

A MATEMÁTICA ESTÁ EM TUDO

“A matemática está em tudo” este é o tema da 14ª Semana Nacional de Ciência e Tecnologia - SNCT 2017. A escolha baseia-se no fato da realização, em julho deste ano, da Olimpíada Internacional de Matemática e, no ano seguinte, do Congresso Internacional de Matemática, ambos sediados pela primeira vez aqui no Brasil.

A Matemática, desde os primórdios da civilização até a atualidade, desempenha um papel importante na sociedade em geral, permutando conceitos e técnicas que proporcionam grande progresso para a Biologia, Física, Astronomia, Química, assim como com as ciências do comportamento e da educação.

Do mesmo modo, a Química também está presente no cotidiano da sociedade. Do sofisticado computador à singela caneta esferográfica, do possante automóvel ao carrinho de brinquedo, não há produto que não utilize matérias-primas fornecidas pela indústria química. O cotidiano seria realmente muito mais difícil sem a química, destacando-se então a importância do desenvolvimento de novos produtos, que possam garantir mais saúde, conforto, lazer e segurança a toda a sociedade.

Através de atividades interdisciplinares, integrando de forma contextualizada vários saberes diferentes destas duas ciências, é possível desenvolver a socialização dos conhecimentos químicos e o desenvolvimento significativo de habilidades e competências nos estudantes.

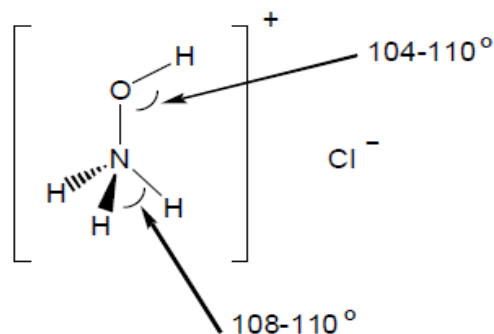
A Comissão.

Questão 1 – A hidroxilamina, NH_2OH , é uma base e um agente redutor; essa reage com ácido clorídrico para formar o sal cloreto de hidroxilamônio, $\text{NH}_3\text{OH}^+\text{Cl}^-$; e com Fe^{3+} produzindo Fe^{2+} . 1,00 g de cloreto de hidroxilamônio foi dissolvido em água destilada e completou-se o volume a 250 mL. Uma alíquota de 25,0 mL desta solução foi adicionada a uma solução contendo um excesso de íons de Fe^{3+} e ácido sulfúrico. A mistura foi então fervida e deixada arrefecer. Em seguida, foi titulada por uma solução de $0,02 \text{ mol L}^{-1}$ de permanganato de potássio, que oxida os íons Fe^{2+} transformando-os em Fe^{3+} e se reduzindo a íons Mn^{2+} , consumindo 28,9 mL da solução de permanganato de potássio.

- Desenhar a estrutura para o cloreto de hidroxilamônio, $\text{NH}_3\text{OH}^+\text{Cl}^-$, e incluir na representação da estrutura os valores aproximados dos ângulos de ligação.
- Calcular a razão entre o número de mols de íons Fe^{3+} e o número de mols de cloreto de hidroxilamônio que reagiram.
- Calcular o número de oxidação do nitrogênio no cloreto de hidroxilamônio e, por conseguinte, no produto.
- Sugerir qual das seguintes substâncias é o produto contendo nitrogênio formado a partir do cloreto de hidroxilamônio: N_2 , NO , N_2O , N_2O_4 e NH_3 .
- Escrever uma equação equilibrada para a reação entre cloreto de hidroxilamônio e íons de Fe^{3+} .

RESPOSTAS:

a)



b) Número de mols de $\text{NH}_3\text{OH}^+\text{Cl}^-$ que reagiram em uma alíquota de 25 mL:

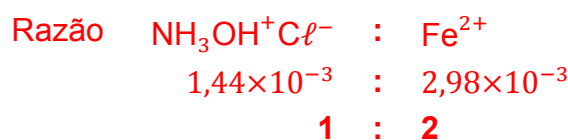
$$[\text{NH}_3\text{OH}^+\text{Cl}^-] = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \times V} = \frac{1,0 \text{ g}}{(69,5 \text{ g mol}^{-1}) \times (0,25 \text{ L})} = 0,0576 \text{ mol L}^{-1}$$

$$n_{\text{NH}_3\text{OH}^+\text{Cl}^-} = [\text{NH}_3\text{OH}^+\text{Cl}^-] \times V = (0,0576 \text{ mol L}^{-1}) \times (0,025 \text{ L}) = 1,44 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

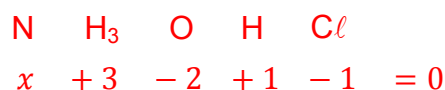
Número de mols de Fe^{2+} que foram titulados com 28,9 mL da solução de permanganato de potássio:

$$n_{\text{MnO}_4^-} = [\text{MnO}_4^-] \times V_{\text{titulado}} = (0,020 \text{ mol L}^{-1}) \times (0,0289 \text{ L}) = 5,78 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{Fe}^{2+}} = (5,78 \times 10^{-4} \text{ mol de MnO}_4^-) \times \frac{5 \text{ mol de Fe}^{2+}}{1 \text{ mol de MnO}_4^-} = 2,98 \times 10^{-3} \text{ mol de Fe}^{2+}$$



c)

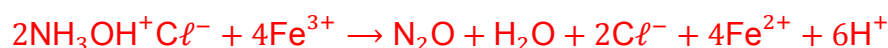


Assim sendo $x = -1$, o estado de oxidação do N = -1 .

Como $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$, e a proporção de $\text{NH}_3\text{OH}^+\text{Cl}^-:\text{Fe}^{2+}$ é de 1:2, tem-se que o estado de oxidação do produto (N) aumenta de 2, ou seja, de -1 para $+1$, sendo N = $+1$.

d) Com base na resposta do item c, o produto é o N_2O .

e) A reação balanceada é:



Questão 2 – O elemento X tem raio atômico maior que o boro e menor que o bromo. A tabela abaixo mostra os Potenciais de Ionização - PI, em kJ mol^{-1} , do elemento X:

1° PI	2° PI	3° PI	4° PI	5° PI	6° PI	7° PI	8° PI	9° PI
1.012	1.903	2.912	4.957	6.274	21.269	25.397	29.854	35.867

O elemento X forma com o elemento J algumas espécies neutras e iônicas de fórmulas: XJ_n , XJ_{n+2} e XJ_{2n} . O elemento J é um halogênio cuja substância simples tem fórmula química J_2 e é um gás à temperatura ambiente. O elemento J forma uma série de óxidos que, quando reagem com a água, formam ácidos.

- Identificar os elementos X e J, e justifique sua escolha.
- Escrever as fórmulas de Lewis e também a geometria para as substâncias formadas entre X e J citadas no texto. Descreva a hibridação do átomo central para cada substância do item anterior.

Quando a substância X é queimada em excesso de ar, forma-se uma substância Z, onde X está no seu maior estado de oxidação. Essa substância, quando recolhida em água, muda o seu pH, que pode ser identificada utilizando-se um indicador. A fenolftaleína é um indicador muito utilizado para esse propósito já que em valores de pH maiores que 8,1, a mesma apresenta coloração rósea e quando o pH for menor que 8,1, a solução apresentar-se-á incolor.

- Escrever a fórmula química da substância Z e indique a nomenclatura.
- Indicar a cor que o indicador fenolftaleína ficará, ao ser adicionado em um becker onde a substância Z foi recolhida em água. Justifique sua resposta utilizando as equações químicas relevantes à situação proposta.

Quando J_2 for borbulhado em uma solução básica sofrerá desproporcionamento, formando-se dois ânions, um derivado do hidrácido de J e outro derivado do ácido oxigenado com J em seu menor estado de oxidação, para uma substância desse tipo.

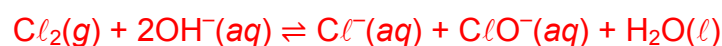
- e) Escrever as fórmulas químicas e nomeie os dois ácidos de J citados no texto acima. Escreva a equação química devidamente balanceada do desproporcionamento de J_2 em meio básico.

RESPOSTAS:

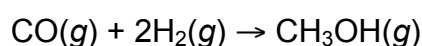
- a) Tomando-se como imposição apenas os elementos com raio atômico maior que o boro e menor que o bromo, deve-se considerar apenas alguns elementos do 2º e 3º períodos da Tabela Periódica. No entanto, o Li e o Be apresentam raio atômico maior que o boro. No entanto, não satisfazem a condição de irem até ao 9º PI. Logo, para raio atômico maior do que o boro (e de acordo com as condições impostas), devem ser considerados os elementos do 3º período em diante. Se o raio atômico é menor do que o Br, o 3º período deve ser considerado. Como existe um salto energético muito grande do 5º para o 6º PI, isso demonstra que o cátion X^{5+} deve ter configuração eletrônica estável. No caso, como a configuração do Ne. Logo, o P^{5+} é isoeletrônico do Ne. J é um halogênio gasoso (ou F ou Cl), que forma uma série de anidridos. O F não forma óxidos, ao contrário de J. Logo, J só pode ser o Cl.
- b) As espécies citadas são: PCl_3 , PCl_5 , PCl_6^- , que, respectivamente, têm as geometrias piramidal (sp^3), bipirâmide trigonal (sp^3d) e octaédrica (sp^3d^2), de acordo com a teoria VSPER
- c) A combustão do fósforo em excesso de ar gera o P_4O_{10} (ou P_2O_5), que pode ser chamado de óxido de fósforo V ou anidrido fosfórico.
- d) O recolhimento desse óxido em água produz o ácido fosfórico (H_3PO_4), deixando a fenolftaleína incolor, uma vez que o indicador usado só mudaria de cor com um pH superior a 8.
- e) O recolhimento de cloro sem aquecimento em solução aquosa básica (por exemplo, com NaOH) produz cloreto e hipoclorito, oriundos dos ácidos clorídrico e hipocloroso:



Ou ionicamente:



Questão 3 – O metanol é um líquido incolor, inflamável e possui um odor suave na temperatura ambiente, apresentando fórmula molecular CH_3OH e massa molecular de $32,04 \text{ g mol}^{-1}$. Mas seu manuseio requer cuidados por se tratar de uma substância tóxica. É uma das matérias-primas mais consumidas na indústria química e pode ser obtido pela mistura gasosa de $CO(g)$ e $H_2(g)$, de acordo com a reação:



Em um experimento sobre equilíbrio químico, foram transferidos 2,00 mols de $\text{CO}(\text{g})$ e 5,00 mols de $\text{H}_2(\text{g})$ para um frasco de 10,0 L. Em seguida, o frasco foi fechado e aquecido a 350°C até ser atingindo o equilíbrio, que continha 0,35 mol de $\text{CO}(\text{g})$. Com base nas informações acima, determinar:

- a) a quantidade de mols de hidrogênio remanescente e de metanol formado.
- b) a fração molar de cada componente no equilíbrio e a constante de equilíbrio em função das frações molares.
- c) a pressão total no frasco quando foi atingido o equilíbrio e a constante de equilíbrio em função das pressões parciais (considere que os gases têm comportamento ideal).
- d) a variação de energia de Gibbs padrão da reação. Use a expressão $\Delta G = -RT \ln Kp$.
- e) a constante de equilíbrio em função das concentrações molares.

Dados: Constante dos gases, $R = 0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

RESPOSTAS:

a)

	CO	H ₂	CH ₃ OH
Início (mol)	2	5	0
Final (mol)	2 - x	5 - 2x	x

Então:

$$2 \text{ mol} - x = 0,35 \text{ mol}$$

$$x = 2 \text{ mol} - 0,35 \text{ mol} = 1,65 \text{ mol}$$

Número de mols de H_2 remanescente é:

$$n_{\text{H}_2} = 5 \text{ mol} - 2 \times 0,35 \text{ mol} = 1,70 \text{ mol}$$

Número de mols de CH_3OH formado é:

$$n_{\text{CH}_3\text{OH}} = x = 1,65 \text{ mol}$$

b) Cálculos das frações molares:

$$n_T = n_{\text{CO}} + n_{\text{H}_2} + n_{\text{CH}_3\text{OH}} = (0,35 + 1,70 + 1,65) \text{ mol} = 3,70 \text{ mol}$$

$$X_{\text{CO}} = \frac{n_{\text{CO}}}{n_T} = \frac{0,35 \text{ mol}}{3,70 \text{ mol}} = 0,0946$$

$$X_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{H}_2}}{n_T} = \frac{1,70 \text{ mol}}{3,70 \text{ mol}} = 0,4595$$

$$X_{\text{CH}_3\text{OH}} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{OH}}}{n_T} = \frac{1,65 \text{ mol}}{3,70 \text{ mol}} = 0,4459$$

Constante de equilíbrio em função das frações molares é:

$$K_X = \frac{X_{\text{CH}_3\text{OH}}}{X_{\text{CO}}(X_{\text{H}_2})^2} = \frac{0,4459}{0,0946 \times 0,4595^2} = 22,32$$

c) Cálculo da pressão total do sistema no equilíbrio:

$$p_T = \frac{n_T RT}{V} = \frac{(3,70 \text{ mol}) \times (0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \times (623 \text{ K})}{10,0 \text{ L}} = 18,9 \text{ atm}$$

A constante de equilíbrio em função das pressões parciais:

$$K_p = \frac{p_{\text{CH}_3\text{OH}}}{p_{\text{CO}} \times p_{\text{H}_2}^2} = \frac{X_{\text{CH}_3\text{OH}} \times p_T}{(X_{\text{CO}} \times p_T) \times (X_{\text{H}_2} \times p_T)^2} = \frac{X_{\text{CH}_3\text{OH}}}{X_{\text{CO}}(X_{\text{H}_2})^2} \times \frac{1}{p_T^2} = K_X \times \frac{1}{p_T^2}$$

$$K_p = \frac{22,32}{18,9^2} = 0,0625$$

d) A variação de energia de Gibbs no equilíbrio é dada por:

$$\begin{aligned} \Delta G &= -RT \ln K_p \\ &= -(8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \times (623 \text{ K}) \\ &\quad \times \ln(0,0625) \end{aligned}$$

$$\Delta G = 14361 \text{ J mol}^{-1} = 14,36 \text{ kJ mol}^{-1}$$

e) A constante de equilíbrio em função das concentrações molares:

$$K_C = \frac{[\text{CH}_3\text{OH}]}{[\text{CO}] \times [\text{H}_2]^2} = \frac{\frac{p_{\text{CH}_3\text{OH}}}{RT}}{\frac{p_{\text{CO}}}{RT} \times \left(\frac{p_{\text{H}_2}}{RT}\right)^2} = \frac{p_{\text{CH}_3\text{OH}}}{p_{\text{CO}} \times p_{\text{H}_2}^2} \times (RT)^2 = K_p \times (RT)^2$$

$$K_C = 0,0625 \times \{(0,082 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) \times (623 \text{ K})\}^2 = 163,1$$



Questão 4 – O rei Richard de York perdeu a batalha e foi morto em 1.485. Em 2.015, seus restos mortais foram enterrados na Catedral de Leicester, no Reino Unido, após ter sido encontrado sob o estacionamento próximo de Greyfriars – Londres, em 2.012. Os seus ossos foram datados por radiocarbono ou carbono-14. De modo geral, os ossos encontrados em esqueletos apresentam 60 % de hidroxapatita $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})]$ em massa, e o restante em colágeno, uma proteína, cujo principal constituinte de aminoácido é a glicina ($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$). Na datação por radiocarbono do esqueleto do rei Richard, uma amostra de 1,00 g de osso foi retirada da costela e tratada adequadamente para remover o conteúdo inorgânico.

- a) Qual dos procedimentos abaixo será o mais eficaz na remoção do conteúdo inorgânico indesejado, preservando o componente orgânico? Indicar uma opção e justificar a escolha.
- I. lavar repetidamente com água e depois com propanona;
 - II. aquecer até 400 °C;
 - III. lavar repetidamente com HCl diluído e em seguida com NaOH diluído.

O componente orgânico restante, a proteína colágeno, pode ser assumido como poliglicina (um polímero feito apenas de glicina). Este componente é queimado em excesso de oxigênio e o produto contendo carbono é reduzido a grafite, na presença de hidrogênio.

- b) (i) Desenhar a unidade de repetição mais simples do polímero poliglicina;
 (ii) Escrever uma equação equilibrada para a combustão de poliglicina constituída por n unidades repetidas;
 (iii) Escrever uma equação equilibrada para a formação da grafite a partir do produto da combustão.
- c) Que massa de grafite foi produzida a partir do processamento da amostra de 1,00 g de osso?

A datação por radiocarbono baseia-se na existência de três isótopos de carbono, C-12, C-13 e C-14. Os dois isótopos mais leves são estáveis, mas o C-14 é radioativo com meia-vida de 5.568 anos. A abundância padrão destes isótopos numa amostra no momento da morte pode ser considerada como sendo: 98,93 %; 1,070 % e $1,215 \times 10^{-10}$ %, respectivamente.

- d) Numa amostra de 2,00 mg analisada no momento da morte, quantos átomos de C-14, em média, se esperaria decaírem num dia?

Em vez de contar a taxa de decaimento real, uma técnica mais sensível é determinar a proporção de C-12, C-13 e C-14 contando os átomos de massa particular usando espectrometria de massa. Verificou-se que a proporção de C-12 : C-14 na amostra de osso era de 1 : $1,154 \times 10^{-12}$.

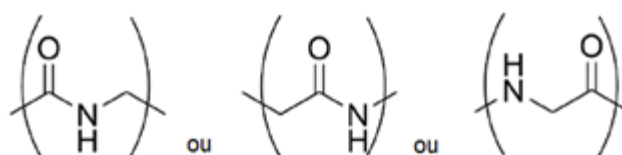
- e) Usando esses dados, determinar a idade dos ossos e, portanto, a data de morte do homem cujos ossos estavam sendo analisados.

RESPOSTAS:

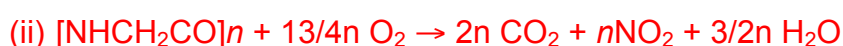
- a) III - lavar repetidamente com HCl diluído e depois com NaOH diluído.

A lavagem com HCl diluído tem o papel de solubilizar os conteúdos inorgânicos e a lavagem com NaOH diluído visa remover o excesso de HCl.

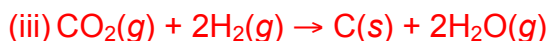
- b) (i)



Observação: aceitar a representação (fórmula) com um "n" para mostrar o polímero.



Aceitar a equação ou múltiplo da equação.



Não são necessários símbolos de estado.

c) 40 % de 1,0 g de osso = 0,40 g de poliglicina

Como toda a massa de carbono na poliglicina converte-se em grafite.

massa de grafite = % de carbono na poliglicina \square 0,40 g

$$\text{massa de grafite} = \frac{2 \times 12,01 \text{ g mol}^{-1}}{(2 \times 12,01 + 3 \times 1,008 + 16,00 + 14,01) \text{ g mol}^{-1}} \times 0,40 \text{ g} = 0,168 \text{ g}$$

d)

$$\text{quantidade de C} = \frac{0,002 \text{ g}}{12,01 \text{ g mol}^{-1}} = 1,665 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{número de átomos de C} = (1,665 \times 10^{-4} \text{ mol}) \times (6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 1,00 \times 10^{20}$$

$$\text{número de átomos de C-14 inicial, } N_0 = \frac{1,215 \times 10^{-10}}{100} \times 1,00 \times 10^{20} = 1,22 \times 10^8$$

$$\text{tempo de meia-vida, } t_{1/2} = (5568 \text{ ano}) \times \frac{365 \text{ dia}}{1 \text{ ano}} = 2,032 \times 10^6 \text{ dia}$$

$$\text{constante de decaimento, } k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{2,032 \times 10^6 \text{ dia}} = 3,41 \times 10^{-7} \text{ dia}^{-1}$$

$$\text{número de átomos C-14, } N = N_0 e^{-kt}$$

$$\text{número de átomos C-14 decaídos em 1 dia, } N_d = N_0 - N_0 e^{-kt}$$

$$= 1,22 \times 10^8 - 1,22 \times 10^8 \times e^{-(3,41 \times 10^{-7} \text{ dia}^{-1}) \times (1 \text{ dia})} = 41,6 \approx 42$$

e)

$$\text{constante de decaimento, } k = \frac{\ln 2}{5568 \text{ ano}} = 1,245 \times 10^{-4} \text{ ano}^{-1}$$

$$\frac{N(\text{C-14})}{N(\text{C-12})} = 1,154 \times 10^{-12}$$

$$\frac{N_0(\text{C-14})}{N_0(\text{C-12})} = \frac{1,215 \times 10^{-10}}{98,83} = 1,228 \times 10^{-12}$$

E como $N(\text{C-12}) = N_0(\text{C-12})$, tem-se que:

$$\frac{N(\text{C-14})}{N_0(\text{C-14})} = \frac{1,154 \times 10^{-12}}{1,228 \times 10^{-12}} = 0,9397$$

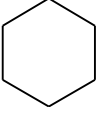
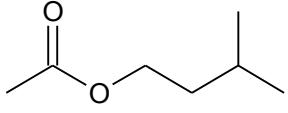
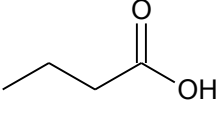
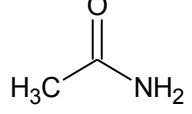
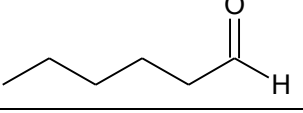
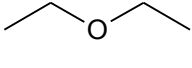

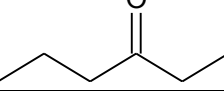
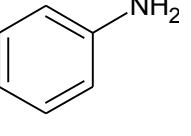
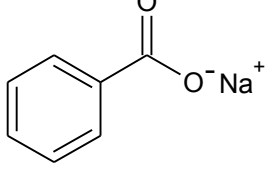
Para C-14, $N = N_0 e^{-kt}$

$$t = -\frac{\ln \left[\frac{N(\text{C-14})}{N_0(\text{C-14})} \right]}{k} = -\frac{\ln 0,9397}{1,245 \times 10^{-4} \text{ ano}^{-1}} = 500 \text{ ano}$$

Data da morte = 2012 – 500 = 1512.

Observação: (i) Aceitar a resposta, para qualquer ano entre 2012-2016 se for usado como a data da experimento. (ii) Não aceitar a simples resposta 1485!

Questão 5 – As substâncias orgânicas formam um grupo muito numeroso, com mais de 19 milhões de substâncias e estão classificadas em funções orgânicas, com nomenclaturas específicas. Os nomes oficiais são os reconhecidos pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC – *Internacional Union Of Pure and Applied Chemistry*) e muitas vezes, a mesma substância pode ter vários nomes oficiais, mas cada nome deve levar, sem ambiguidade, a uma única fórmula. Além da nomenclatura, as substâncias orgânicas apresentam características quanto à estrutura das moléculas, isomeria, propriedades físicas e químicas. Considerando as seguintes substâncias orgânicas, de grande aplicação no cotidiano, resolver as questões a seguir:

A 	(solvente industrial)	F 	(flavorizante de banana)
B 	(existe no queijo)	G 	(usado na produção de defensivos agrícolas)
C 	(usado como reagente)	H 	(solvente e anestésico)
D 	(usado na limpeza de telas de computador)	I 	(solvente, intermediário químico)
E 	(usado na fabricação de corantes)	J 	(aditivo alimentar)

a) Relacionar as funções orgânicas das substâncias acima, escrevendo as respectivas letras nas quadrículas.

	ácido carboxílico
	aldeído
	Amina
	éster
	hidrocarboneto

	álcool
	amida
	cetona
	éter
	sal de ácido carboxílico

b) Escrever o nome sistemático de cada substância.

A B
 C D
 E F
 G H
 I J

- c) Classificar a cadeia carbônica da substância F sob todos os aspectos.
 d) Qual o tipo de isomeria existente entre as substâncias C e I? Indicar também a hibridação do carbono da carbonila.
 e) Considerando o ácido butenodióico, representar as conformações *cis* e *trans*.

RESPOSTAS:

a)

B	ácido carboxílico
C	aldeído
E	amina
F	éster
A	hidrocarboneto

D	álcool
G	amida
I	cetona
H	éter
J	sal de ácido carboxílico

b)

A ciclo-hexano B ácido butanóico
 C hexanal D propan-2-ol
 E benzenamina F etanoato de (3-metilbutila) ou isoamila
 G etanamida H etoxietano
 I hexan-3-ona J benzoato de sódio

c) cadeia aberta, ramificada, heterogênea e saturada.

d) Isomeria constitucional funcional. Hibridação sp^2

e)

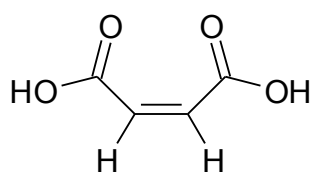
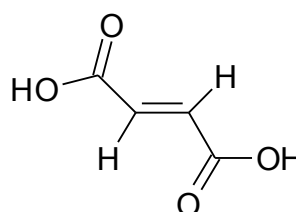
(configuração *cis*)(configuração *trans*)

TABELA PERIÓDICA DOS ELEMENTOS

1 1 H 1,008																	2 2 He 4,003
3 3 Li 6,941	4 4 Be 9,012											5 5 Boro 10,811	6 6 Carbono 12,011	7 7 Nitrogênio 14,007	8 8 Oxigênio 15,999	9 9 Flúor 18,998	10 10 Neônio 20,180
11 11 Sódio 22,990	12 12 Magnésio 24,305											13 13 Alumínio 26,982	14 14 Silício 28,086	15 15 Fósforo 30,974	16 16 Enxofre 32,066	17 17 Cloro 35,453	18 18 Argônio 39,948
19 19 Potássio 39,098	20 20 Cálcio 40,078	21 21 Escândio 44,956	22 22 Titânio 47,867	23 23 Vanádio 50,943	24 24 Cromo 51,996	25 25 Manganês 54,938	26 26 Ferro 55,845	27 27 Cobalto 58,933	28 28 Níquel 58,696	29 29 Cobre 63,546	30 30 Zinco 65,390	31 31 Gálio 69,723	32 32 Germânio 72,640	33 33 Arsênio 74,922	34 34 Selênio 78,960	35 35 Bromo 79,904	36 36 Criptônio 83,800
37 37 Rubídio 85,468	38 38 Estrôncio 87,620	39 39 Ítrio 88,906	40 40 Zircônio 91,224	41 41 Níbio 92,906	42 42 Molibdênio 95,940	43 43 Tecnécio (98)	44 44 Rutênio 101,07	45 45 Ródio 102,91	46 46 Paládio 106,42	47 47 Prata 107,87	48 48 Cádmio 112,41	49 49 Índio 114,82	50 50 Estanho 118,71	51 51 Antimônio 121,75	52 52 Telúrio 127,60	53 53 Iodo 126,90	54 54 Xenônio 131,29
55 55 Césio 132,91	56 56 Bário 137,33	57-71 57-71 Lantanídeos	72 72 Háfnio 178,49	73 73 Tântalo 180,95	74 74 Tungstênio 183,84	75 75 Rênio 186,21	76 76 Ósmio 190,23	77 77 Iridio 192,22	78 78 Platina 195,08	79 79 Ouro 196,97	80 80 Mercúrio 200,59	81 81 Tálio 204,38	82 82 Chumbo 207,20	83 83 Bismuto 209,98	84 84 Polônio (209)	85 85 Astato (210)	86 86 Radônio (222)
87 87 Francio 223,02	88 88 Rádio 226,02	89-103 89-103 Actinídeos	104 104 Rutherfordio (261)	105 105 Dúbnio (262)	106 106 Seabórgio (263)	107 107 Bóhrio (262)	108 108 Hássio (265)	109 109 Meitnério (266)	110 110 Darmstádio (269)	111 111 Roentgênio (272)	112 112 Copernício (285)	113 113 Nhônio (286)	114 114 Fleróvio (289)	115 115 Moscóvio (288)	116 116 Livermório (293)	117 117 Tenessino (294)	118 118 Oganessônio (294)

LANTANÍDEOS ▶	57 57 Lantânio 139,91	58 58 Cério 140,12	59 59 Praseodímio 140,91	60 60 Neodímio 144,24	61 61 Promécio (145)	62 62 Samaríio 150,36	63 63 Európio 151,96	64 64 Gadolínio 157,25	65 65 Térbio 158,93	66 66 Disprósio 162,50	67 67 Hólmio 164,93	68 68 Érbio 167,26	69 69 Túlio 168,93	70 70 Íterbio 173,04	71 71 Lutécio 174,97
ACTINÍDEOS ▶	89 89 Actínio (227)	90 90 Tório 232,04	91 91 Protactínio 231,04	92 92 Urânio 238,03	93 93 Netúnio (237)	94 94 Plutônio (244)	95 95 Americío (243)	96 96 Cúrio (247)	97 97 Berquélio (247)	98 98 Califórnio (251)	99 99 Einsteinínio (252)	100 100 Férmio (257)	101 101 Mendelévio (258)	102 102 Nobélio (259)	103 103 Lauréncio (262)