possível, mas não no caso dessa prova, em que as instruções eram claras. A nota média de 2,2 em 4 pontos possíveis revela que os candidatos tiveram pouca dificuldade na questão. Aliás, essa questão foi a que apresentou maior nota na prova de química e um bom índice de discriminação.

10. Um estudo divulgado na *Revista n° 156* mostra as possíveis consequências da ingestão de pastas dentárias por crianças entre 11 meses e 7 anos de idade. A proposta dos pesquisadores é uma pasta que libere pouco fluoreto, e isso é obtido com a diminuição de seu pH. O excesso de fluoreto pode provocar a fluorose, uma doença que deixa manchas esbranquiçadas ou opacas nos dentes em formação, por reação com a hidroxiapatita $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$, um sólido presente nas camadas superficiais dos dentes. Nos casos mais graves, essa doença provoca porosidade nos dentes, o que facilita fraturas dos dentes e a absorção de corantes de alimentos.

- a) Escolha um íon da hidroxiapatita que pode ser substituído pelo fluoreto. Faça a substituição indicando o nome do íon substituído e a respectiva fórmula da substância formada.
- b) Considere que no equilíbrio de solubilidade, a hidroxiapatita libere os íons Ca^{2+} , PO_4^{3-} , OH^- para o meio aquoso próximo à superfície dos dentes. Levando em conta apenas o fator pH do dentífrico, a dissolução da hidroxiapatita seria favorecida, dificultada ou não sofreria alteração com a proposta dos pesquisadores? Justifique.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

O íon fluoreto (F) substitui o íon hidróxido, ou hidroxila (OH), formando $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}(\text{OH})]$.

Observação: Também foi aceita a resposta $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2]$.

b) (2 pontos)

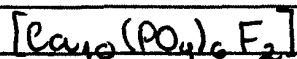
O texto informa que o pH do dentífrico é diminuído na proposta dos pesquisadores. Os ânions PO_4^{3-} e OH^- podem se associar aos íons H^+ e com isso formar HPO_4^{2-} e H_2O , o que iria favorecer a dissolução da hidroxiapatita, pois as concentrações desses íons diminuiriam do lado direito da equação de solubilização da hidroxiapatita:



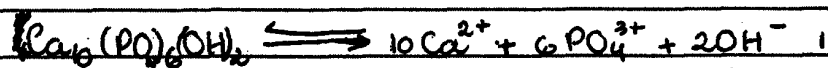
Observação: A escolha de PO_4^{3-} ou de OH^- na associação com o H^+ seria suficiente para justificar o aumento da solubilização.

Exemplo Acima da Média

a) pode-se substituir por fluoreto o íon OH^- , ficando assim a fórmula do composto:



b) A dissolução da hidroxiapatita seria facilitada pela diminuição do pH (proposta dos pesquisadores) das pastas de dente. Isso porque o aumento de íons H^+ em solução deslocaria o equilíbrio no sentido da dissolução da hidroxiapatita, pois essa contém OH^- , acarretando na formação de água e diminuição da concentração de OH^- . Segue a reação



↳ adição de H^+



Equilíbrio deslocado no sentido da dissolução.

Exemplo Abaixo da Média

a) Íon escolhido: OH^-



b) A dissolução em questão seria ~~favorecida~~ ^{dificultada}, já que o pH dentifício é alcalino, devido a saliva presente na boca, o que favoreceria a diminuição da liberação de íons fluoreto, que consecutivamente, não provocariam a fluorose.

Comentários

A questão 10 foca o tratamento dentário utilizando-se fluoreto. É importante ressaltar que o texto da questão é muito feliz ao apresentar o processo de fluoretação com base no uso de fluoreto. É muito comum uma confusão de linguagem envolvendo substâncias, elementos e seus íons. Por exemplo: quando se usa o termo flúor, é necessário colocar mais um qualificativo pois "flúor" sozinho pode significar, ou não significar, F_2 ou F , a substância ou o elemento, respectivamente. No meio odontológico, também se costuma "aplicar flúor aos dentes", quando na realidade a aplicação é de fluoreto (F^-) na forma de um sal. Essa simplificação da linguagem

científica para o cotidiano é um dos grandes problemas no processo ensino-aprendizagem de química, que se enfrenta em todos os níveis. O item **a** pede a substituição de um possível íon na hidroxiapatita pelo íon fluoreto. A substituição que ocorre é da hidroxila pelo íon fluoreto, transformando a hidroxiapatita em fluorapatita. Nessa substituição, assim como em outras que ocorrem na natureza, tanto as cargas como os tamanhos dos íons que se trocam respeitam algumas regras. Como o item **a** não especifica nada sobre essas regras, a única restrição possível é trocar íons mantendo-se a carga neutra no produto formado. O item **b** aborda o equilíbrio químico, envolvendo dois aspectos distintos: trata de um equilíbrio de dissolução associado a um equilíbrio homogêneo ácido-base. Esse item reveste-se de extrema importância, levando-se em conta a questão conceitual envolvida e a sua aplicação prática. No texto da revista afirma-se que é importante a incorporação do fluoreto no esmalte dos dentes, mas alerta-se para o fato de que as crianças frequentemente ingerem a pasta e com isso assimilam muito fluoreto. Como estão em processo de formação, esse fluoreto pode se acumular em ossos e dentes e levar a doenças. Ao se propor uma redução do fluoreto na pasta, a fim de evitar problemas futuros, é preciso garantir que ele seja incorporado aos dentes. Como sua concentração foi diminuída, sua incorporação diretamente no esmalte fica prejudicada. Ao abaixar o pH do dentífrico, o ataque ao esmalte dos dentes é maior e assim um efeito compensa o outro na tarefa de proteger os dentes, ao mesmo tempo que evita problemas futuros de saúde nas crianças, caso haja uma ingestão de dentífrico. Esse é um exemplo bastante ilustrativo da aplicação do conhecimento químico fundamental. A nota média de 1,5 em 4 pontos possíveis revela que os candidatos tiveram dificuldades com a questão. O item **a** apresentou uma facilidade maior para os candidatos.

11. Um estudo publicado na *Revista n°149* mostra pesquisas sobre a utilização da glicerina (um triol), um sub-produto da produção de biodiesel, para obtenção de polipropileno, um plástico amplamente utilizado. *A motivação partiu deles e no início achei difícil retirar da glicerina (C₃H₈O₃) os átomos de oxigênio para transformá-la em propeno (C₃H₆), lembra um pesquisador da Universidade federal do Rio de Janeiro (UFRJ).*

- a)** Levando em conta as estruturas das moléculas da glicerina e do propeno, explique por que uma dessas substâncias é gasosa e a outra é líquida em condições ambiente, evidenciando qual é a líquida e qual é a gasosa.
- b)** O texto da revista ainda informa: *540 kg de óleo, a que são acrescentados 54 kg de metanol, resultam em 540 kg de biodiesel e 54 kg de glicerina. Essa glicerina vai resultar em 27 kg de propeno e posteriormente na mesma quantidade de polipropileno.* Do ponto de vista rigorosamente estequiométrico e considerando a quantidade de glicerina obtida, a produção de propeno seria maior, menor ou igual à descrita no texto da revista? Justifique.

Resposta Esperada

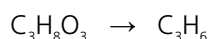
a) (2 pontos)

A glicerina é líquida e o propeno é gasoso nas condições ambientais ordinárias.

A glicerina, C₃H₈O₃, possui grupos OH em sua molécula, o que permite a formação de ligações intermoleculares muito mais fortes (ligações de hidrogênio), enquanto no propeno as ligações intermoleculares são muito fracas (interações de van der Waals). Dessa forma, a glicerina é um líquido nas condições ambientais ordinárias, enquanto o propeno é um gás.

b) (2 pontos)

Estequiometricamente, a produção do propeno a partir da glicerina é:



$$92 \text{ g} \rightarrow 42 \text{ g}$$

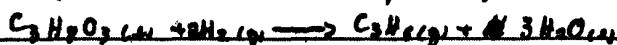
$$54 \text{ kg} \rightarrow m \quad m = (54 \times 42) / 92 \rightarrow m = 24,7 \text{ kg}$$

Portanto, estequiometricamente, a produção de propeno seria menor que a descrita no texto (27 kg).

Exemplo Acima da Média

a) A glicerina estabelece ligação de hidrogênio, e por isso é líquida em condições ambientais, enquanto que o propeno estabelece apenas forças dipolo induzido - dipolo induzido, mais fracas, o que justifica seu estado gasoso.

b) Reação balanceada da produção de propeno:



$$1 \text{ mol} \quad \quad \quad 1 \text{ mol}$$

$$92 \text{ g} \quad \quad \quad 42 \text{ g}$$

$$54 \text{ kg} \quad \quad \quad x$$

$$x = 29,5 \text{ kg de propeno}$$

A produção deveria ser menor que a descrita.

Exemplo Abaixo da Média

a) Devido a presença do oxigênio, a sua combinação com o hidrogênio da molécula torna o meio líquido, a reação que não ocorre no propeno, logo a glicerina é líquida e o propeno gasoso.

b) Menor, porque no texto a informação é de que da molécula de glicerina são retirados o átomo de oxigênio, formando o propeno. Já o que acontece realmente é apenas metade da massa da glicerina ser transformada em propeno.

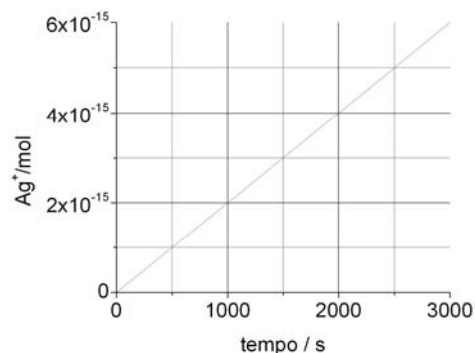
Comentários

O biodiesel se configura como uma boa alternativa para a obtenção de energia a um custo ambiental muito singular. Talvez, a opção pela obtenção desse combustível a partir de matéria prima original não seja tão atrativa como se propala, no entanto, sendo obtido a partir de materiais usados ou a serem descartados, tudo leva a crer que esse será um grande avanço tecnológico creditado à virada do século XX para o século XXI. No entanto, ainda hoje, o grande problema que aparece nessa obtenção é o subproduto que se forma: a glicerina. A questão 11 apresenta esse assunto, evidenciando o novo desafio na obtenção do biodiesel: o destino da glicerina. O item **a** envolve conceitos básicos de interações intermoleculares e sua influência no estado de agregação das substâncias, ao mesmo tempo em que mostra um dos possíveis destinos da glicerina. A resposta ao item **a** fica parcialmente facilitada pelo fato de que a glicerina é um produto comercial, largamente utilizado na indústria de higiene e limpeza e também automobilística. A dificuldade maior na resposta diz respeito ao tipo de interação intermolecular que ocorre no caso das duas substâncias consideradas. O item **b** é um exemplo de cálculo estequiométrico aplicado na indústria. É importante considerar que o entrevistado da revista, no intuito de simplificar a fala, "arredonda" os dados, não havendo nenhum pecado maior nessa consideração, do ponto de vista jornalístico. O item **b** é um bom exemplo para mostrar aos estudantes a importância desse conhecimento. A nota média de 1,4 em 4 pontos possíveis revela a grande dificuldade que os candidatos tiveram na resolução da questão. A questão não apresentou um bom índice de discriminação e a nota média reflete uma predominância de acerto no estado físico da glicerina como líquido e do propeno como gás. O cálculo estequiométrico exigido no item **b** não deveria apresentar dificuldades maiores para os candidatos, nem do

ponto de vista matemático nem do ponto de vista químico. É bem provável que a posição da questão (11) tenha prejudicado o desempenho dos candidatos.

12. A Revista nº 126 veiculou uma notícia sobre uma máquina de lavar que deixa as roupas limpas sem a necessidade de usar produtos alvejantes e elimina praticamente todas as bactérias dos tecidos. O segredo do equipamento é a injeção de íons prata durante a operação de lavagem. A corrente elétrica passa por duas chapas de prata, do tamanho de uma goma de mascar, gerando íons prata, que são lançados na água durante os ciclos de limpeza.

- a) No seu site, o fabricante informa que a máquina de lavar fornece 100 quadrilhões (100×10^{15}) de íons prata a cada lavagem. Considerando que a máquina seja utilizada 3 vezes por semana, quantos gramas de prata são lançados no ambiente em um ano (52 semanas)?
- b) Considere que a liberação de íons Ag^+ em função do tempo se dá de acordo com o gráfico ao lado. Calcule a corrente em amperes (C/s) em que a máquina está operando na liberação dos íons. Mostre seu raciocínio.



Dado: $F = 96.500 \text{ C mol}^{-1}$, Constante de Avogadro = $6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Utilizando-se a máquina 3 vezes por semana, durante 52 semanas, são feitas 52×3 lavagens = 156 lavagens por ano.

$$1 \text{ lavagem} \rightarrow 100 \times 10^{15} \text{ íons}$$

$$152 \text{ lavagens} \rightarrow n \quad n = 1,52 \times 10^{19} \text{ íons Ag}^+$$

$$6,023 \times 10^{23} \text{ íons} \rightarrow 108 \text{ g}$$

$$1,52 \times 10^{19} \text{ íons} \rightarrow m \quad m = 0,0028 \text{ gramas}$$

b) (2 pontos)

De acordo com o gráfico, em 1000 segundos são liberados 2×10^{-15} mols de Ag^+ . A formação desse íon na operação da máquina é dada pela equação $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + e^-$, portanto, para cada íon prata formado libera-se um elétron. Assim,

em 1.000 s liberam-se 2×10^{-15} mols de elétrons

$$\text{carga elétrica} = 2 \times 10^{-15} \text{ mol} \times 96.500 \text{ C mol}^{-1} = 1,93 \times 10^{-10} \text{ C}$$

$$\text{corrente (i)} = 1,93 \times 10^{-10} \text{ C} / 1.000 \text{ s} = 1,93 \times 10^{-13} \text{ A.}$$

QUÍMICA

Exemplo Acima da Média

a) Se a máquina será usada 3 vezes por semana durante 52 semanas, em um ano a máquina será usada $3 \cdot 52 = 156$ vezes. Se a cada lavagem são liberados $100 \cdot 10^{19}$ íons, em um ano serão liberados $156 \cdot 100 \cdot 10^{19} = 15600 \cdot 10^{19}$ íons. Considerando a massa molar da prata, 1 mol ($6,02 \cdot 10^{23}$ partículas) possui 108 gramas, logo $15600 \cdot 10^{19}$ partículas terão x gramas:

$$\begin{aligned} 6,02 \cdot 10^{23} &= 108 \\ 15600 \cdot 10^{19} &= x \rightarrow x \approx 28 \cdot 10^{-3} \text{ g} \end{aligned}$$

b) Para o tempo de 1000s, são liberados $2 \cdot 10^{15}$ mols de Ag^+ , ~~o que corresponde a~~ ~~1000s~~. Sabendo que $i = \frac{F \cdot n}{\Delta t}$:

$$i = \frac{96500 \cdot 2 \cdot 10^{15}}{1000} \Rightarrow i = 193 \cdot 10^{-13} \text{ A}$$

Exemplo Abaixo da Média

a.) 1 íon prata = 107g cada lavagem libera 10^{17} íons prata. Durante um ano a máquina é usada 156 vezes e liberou 156×10^{17} íons prata, com isso a massa de íons prata liberados por ano é de ~~(1192 gramas)~~ 1192×10^{17} gramas.

b.) Após 1000s

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol} &= 6,02 \times 10^{23} & 1 \text{ mol} &= 96500 \\ x &= 2 \times 10^{15} & 0,33 \times 10^8 &= y \\ x &\approx 0,33 \times 10^8 \text{ mol} & y &= 31845 \times 10^8 \text{ C} \end{aligned}$$

$$\therefore i = \frac{31845 \times 10^8}{10^3} \Rightarrow i = 31845 \times 10^5 \Rightarrow i = 3,1845 \times 10^9 \text{ A}$$

Comentários

O modelo de máquina de lavar citado no texto parece encontrar certa resistência em ser utilizado no continente europeu. O aspecto didático mais importante dessa questão está resumido no item **a**, onde se pergunta: "quantos gramas de prata são lançados no ambiente em um ano?". É importante lembrar que na primeira fase do vestibular 2010, uma das questões de química focaliza o uso da tintura de cabelos em que se utiliza o íon chumbo, um metal pesado. Alguns estudos apontam uma grande contaminação por chumbo numa região do oceano entre os EUA e o Canadá. Nesse local há uma corrente marítima vinda de Nova Iorque que pode sugerir uma explicação para o fenômeno. De alguma forma, essas duas questões apresentam uma certa conexão e podem ser discutidas conjuntamente num momento oportuno. Do ponto de vista dessa avaliação, o item **a** focaliza, mais uma vez, um cálculo estequiométrico. O importante nesse cálculo é verificar que embora a massa de prata lançada no ambiente em um ano, por uma única máquina, seja pequena, quando comparada com algumas grandezas do cotidiano, a quantidade de prata lançada por todas as máquinas existentes pode ser assustadora. Não se observou qualquer dificuldade específica na resolução do item. A maior dificuldade residiu

nos cálculos envolvendo números muito grandes e muito pequenos. O item **b** também envolve um cálculo estequiométrico associado à leitura de gráfico. O gráfico é o de uma reta, o que configura uma situação mais confortável para a resolução do item, já que esse conteúdo é bastante explorado em matemática. É importante revelar que os dados do gráfico apresentado são fictícios, uma vez que o site do fabricante não dá nenhuma informação dos valores reais. Uma consulta a patentes de dispositivos para efetuar essa liberação de prata confirma as dimensões da pastilha, e informa uma possível corrente aplicada. No entanto, devido aos múltiplos equilíbrios químicos envolvidos, já que a água apresenta solutos que reagem com os íons prata, fica difícil saber as reais condições de operação dos dispositivos. A nota média de 1,4, em 4 pontos possíveis revela a dificuldade dos candidatos. No entanto, há que se considerar que essa é a última questão da prova e, geralmente, é resolvida ao final do tempo permitido, quando o candidato já está cansado.