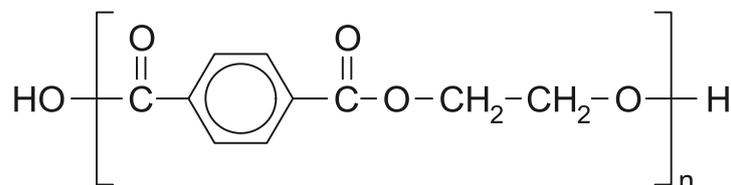


ENEM 2013 - Prova resolvida  
Química

01. O uso de embalagens plásticas descartáveis vem crescendo em todo o mundo, juntamente com o problema ambiental gerado por seu descarte inapropriado. O politereftalato de etileno (PET), cuja estrutura é mostrada, tem sido muito utilizado na indústria de refrigerantes e pode ser reciclado e reutilizado. Uma das opções possíveis envolve a produção de matérias-primas, como o etilenoglicol (1,2-etanodiol), a partir de objetos compostos de PET pós-consumo.



Disponível em: [www.abipet.org.br](http://www.abipet.org.br). Acesso em: 27 fev. 2012 (adaptado).

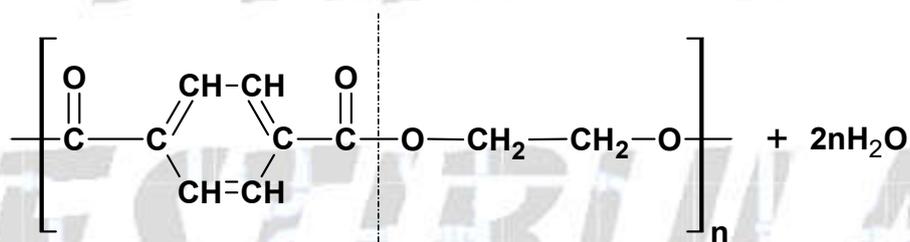
Com base nas informações do texto, uma alternativa para a obtenção de etilenoglicol a partir do PET é a

- a) solubilização dos objetos.
- b) combustão dos objetos.
- c) trituração dos objetos.
- d) hidrólise dos objetos.
- e) fusão dos objetos.

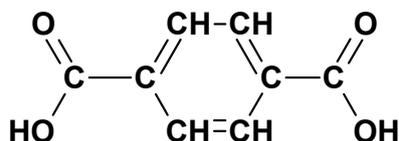
**Resolução:**

**Alternativa D**

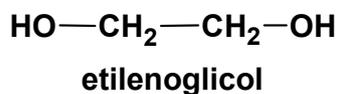
A reação de hidrólise do PET produz o etilenoglicol:



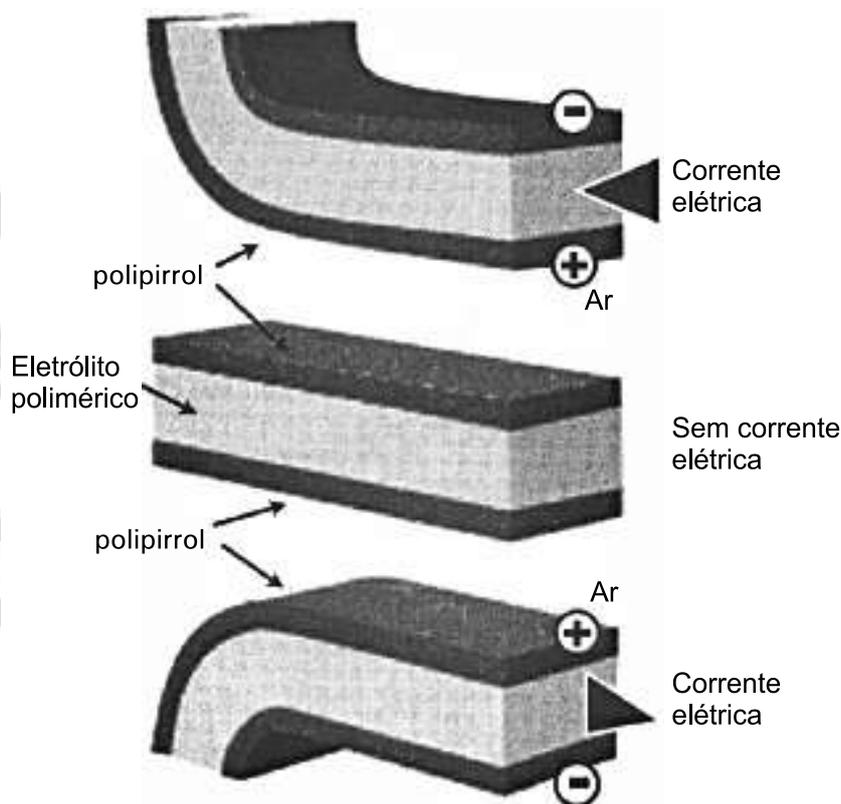
hidrólise



+



02. Músculos artificiais são dispositivos feitos com plásticos inteligentes que respondem a uma corrente elétrica com um movimento mecânico. A oxidação e redução de um polímero condutor criam cargas positivas e/ou negativas no material, que são compensadas com a inserção ou expulsão de cátions ou ânions. Por exemplo, na figura os filmes escuros são de polipirrol e o filme branco é de um eletrólito polimérico contendo um sal inorgânico. Quando o polipirrol sofre oxidação, há a inserção de ânions para compensar a carga positiva no polímero e o filme se expande. Na outra face do dispositivo o filme de polipirrol sofre redução, expulsando ânions, e o filme se contrai. Pela montagem, em sanduíche, o sistema todo se movimenta de forma harmônica, conforme mostrado na figura.



DE PAOLI, M. A. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. São Paulo, maio 2001 (adaptado).

A camada central de eletrólito polimérico é importante porque

- absorve a irradiação de partículas carregadas, emitidas pelo aquecimento elétrico dos filmes de polipirrol.
- permite a difusão dos íons promovida pela aplicação de diferença de potencial, fechando o circuito elétrico.
- mantém um gradiente térmico no material para promover a dilatação/contração térmica de cada filme de polipirrol.
- permite a condução de elétrons livres, promovida pela aplicação de diferença de potencial, gerando corrente elétrica.
- promove a polarização das moléculas poliméricas, o que resulta no movimento gerado pela aplicação de diferença de potencial.

**Resolução:**

**Alternativa B**

A camada central de eletrólito polimérico é importante porque permite a difusão dos íons promovida pela aplicação de diferença de potencial, fechando o circuito elétrico:

Polipirrol = Pp

Ânion proveniente do sal = A<sup>-</sup>

$Pp \rightarrow Pp^+ + e^-$  (oxidação)

$Pp^+ + A^- \rightarrow Pp^+A^-$

$Pp^+A^- + e^- \rightarrow Pp + A^-$  (redução)

**03.** O brasileiro consome em média 500 miligramas de cálcio por dia, quando a quantidade recomendada é o dobro. Uma alimentação balanceada é a melhor decisão pra evitar problemas no futuro, como a osteoporose, uma doença que atinge os ossos. Ela se caracteriza pela diminuição substancial de massa óssea, tornando os ossos frágeis e mais suscetíveis a fraturas.

Disponível em: [www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br). Acesso em: 1 ago. 2012 (adaptado).

Considerando-se o valor de  $6 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  para a constante de Avogadro e a massa molar do cálcio igual a 40 g/mol, qual a quantidade mínima diária de átomos de cálcio a ser ingerida para que uma pessoa supra suas necessidades?

- a)  $7,5 \times 10^{21}$
- b)  $1,5 \times 10^{22}$
- c)  $7,5 \times 10^{23}$
- d)  $1,5 \times 10^{25}$
- e)  $4,8 \times 10^{25}$

**Resolução:**  
**Alternativa B**

A quantidade recomendada é o dobro de 500 mg por dia, ou seja, 1000 mg de cálcio por dia, então:

$$1000 \text{ mg} = 1000 \times 10^{-3} = 1 \text{ g}$$

$$40 \text{ g de cálcio} \text{ ————— } 6 \times 10^{23} \text{ átomos de Ca}$$

$$1 \text{ g de cálcio} \text{ ————— } n_{\text{Ca}}$$

$$n_{\text{Ca}} = 0,15 \times 10^{23} = 1,5 \times 10^{22} \text{ átomos de cálcio}$$

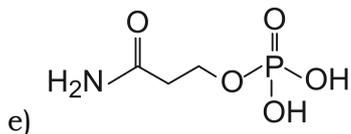
**04.** Sabe-se que o aumento da concentração de gases como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O na atmosfera é um dos fatores responsáveis pelo agravamento do efeito estufa. A agricultura é uma das atividades humanas que pode contribuir tanto para a emissão quanto para o sequestro desses gases, dependendo do manejo da matéria orgânica do solo.

ROSA, A. H.; COELHO, J. C. R. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. São Paulo, n. 5, nov. 2003 (adaptado).

De que maneira as práticas agrícolas podem ajudar a minimizar o agravamento do efeito estufa?

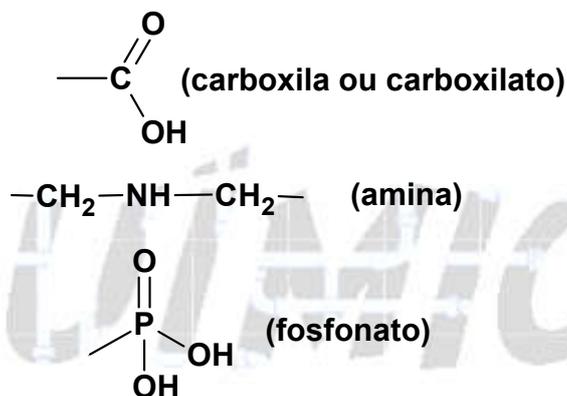
- a) Evitando a rotação de culturas.
- b) Liberando o CO<sub>2</sub> presente no solo.
- c) Aumentando a quantidade de matéria orgânica do solo.
- d) Queimando a matéria orgânica que se deposita no solo.
- e) Atenuando a concentração de resíduos vegetais do solo.



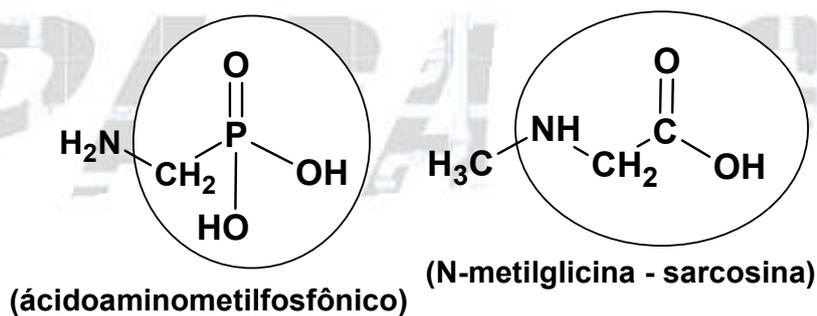


**Resolução:**  
**Alternativa B**

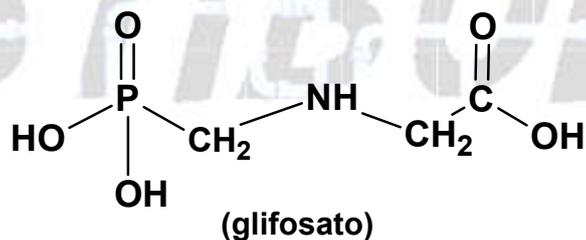
De acordo com o texto o glifosato possui os grupos funcionais carboxilato, amino e fosfonato:



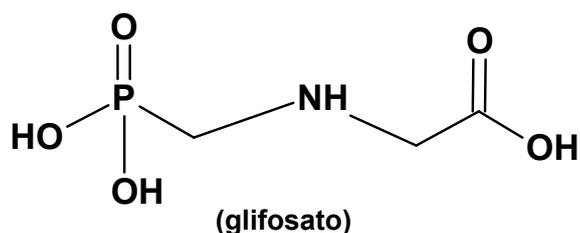
Os produtos da degradação são o ácido aminometilfosfônico (AMPA) e o N-metilglicina (sarcosina):



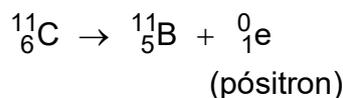
Então:



Em bastão, teremos:



06. Glicose marcada com nuclídeos de carbono-11 é utilizada na medicina para se obter imagens tridimensionais do cérebro, por meio de tomografia de emissão de pósitrons. A desintegração do carbono-11 gera um pósitron, com tempo de meia-vida de 20,4 min, de acordo com a equação da reação nuclear:



A partir da injeção de glicose marcada com esse nuclídeo, o tempo de aquisição de uma imagem de tomografia é cinco meias-vidas.

Considerando que o medicamento contém 1,00 g do carbono-11, a massa, em miligramas, do nuclídeo restante, após a aquisição da imagem, é mais próxima de

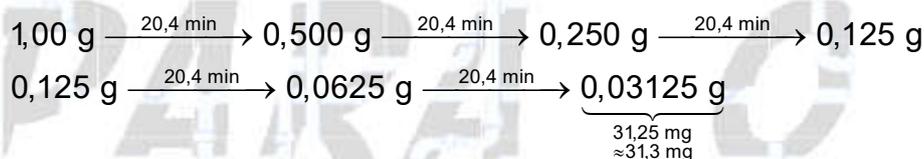
- a) 0,200.
- b) 0,969.
- c) 9,80.
- d) 31,3.
- e) 200.

**Resolução:**

**Alternativa D**

A partir da injeção de glicose marcada com esse nuclídeo, o tempo de aquisição de uma imagem de tomografia é cinco meias-vidas.

Teremos:



07. A formação frequente de grandes volumes de pirita ( $\text{FeS}_2$ ) em uma variedade de depósitos minerais favorece a formação de soluções ácidas ferruginosas, conhecidas como “drenagem ácida de minas”. Esse fenômeno tem sido bastante pesquisado pelos cientistas e representa uma grande preocupação entre os impactos da mineração no ambiente. Em contato com oxigênio, a  $25^\circ\text{C}$ , a pirita sofre reação, de acordo com a equação química:



FIGUEIREDO, B. R. *Minérios e ambiente*. Campinas: Unicamp, 2000.

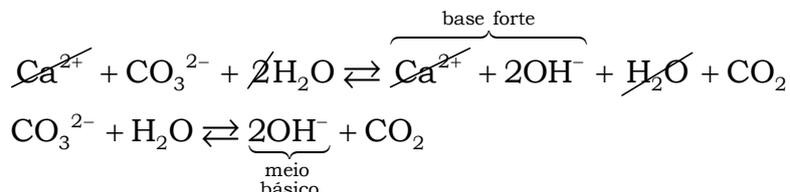
Para corrigir os problemas ambientais causados por essa drenagem, a substância mais recomendada a ser adicionada ao meio é o

- a) sulfeto de sódio.
- b) cloreto de amônio.
- c) dióxido de enxofre.
- d) dióxido de carbono.
- e) carbonato de cálcio.

**Resolução:**

**Alternativa E**

Para corrigir os problemas ambientais causados por essa drenagem (soluções ácidas ferruginosas, conhecidas como “drenagem ácida de minas”), a substância mais recomendada a ser adicionada ao meio deve ter caráter básico (carbonato de cálcio). Observe a reação de hidrólise salina:



Observação: O sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) pode formar gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) que é tóxico.

**08.** A varfarina é um fármaco que diminui a agregação plaquetária, e por isso é utilizada como anticoagulante, desde que esteja presente no plasma, com uma concentração superior a 1,0 mg/L. Entretanto, concentrações plasmáticas superiores a 4,0 mg/L podem desencadear hemorragias. As moléculas desse fármaco ficam retidas no espaço intravascular e dissolvidas exclusivamente no plasma, que representa aproximadamente 60% do sangue em volume. Em um medicamento, a varfarina é administrada por via intravenosa na forma de solução aquosa, com concentração de 3,0 mg/mL. Um indivíduo adulto, com volume sanguíneo total de 5,0 L, será submetido a um tratamento com solução injetável desse medicamento.

Qual é o máximo volume da solução do medicamento que pode ser administrado a esse indivíduo, pela via intravenosa, de maneira que não ocorram hemorragias causadas pelo anticoagulente?

- a) 1,0 mL
- b) 1,7 mL
- c) 2,7 mL
- d) 4,0 mL
- e) 6,7 mL

**Resolução:**

**Alternativa D**

As moléculas desse fármaco ficam retidas no espaço intravascular e dissolvidas exclusivamente no plasma, que representa aproximadamente 60% do sangue em volume, sendo que o volume sanguíneo total de 5,0 L.

$$5,0 \text{ L (sangue)} \text{ ——— } 100 \%$$

$$V_{\text{sangue}} \text{ ——— } 60 \%$$

$$V_{\text{sangue}} = 3 \text{ L}$$

Concentrações plasmáticas superiores a 4,0 mg/L podem desencadear hemorragias. A varfarina é administrada por via intravenosa na forma de solução aquosa, com concentração de 3,0 mg/mL, então:

$$C = \frac{m_{\text{solute}}}{V_{\text{solução}}} \Rightarrow m_{\text{solute}} = C \times V$$

$$m_{\text{var farina}} (\text{medicamento}) = m_{\text{var farina}} (\text{sangue})$$

$$C_{\text{medicamento}} \times V_{\text{solução}} = C_{\text{(no sangue)}} \times V_{\text{sangue}}$$

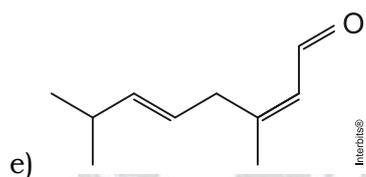
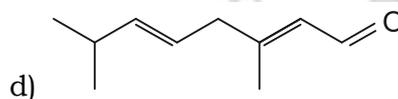
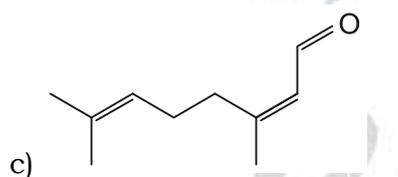
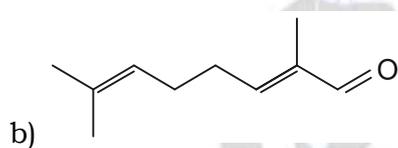
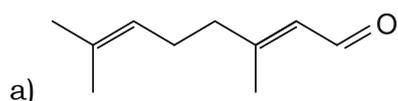
$$3,0 \text{ mg/mL} \times V_{\text{solução}} = 4,0 \text{ mg/L} \times 3,0 \text{ L}$$

$$\cancel{3,0 \text{ mg/mL}} \times V_{\text{solução}} = 4,0 \times 10^{-3} \cancel{\text{ mg/mL}} \times \cancel{3,0 \text{ L}}$$

$$V_{\text{solução}} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ L} = 4,0 \text{ mL}$$

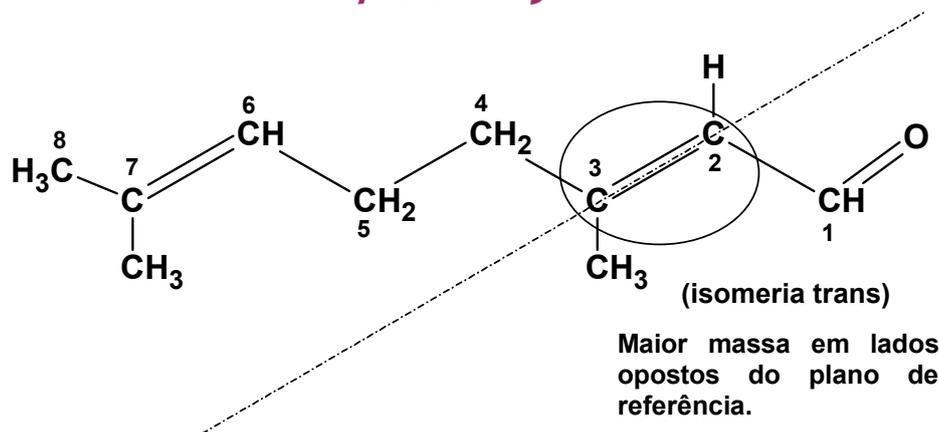
**09.** O citral, substância de odor fortemente cítrico, é obtido a partir de algumas plantas como o capim-limão, cujo óleo essencial possui aproximadamente 80%, em massa, da substância. Uma de suas aplicações é na fabricação de produtos que atraem abelhas, especialmente do gênero *Apis*, pois seu cheiro é semelhante a um dos feromônios liberados por elas. Sua fórmula molecular é  $C_{10}H_{16}O$ , com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6; e dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor.

Para que se consiga atrair um maior número de abelhas para uma determinada região, a molécula que deve estar presente em alta concentração no produto a ser utilizado é:

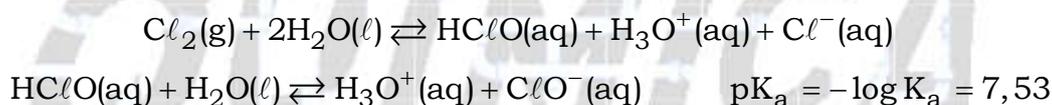


**Resolução:**  
**Alternativa A**

O citral tem fórmula molecular  $C_{10}H_{16}O$ , com uma cadeia alifática de oito carbonos, duas insaturações, nos carbonos 2 e 6; e dois grupos substituintes metila, nos carbonos 3 e 7. O citral possui dois isômeros geométricos, sendo o *trans* o que mais contribui para o forte odor que atrai as abelhas. Então, teremos:



10. Uma das etapas do tratamento da água é a desinfecção, sendo a cloração o método mais empregado. Esse método consiste na dissolução do gás cloro numa solução sob pressão e sua aplicação na água a ser desinfetada. As equações das reações químicas envolvidas são:



A ação desinfetante é controlada pelo ácido hipocloroso, que possui um potencial de desinfecção cerca de 80 vezes superior ao ânion hipoclorito. O pH do meio é importante, porque influencia na extensão com que o ácido hipocloroso se ioniza.

Para que a desinfecção seja mais efetiva, o pH da água a ser tratada deve estar mais próximo de

- a) 0.
- b) 5.
- c) 7.
- d) 9.
- e) 14.

**Resolução:**

**Alternativa B**

Teremos:



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]}$$

$$K_a = [\text{H}_3\text{O}^+] \times \frac{[\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]}$$

O ácido hipocloroso possui um potencial de desinfecção cerca de 80 vezes superior ao ânion hipoclorito, então:

$$[\text{HClO}] = 80[\text{ClO}^-]$$

$$\frac{[\text{ClO}^-]}{[\text{HClO}]} = \frac{1}{80}$$

Aplicando  $-\log$ , vem:

$$-\log K_a = -\log \left( [H_3O^+] \times \frac{[ClO^-]}{[HClO]} \right)$$

$$\underbrace{-\log K_a}_{pKa} = \underbrace{-\log H_3O^+}_{pH} - \log \frac{[ClO^-]}{[HClO]}$$

$$pKa = pH - \log \frac{[ClO^-]}{[HClO]}$$

$$7,53 = pH - \log \frac{1}{80}$$

$$-7,53 + pH = \log \frac{1}{80}$$

$$10^{-7,53+pH} = 0,0125$$

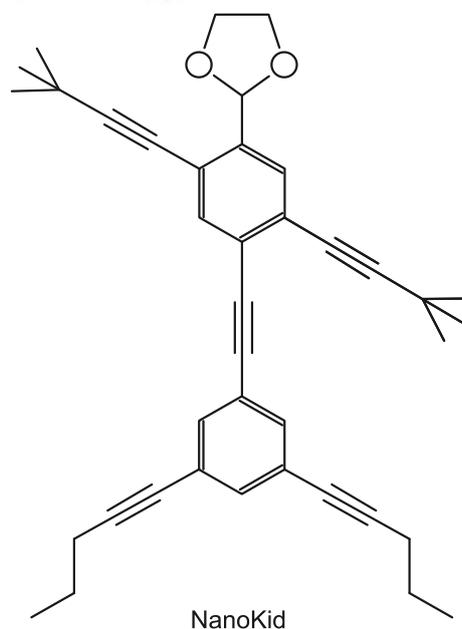
$$0,0125 \approx 12,5 \times 10^{-3} \approx 10 \times 10^{-3} \approx 10^{-2}$$

$$10^{-7,53+pH} = 10^{-2}$$

$$pH - 7,53 = -2$$

$$pH \approx 7,53 - 2 = 5,53 \approx 5$$

11. As moléculas de *nanoputians* lembram figuras humanas e foram criadas para estimular o interesse de jovens na compreensão da linguagem expressa em fórmulas estruturais, muito usadas em química orgânica. Um exemplo é o NanoKid, representado na figura:



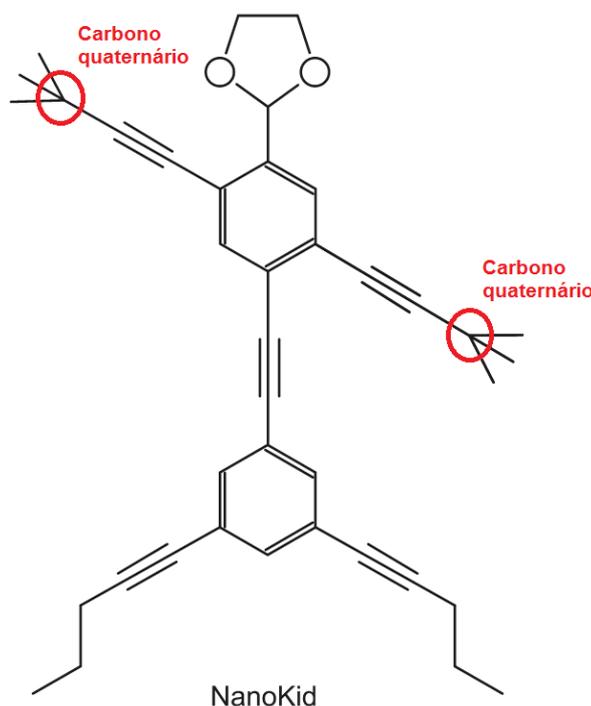
CHANTEAU, S. H.; TOUR, J. M. *The Journal of Organic Chemistry*, v. 68, n. 23, 2003 (adaptado).

Em que parte do corpo do NanoKid existe carbono quaternário?

- a) Mãos.   b) Cabeça.   c) Tórax.   d) Abdômen.   e) Pés.

**Resolução:**  
**Alternativa A**

Carbono quaternário é aquele que se liga a quatro outros átomos de carbono, isto ocorre nas mãos do nanokid. Então:



12. Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio no outro. A eletricidade de uma pilha de 1 volt parecia tão fraca, e, no entanto podia ser suficiente para desfazer um composto químico, a água...

SACKS, O. *Tio Tungstênio: memórias de uma infância química*. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.

O fragmento do romance de Oliver Sacks relata a separação dos elementos que compõem a água. O princípio do método apresentado é utilizado industrialmente na

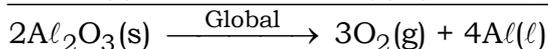
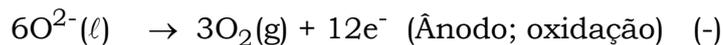
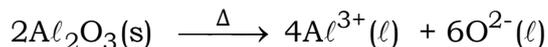
- obtenção de ouro a partir de pepitas.
- obtenção de calcário a partir de rochas.
- obtenção de alumínio a partir da bauxita.
- obtenção de ferro a partir de seus óxidos.
- obtenção de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

**Resolução:**  
**Alternativa C**

O texto refere-se a uma eletrólise (decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força). Este método é utilizado industrialmente na obtenção de alumínio a partir da bauxita.

A alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) é obtida a partir da bauxita:  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s}) \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{O}_3(\text{s}) + 5\text{H}_2\text{O}(\text{v})$ .

Equacionamento da eletrólise ígnea da alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) que faz parte do processo de obtenção do alumínio na indústria:



**13.** A produção de aço envolve o aquecimento do minério de ferro, junto com carvão (carbono) e ar atmosférico em uma série de reações de oxirredução. O produto é chamado de ferro-gusa e contém cerca de 3,3% de carbono. Uma forma de eliminar o excesso de carbono é a oxidação a partir do aquecimento do ferro-gusa com gás oxigênio puro. Os dois principais produtos formados são aço doce (liga de ferro com teor de 0,3% de carbono restante) e gás carbônico. As massas molares aproximadas dos elementos carbono e oxigênio são, respectivamente, 12 g/mol e 16 g/mol.

LEE, J. D. *Química Inorgânica não tão concisa*. São Paulo: Edgard Blucher, 1999 (adaptado).

Considerando que um forno foi alimentado com 2,5 toneladas de ferro-gusa, a massa de gás carbônico formada, em quilogramas, na produção de aço doce, é mais próxima de

- a) 28.    b) 75.    c) 175.    d) 275.    e) 303.

**Resolução:**  
**Alternativa D**

O ferro gusa tem 3,3 % de carbono e de acordo com o enunciado, o excesso de carbono é retirado formando uma liga (aço doce) com 0,3 % de carbono, ou seja, 3,0 % de carbono (3,3 % - 0,3 %) é retirado. Então:

2,5 t = 2500 kg de ferro gusa (total); C = 12; CO<sub>2</sub> = 44.

$$\begin{array}{l} 2500 \text{ kg} \text{ ————— } 100 \% \\ m_{\text{carbono retirado}} \text{ ————— } 3,0 \% \end{array}$$

$$m_{\text{carbono retirado}} = 75 \text{ kg}$$

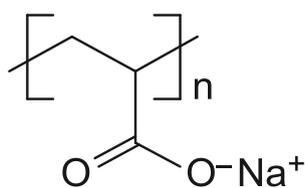


$$12 \text{ g} \text{ ————— } 44 \text{ g}$$

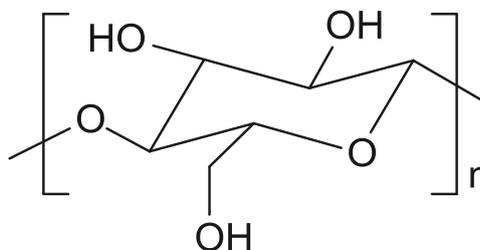
$$75 \text{ kg} \text{ ————— } m_{CO_2}$$

$$m_{CO_2} = 275 \text{ kg}$$

**14.** As fraldas descartáveis que contêm o polímero poliácrlato de sódio (1) são mais eficientes na retenção de água que as fraldas de pano convencionais, constituídas de fibras de celulose (2).



(1)



(2)

CURI, D. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 23, maio 2006 (adaptado).

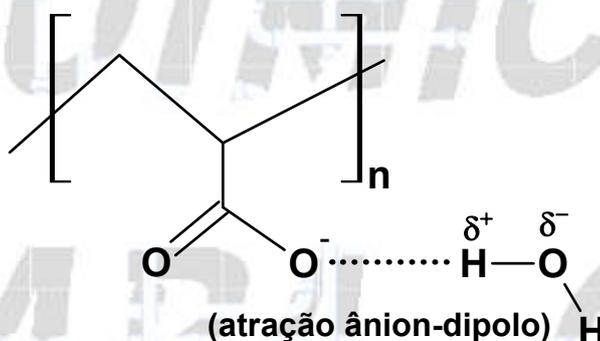
A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às

- a) interações dipolo-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- b) interações íon-íon mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.
- c) ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e a água, em relação às interações íon-dipolo entre a celulose e as moléculas de água.
- d) ligações de hidrogênio mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às interações dipolo induzido-dipolo induzido entre a celulose e as moléculas de água.
- e) interações íon-dipolo mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, em relação às ligações de hidrogênio entre a celulose e as moléculas de água.

**Resolução:**

**Alternativa E**

A maior eficiência dessas fraldas descartáveis, em relação às de pano, deve-se às interações íon-dipolo que são mais fortes entre o poliacrilato e as moléculas de água, do que em relação às ligações de hidrogênio entre as hidroxilas da celulose e as moléculas de água.



**15.** Entre as substâncias usadas para o tratamento de água está o sulfato de alumínio que, em meio alcalino, forma partículas em suspensão na água, às quais as impurezas presentes no meio aderem.

O método de separação comumente usado para retirar o sulfato de alumínio com as impurezas aderidas é a

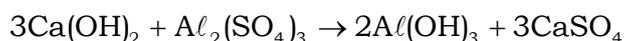
- a) flotação.
- b) levigação.
- c) ventilação.
- d) peneiração.
- e) centrifugação.

**Resolução:**

**Alternativa A**

Nas estações de tratamento a água que será consumida pela população precisa passar por uma série de etapas que possibilite eliminar todos os seus poluentes.

Uma dessas etapas é a coagulação ou floculação, com o uso de hidróxido de cálcio, conforme a reação:



O hidróxido de alumínio ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) obtido, que é uma substância insolúvel em água, permite reter em sua superfície muitas das impurezas presentes na água (floculação). O método de separação comumente usado para retirar o sulfato de alumínio com as impurezas aderidas é a flotação (faz-se uma agitação no sistema e as impurezas retidas sobem à superfície da mistura heterogênea).