

EXAME NACIONAL DO ENSINO SECUNDÁRIO
12.º Ano de Escolaridade (Decreto-Lei n.º 286/89, de 29 de Agosto)

Cursos Gerais

Programa novo implementado em 2005/2006

Duração da prova: 120 minutos
2006

2.ª FASE

PROVA ESCRITA DE QUÍMICA

VERSÃO 2

Na sua folha de respostas, indique claramente a versão da prova.

A ausência dessa indicação implica a anulação de todos os itens de escolha múltipla.

Identifique claramente os itens a que responde.

Utilize apenas caneta ou esferográfica de tinta azul ou preta (excepto nas respostas que impliquem a elaboração de construções, desenhos ou outras representações).

É interdito o uso de «esferográfica-lápis» e de corrector.

As cotações da prova encontram-se na página 15.

A prova inclui, na página 3, uma Tabela de Constantes, nas páginas 3 e 4, um Formulário e, na página 5, uma Tabela Periódica.

Pode utilizar máquina de calcular gráfica.

Nos itens de escolha múltipla

- SELECCIONE a alternativa CORRECTA.
- Indique, claramente, na sua folha de respostas, o NÚMERO do item e a LETRA da alternativa pela qual optou.
- É atribuída a cotação de zero pontos aos itens em que apresente:
 - mais do que uma opção (ainda que nelas esteja incluída a opção correcta);
 - o número e/ou a letra ilegíveis.
- Em caso de engano, este deve ser riscado e corrigido, à frente, de modo bem legível.

Nos itens em que seja solicitada a escrita de um texto, a classificação das respostas contempla aspectos relativos aos conteúdos, à organização lógico-temática e à terminologia científica.

Nos itens que envolvem a resolução de exercícios numéricos, deverá apresentar todas as etapas de resolução.

Os dados imprescindíveis à resolução de alguns itens específicos são indicados no final do seu enunciado, nos gráficos, nas figuras ou nas tabelas que lhes estão anexadas ou, ainda, na Tabela de Constantes e no Formulário.

CONSTANTES

Constante de Avogadro	$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Planck	$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Constante dos gases	$R = 0,082 \text{ atm dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ $R = 8,31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Velocidade de propagação da luz no vácuo	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

FORMULÁRIO

- **Quantidade de substância** $n = \frac{m}{M}$
 m – massa
 M – massa molar
- **Número de partículas** $N = n N_A$
 n – quantidade de substância
 N_A – constante de Avogadro
- **Massa volúmica** $\rho = \frac{m}{V}$
 m – massa
 V – volume
- **Concentração de solução** $c = \frac{n}{V}$
 n – quantidade de substância (soluto)
 V – volume de solução
- **Grau de ionização/dissociação** $\alpha = \frac{n}{n_0}$
 n – quantidade de substância ionizada/dissociada
 n_0 – quantidade de substância dissolvida
- **Frequência de uma radiação electromagnética** $\nu = \frac{c}{\lambda}$
 c – velocidade de propagação das ondas electromagnéticas no vácuo
 λ – comprimento de onda no vácuo
- **Energia de uma radiação electromagnética (por fotão)** $E = h \nu$
 h – constante de Planck
 ν – frequência

- **Equivalência massa-energia** $E = mc^2$
 E – energia
 m – massa
 c – velocidade de propagação da luz no vácuo
- **Momento dipolar (módulo)** $|\vec{\mu}| = |\delta| r$
 $|\delta|$ – módulo da carga parcial do dipolo
 r – distância entre as cargas eléctricas
- **Absorvência de solução** $A = \varepsilon \ell c$
 ε – absortividade
 ℓ – percurso óptico da radiação na amostra de solução
 c – concentração de solução
- **Energia transferida sob a forma de calor**..... $Q = mc \Delta T$
 c – capacidade térmica mássica
 m – massa
 ΔT – variação de temperatura
- **Entalpia** $H = U + PV$
 U – energia interna
 P – pressão
 V – volume
- **Equação de estado dos gases ideais** $PV = nRT$
 P – pressão
 V – volume
 n – quantidade de substância (gás)
 R – constante dos gases
 T – temperatura absoluta
- **Conversão da temperatura (de grau Celsius para kelvin)** $T / K = \theta / ^\circ\text{C} + 273,15$
 T – temperatura absoluta
 θ – temperatura Celsius
- **Relação entre pH e a concentração de H_3O^+** $\text{pH} = -\log \left\{ [\text{H}_3\text{O}^+] / \text{mol dm}^{-3} \right\}$

GRUPO I

1. Na composição da bauxite, mineral de onde pode ser extraído o alumínio por redução electrolítica do respectivo óxido, podem encontrar-se não só óxido de alumínio, como óxidos de ferro, de silício e de titânio.

1.1. Relativamente aos elementos Al , Fe , Si e Ti , componentes daqueles óxidos, seleccione, de entre as alternativas indicadas de **(A)** a **(D)**, a **correcta**.

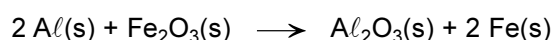
(A) A configuração electrónica do ião Al^{3+} , não excitado, é $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$.

(B) Os átomos Al e Si , não excitados, possuem electrões de valência em orbitais de número quântico secundário $\ell = 1$.

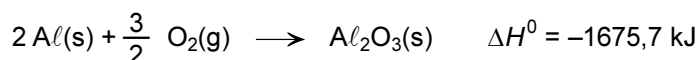
(C) Os elementos metálicos Al , Fe e Ti pertencem todos ao bloco d da Tabela Periódica dos Elementos.

(D) A energia de (primeira) ionização do ferro, Fe , é inferior à energia de (primeira) ionização do titânio, Ti .

1.2. O óxido de alumínio, Al_2O_3 , é um composto estável, o que é evidenciado pelo facto de o alumínio metálico reduzir a maior parte dos óxidos metálicos ao respectivo metal, como é ilustrado pela equação química



A partir das seguintes informações:

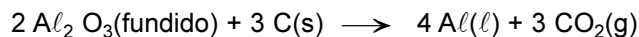


calcule, aplicando a lei de Hess, a variação de entalpia padrão, $\Delta_r H^0$, da reacção que traduz a redução do óxido de ferro, $Fe_2O_3(s)$, a ferro, $Fe(s)$, pelo alumínio, $Al(s)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

2. Industrialmente, o alumínio, $Al(\ell)$, pode ser obtido através da electrólise efectuada a partir do respectivo óxido, Al_2O_3 , dissolvido em criolite fundida, utilizando a grafite, $C(s)$, como um dos eléctrodos.

Uma equação química que pode traduzir esta reacção electrolítica é:



- 2.1. Relativamente a esta equação química, seleccione, de entre as alternativas indicadas de (A) a (D), a **correcta**.

- (A) A variação dos números de oxidação de Al e de C é, respectivamente, -6 e $+6$.
(B) Uma das semi-reacções é traduzida pela equação $C(s) + 2 O^{2-}(\ell) + 4 \text{ electrões} \rightarrow CO_2(g)$.
(C) No eléctrodo positivo da célula electrolítica, ocorre a formação de alumínio metálico, $Al(\ell)$.
(D) Na reacção, ocorre transferência de 3 mol de electrões por cada mole de $Al(\ell)$ formado.

- 2.2. Calcule a massa de alumínio, $Al(\ell)$, obtida por electrólise, quando se libertam 200 dm^3 de $CO_2(g)$, medido a $298,15 \text{ K}$ e à pressão de 101 kPa . Considere o dióxido de carbono, $CO_2(g)$, um gás com comportamento ideal.

Apresente todas as etapas de resolução.

3. A criolite fundida, $Na_3AlF_6(\ell)$, usada como solvente para o óxido de alumínio no processo de electrólise de Al_2O_3 , é um sal cuja estrutura integra iões Na^+ e $[AlF_6]^{3-}$.

- 3.1. Relativamente à criolite e aos iões que a integram, seleccione, de entre as alternativas indicadas de (A) a (D), a **correcta**.

- (A) O ião fluoreto, F^- , actua como um ligando polidentado, em $[AlF_6]^{3-}$.
(B) A ligação entre os iões Na^+ e $[AlF_6]^{3-}$, em Na_3AlF_6 , tem carácter metálico.
(C) A criolite, Na_3AlF_6 , é um complexo de coordenação.
(D) A geometria mais estável do ião complexo $[AlF_6]^{3-}$ é octaédrica.

- 3.2. Esclareça, através de um texto, o facto de os iões Na^+ , também presentes na célula electrolítica, provenientes da criolite fundida, não originarem o respectivo metal, $Na(s)$, ao contrário dos iões Al^{3+} que originam $Al(\ell)$.

$$E^0 (Al^{3+} / Al) = -1,66V$$

$$E^0 (Na^+ / Na) = -2,71V$$

4. O sulfato de alumínio, $Al_2(SO_4)_3$, pode ser usado em conjunto com o hidróxido de cálcio, $Ca(OH)_2$, na purificação da água para consumo, por arrasto de pequenas partículas em suspensão naquela, quando o hidróxido de alumínio, $Al(OH)_3$, precipita.

Traduza por uma equação química não iónica a reacção acima descrita, indicando os estados das espécies químicas que nela figuram.

5. Ao dissolver-se $Al_2(SO_4)_3(s)$ em água desionizada, ocorre a dissociação em iões $Al^{3+}(aq)$ e $SO_4^{2-}(aq)$. O ião $Al^{3+}(aq)$ hidrata-se, originando o ião $[Al(H_2O)_6]^{3+}(aq)$.

Sem apresentar cálculos, esclareça, através de um texto, a seguinte afirmação verdadeira:

Quando é dissolvido sulfato de alumínio em água desionizada, a solução aquosa obtida apresenta, a 25 °C, um carácter ácido.

$$K_w(\text{produto iónico da água, a 25 °C}) = 1,0 \times 10^{-14}$$

$$K_b(SO_4^{2-}, \text{ a 25 °C}) = 1,0 \times 10^{-12}$$

$$K_a([Al(H_2O)_6]^{3+}(aq), \text{ a 25 °C}) = 1,0 \times 10^{-5}$$

6. Entre os vários materiais recicláveis, o alumínio é o mais valioso.

Considere as informações seguintes:

- A produção industrial de 1 kg de alumínio requer cerca de 4 kg de bauxite (recurso natural).
- A energia requerida no processo de reciclagem de objectos de alumínio é 26,1 kJ por cada mole de alumínio.
- A energia requerida para produzir 1 mol de alumínio, por electrólise de Al_2O_3 (extraído da bauxite), é 297 kJ.

Com base nessas informações, indique três razões pelas quais a reciclagem de objectos de alumínio pode contribuir para a sustentabilidade económica e ambiental.

GRUPO II

1. Na figura 1 representam-se os produtos resultantes das reacções de *cracking* catalítico de um hidrocarboneto, de fórmula condensada $C_{17}H_{34}$, obtido da destilação do petróleo. Neste processo, que ocorre à temperatura aproximada de $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, são usados, como catalisadores, aluminossilicatos (zeólitos) – compostos sólidos de estrutura aberta e altamente porosos.

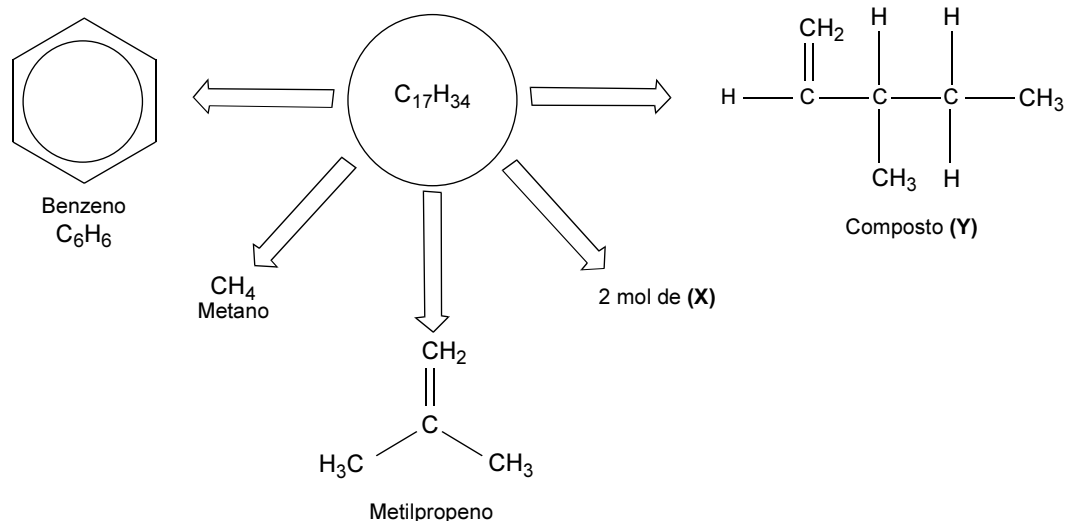


Fig. 1

- 1.1. Com base nas informações acima referidas, seleccione, de entre as alternativas indicadas de (A) a (D), a **correcta**.
- (A) O *cracking* permite a conversão de hidrocarbonetos insaturados em hidrocarbonetos saturados.
 - (B) Os hidrocarbonetos resultantes do *cracking*, representados na figura 1, têm por fórmula geral C_nH_{2n} .
 - (C) O *cracking* de hidrocarbonetos com zeólitos é um processo que envolve uma catálise homogénea.
 - (D) O produto da reacção de *cracking*, representado por (X) na figura 1, é o hidrogénio, H_2 .
- 1.2. Indique, de acordo com a nomenclatura IUPAC, o nome do composto representado por (Y) na figura 1.
- 1.3. O but-2-eno (ou 2-buteno), isómero do metilpropeno, apresenta isomeria geométrica. Represente a fórmula estrutural dos respectivos isómeros *cis* e *trans* e distingua-os. Não omita a escrita de qualquer símbolo químico dos átomos da molécula, nem de qualquer par electrónico de valência.

2. A Teoria da Ligação de Valência (TLV) permite explicar a formação e a estrutura das moléculas.

De entre as alternativas indicadas de (A) a (D), seleccione a que completa correctamente a frase seguinte.

De acordo com a Teoria da Ligação de Valência,...

- (A) ... o número de orbitais híbridas de qualquer dos átomos de carbono, na molécula do benzeno, é superior ao número de orbitais atómicas envolvidas na hibridação.
- (B) ... as ligações σ entre átomos de carbono, na molécula do benzeno, podem ser interpretadas em termos de sobreposição de orbitais sp^2 desses átomos de carbono.
- (C) ... o número total de ligações entre os átomos da molécula de metilpropeno contabiliza 12 ligações σ e 1 ligação π .
- (D) ... a hibridação sp^2 do átomo de carbono é a que se ajusta de forma directa à geometria mais estável da molécula do metano.

3. O metano, CH_4 , é um dos componentes maioritários do gás natural.

Na figura 2, está representado o diagrama de energia potencial, E_p , em função da progressão da reacção de combustão do metano.

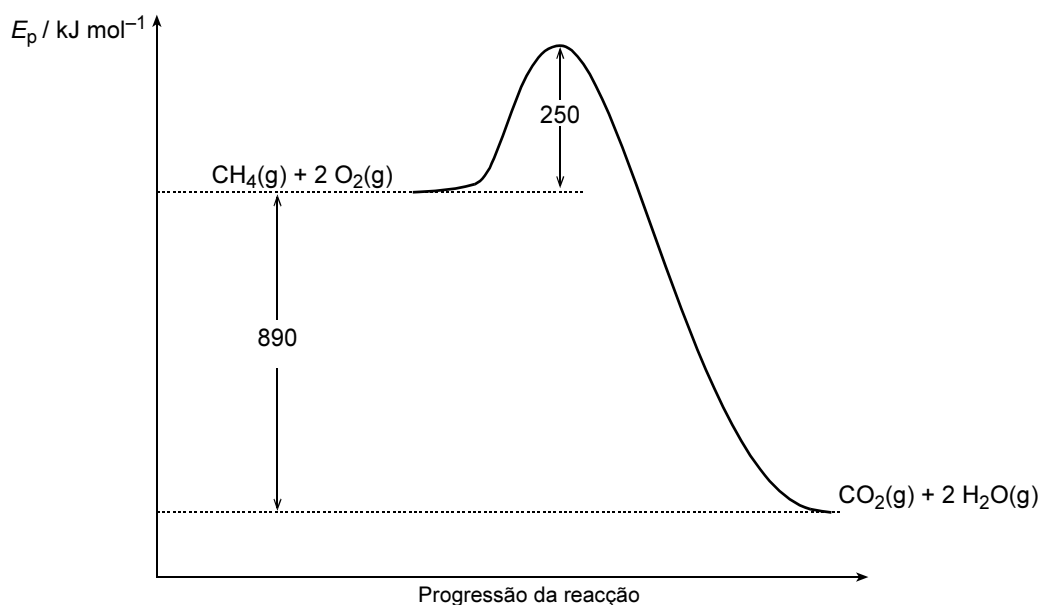


Fig. 2

Indique o que representa cada um dos valores de energia referidos no diagrama da figura 2.

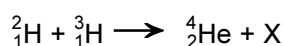
4. Entre as alternativas aos combustíveis fósseis, encontram-se o bioálcool, o biodiesel, o biogás e o hidrogénio.

Esclareça, através de um texto, o facto de, entre estes combustíveis, ser apenas o hidrogénio a alternativa ambientalmente mais «limpa».

5. A fusão nuclear pode vir a proporcionar uma fonte de energia sustentável.

Selecione, de entre as alternativas indicadas de (A) a (D), a que completa correctamente a frase seguinte.

Na reacção de fusão que envolve isótopos do hidrogénio (deutério, ${}^2_1\text{H}$, e trítio, ${}^3_1\text{H}$), traduzida pela equação nuclear

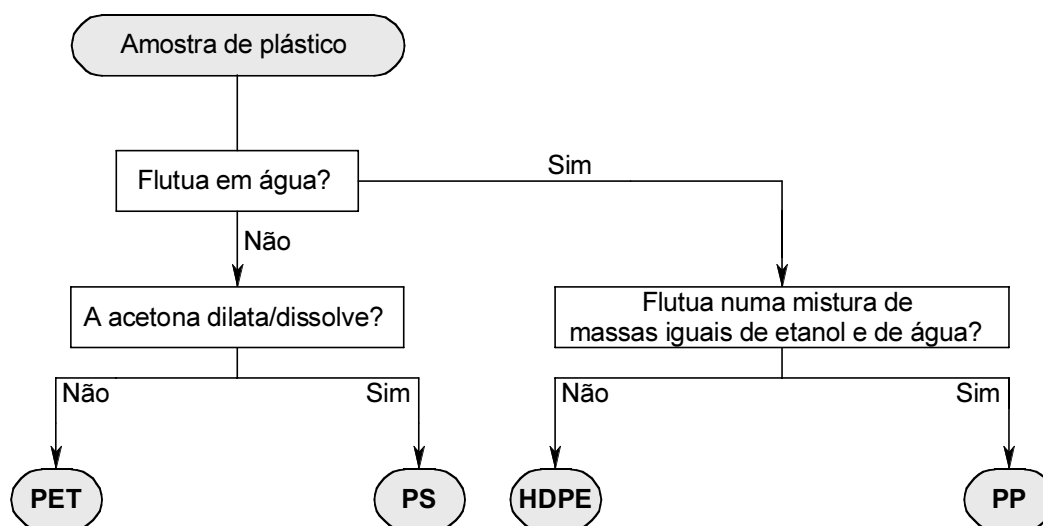


a partícula representada por X é...

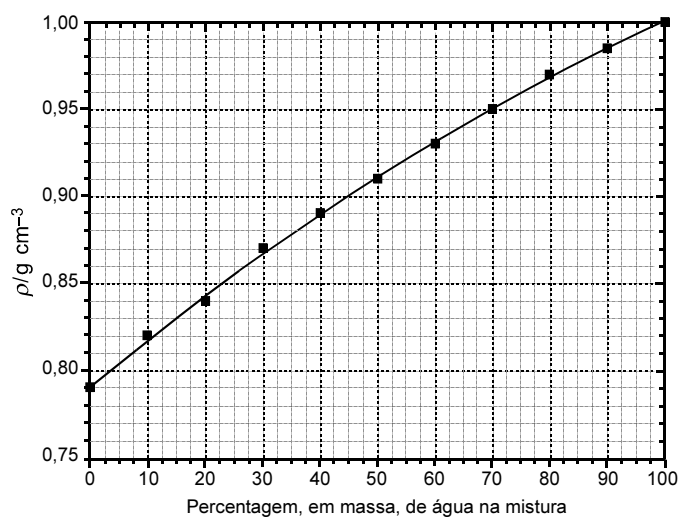
- (A) ... uma partícula β^- .
- (B) ... um protão.
- (C) ... um neutrão.
- (D) ... uma partícula α .
6. A fusão de elementos leves e a fissão de elementos pesados são transformações nucleares que envolvem a libertação de grandes quantidades de energia.
- Relativamente a estas transformações nucleares, selecione, de entre as alternativas indicadas de (A) a (D), a **correcta**.
- (A) Na fusão nuclear, um átomo de um elemento químico é dividido, produzindo dois átomos de elementos diferentes de menores dimensões.
- (B) Na fissão nuclear, para além da formação de novos elementos químicos, é provável obter também neutrões que, por sua vez, podem iniciar reacções em cadeia.
- (C) Na fusão nuclear, surgem, entre os produtos resultantes, vários resíduos radioactivos que podem constituir um sério problema ambiental.
- (D) Em qualquer das transformações, a energia libertada é tanto maior quanto menor for o decréscimo de massa, Δm , resultante da transformação nuclear.

GRUPO III

Com o objectivo de identificar quatro amostras de plásticos, rotuladas por **X**, **Y**, **W** e **Z**, num conjunto que se sabe incluir polietileno de alta densidade (**HDPE**), poliestireno (**PS**), politereftalato de etileno (**PET**) e polipropileno (**PP**), foi fornecido a um grupo de alunos a «marcha» proposta para a identificação das referidas amostras.



No gráfico da figura 3, estão registados valores experimentais de massa volúmica (ou densidade), ρ , de misturas etanol/água, em função da respectiva percentagem, em massa, de água na mistura, % *m/m*, a 25 °C.



$$\% \text{ m/m} = \frac{m_{\text{água}}}{m_{\text{água}} + m_{\text{etanol}}} \times 100$$

Fig. 3

1. Os resultados observados apresentam-se registados na tabela seguinte:

Amostra de plástico	Teste de flutuação		Teste de acetona
	Em água	Numa mistura de massas iguais de etanol e de água	
X	Não	Não	Não dilata
Y	Não	Não	Dilata/dissolve
W	Sim	Não	
Z	Sim	Sim	

Selecione, de entre as alternativas indicadas de (A) a (D), a que completa correctamente a frase seguinte.

Face aos resultados experimentais, pode concluir-se que as amostras X, Y, W e Z são respectivamente:

- (A) PP, PS, PET e HDPE.
- (B) PS, PET, PP e HDPE.
- (C) PET, PP, PS e HDPE.
- (D) PET, PS, HDPE e PP.

2. Com base nas informações da «marcha» e/ou da figura 3:

2.1. Esclareça, através de um texto, se é possível substituir o teste de dissolução em acetona, utilizado para identificar o PET e o PS, por um teste de flutuação numa qualquer mistura de etanol/água.

2.2. Verifique se a amostra de PP ($\rho = 0,9 \text{ g cm}^{-3}$) flutua quando mergulhada numa mistura preparada a partir de volumes iguais de etanol e de água. Apresente todas as etapas de resolução.

3. Selecione, de entre as alternativas indicadas de (A) a (D), a que completa correctamente a frase seguinte.

Relativamente às moléculas de água, H_2O , etanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, e propanona, CH_3COCH_3 , pode afirmar-se que:

- (A) De entre as moléculas $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ e H_2O , é a molécula de etanol a de maior polaridade.
- (B) As interacções moleculares predominantes entre moléculas de etanol e de água são forças de dispersão de London.
- (C) As moléculas de propanona podem estabelecer ligações de hidrogénio com as moléculas de água.
- (D) As interacções moleculares predominantes entre moléculas de propanona são ligações de hidrogénio.

Electronegatividades: H = 2,20; C = 2,55; O = 3,44

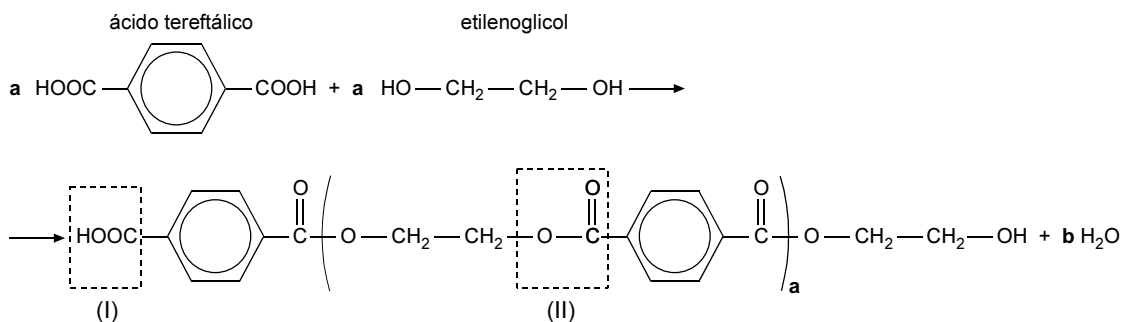
V.S.F.F.

642.V2/13

4. É muito comum encontrar embalagens de bebidas fabricadas a partir de **HDPE** e **PET**.

O **HDPE** é um plástico comum, cuja unidade estrutural é $-\text{[CH}_2\text{-CH}_2\text{]}_n-$.

O **PET** é obtido a partir da reacção entre o ácido tereftálico e o etilenoglicol, representada na equação química seguinte.



4.1. Represente a fórmula estrutural do monómero que está na origem do **HDPE**.

Não omita a escrita de qualquer símbolo químico dos átomos da molécula, nem de qualquer ligação entre eles.

4.2. Identifique os nomes dos dois grupos funcionais, assinalados por (I) e (II), na equação química acima.

4.3. Relativamente a estes plásticos e às informações fornecidas, seleccione, de entre as alternativas indicadas de (A) a (D), a **correcta**.

- (A) A síntese do **HDPE** requer a presença de um iniciador que dê origem a radicais livres.
- (B) O **PET** e o **HDPE** pertencem à família das poliolefinas.
- (C) A massa molar média, em g mol^{-1} , do **PET** é calculada através da expressão $a \times 180,17$.
- (D) Os valores numéricos dos coeficientes **a** e **b**, na equação de síntese do **PET**, são iguais.

5. Nas embalagens de **HDPE** e **PET**, é possível encontrar os seguintes símbolos de identificação (figura 4):



Fig. 4

Qual a finalidade do uso destes símbolos?

FIM

COTAÇÕES

	GRUPO I	82 pontos
1.		
1.1.	.....	8 pontos
1.2.	.....	12 pontos
2.		
2.1.	.....	8 pontos
2.2.	.....	10 pontos
3.		
3.1.	.....	8 pontos
3.2.	.....	8 pontos
4.	.....	6 pontos
5.	.....	12 pontos
6.	.....	10 pontos

	GRUPO II	60 pontos
1.		
1.1.	.....	8 pontos
1.2.	.....	4 pontos
1.3.	.....	8 pontos
2.	.....	8 pontos
3.	.....	6 pontos
4.	.....	10 pontos
5.	.....	8 pontos
6.	.....	8 pontos

	GRUPO III	58 pontos
1.	.....	8 pontos
2.		
2.1.	.....	10 pontos
2.2.	.....	10 pontos
3.	.....	8 pontos
4.		
4.1.	.....	4 pontos
4.2.	.....	4 pontos
4.3.	.....	8 pontos
5.	.....	6 pontos

TOTAL **200 pontos**