

SOLUÇÕES ESCOLHIDAS

Olimpíada Brasileira de Química

Questão 11 - Resolução apresentada pela banca de elaboração. Nenhuma resposta satisfatória.

a) A razão molar alumínio:berílio, no berilo, é:

$$[m(\text{Be})/A(\text{Be})]:[m(\text{Al})/A(\text{Al})] = - (1/9):(2/27) = 3:2$$

A carga por grupo SiO_3 é -2, e a eletroneutralidade para a composição $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_n$ é alcançada com $n = 6$. Assim a fórmula empírica do berilo é $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

b) O tratamento com ácido sulfúrico resulta na formação dos sulfatos de alumínio e berílio. O composto **A** é o sulfato de berílio (BeSO_4), porque sua decomposição térmica resulta na formação de óxido de berílio; **B** é $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{Be}(\text{OH})_2$ impuro contém $\text{Al}(\text{OH})_3$ (**D**), insolúvel em carbonato de amônia, mas, solúvel na forma de sulfato de alumínio, obtida por tratamento com H_2SO_4 . **F** trata-se, provavelmente, de sulfato de berílio hidratado ($\text{BeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) e sua composição pode ser calculada da seguinte maneira, onde $\omega = \%$: $\omega(\text{H}) = 2n / (9 + 16 + 18n)$;

$$\text{assim, } n = 105 \cdot \omega(\text{H}) / (2 - 18 \cdot \omega(\text{H})) = -4.$$

A fórmula de **F** é, então, $\text{BeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

A composição de **C** é: $n(\text{H}):n(\text{Be}):n(\text{O}) =$

$$[\omega(\text{H})/A(\text{H})]:[\omega(\text{Be})/A(\text{Be})]:\omega(\text{O})/A(\text{O})] = -8:1:16.$$

O berílio não forma complexos solúveis em água, contendo ambos os íons carbonato e hidroxila, ou o íon carbonato e a molécula de água. Assim, a composição do ânion é expressa pela fórmula $[\text{Be}(\text{CO}_3)]^{2-}$ e os contra-íons são 2 cátions amônio. A fórmula de **C** é, então, $(\text{NH}_4)_2[\text{Be}(\text{CO}_3)_2]$.

O composto **E** contém muito mais O e menos H:

$$n(\text{H}):n(\text{Be}):n(\text{O}) = [\omega(\text{H})/A(\text{H})]:[\omega(\text{Be})/A(\text{Be})]:\omega(\text{O})/A(\text{O})] = -2:2:5$$

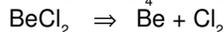
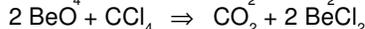
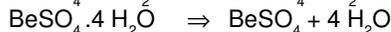
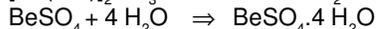
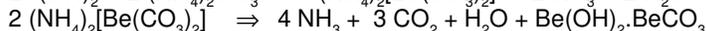
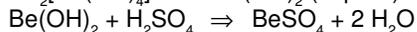
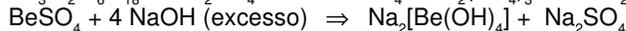
A pequena quantidade de hidrogênio indica que é muito pouco provável que este composto contenha nitrogênio, pois, não haveria H suficiente para a formação de cátions amônio. Assim, o elemento que falta para completar este composto é o carbono. Então:

$$n(\text{H}):n(\text{Be}):n(\text{C}):n(\text{O}) = 2:2:[(100 - \omega(\text{H}) - \omega(\text{Be}) - \omega(\text{O}))/A(\text{C})]:5 = -2:2:1:5$$

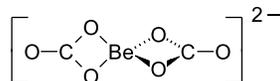
A fórmula do composto **E** é: $[\text{Be}(\text{OH})_2\text{CO}_3]$.

A fórmula de **G** é BeCl_2 . O CCl_4 é frequentemente usado para obtenção de cloretos a partir de óxidos, por aquecimento.

Equações:



- c) 75% do alumínio são transferidos para o precipitado como resultado da cristalização de sulfato de alúminoamônio $(\text{NH}_4)_2\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. O EDTA é capaz de separar ferro, crômio e outros elementos, formando complexos estáveis.
- d) O ânion $[\text{Be}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$ pode ser visto como um BeO_4 tetraédrico, com dois planos perpendiculares que partem de Be, constituídos por dois triângulos formados por CO_3 , conforme o desenho abaixo:



Questão 12 - Resolução apresentada pela banca de elaboração. Nenhuma resposta satisfatória.

- a) A reação de carbeto de cálcio com água,



$$(1,125 \times 101,3 \times 0,3127) / [8,314 \times (273,15 + 24,50)] = 0,01440 \text{ mol de } \text{C}_2\text{H}_2$$

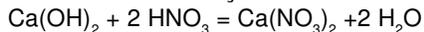
$$M(\text{CaC}_2) = 64,10 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

A amostra contém 0,01440 mol ou $0,01440 \times 64,10 = 0,9230 \text{ g}$ de CaC_2

A porcentagem em massa de impurezas na amostra é:

$$(1,000 - 0,9230 / 1,000) = 0,0770 \text{ ou } 7,70 \%$$

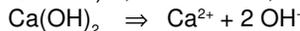
- b) A titulação é baseada na reação:



10 mL de amostra contém $(11,98 \times 0,01480) / 2 = 0,08865 \text{ mmol}$ de $\text{Ca}(\text{OH})_2$

A solução toda (250,0 mL) contém $0,08865 \times 25 = 2,216 \text{ mmol}$ de $\text{Ca}(\text{OH})_2$

A concentração de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nos $98,47 \text{ cm}^3 = 0,09847 \text{ dm}^3$ de solução era $(2,216 \times 10^{-3}) / 0,09847 = 22,51 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$.



A concentração de íons OH⁻ nesta solução é $2 \times 22,51 \times 10^{-3} = 0,04502 \text{ mol.dm}^{-3}$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(0,04502) = 1,35$$

$$pH = (14 - pOH) = 14 - 1,35 = 12,65$$

A solução contém $0,09847 \times 22,51 \times 10^{-3} = 2,216 \text{ mmol de Ca(OH)}_2$

A quantidade total de Ca(OH)₂ é 14,40 mmol

O precipitado contém $(14,40 - 2,216) = 12,18 \text{ mmol de Ca(OH)}_2$

$$M(C_2H_2) = 26,04 \text{ g.mol}^{-1}$$

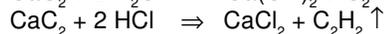
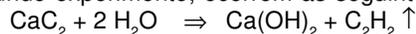
$$M[Ca(OH)_2] = 74,09 \text{ g.mol}^{-1}$$

A massa da solução é:

$$[(100,0 + 0,9230 - (0,01440 \times 26,04) - (0,01218 \times 74,09)] = 99,64 \text{ g}$$

A densidade da solução é $(99,64/98,47) = 1,012 \text{ g.cm}^{-3}$

c) No segundo experimento, ocorrem as seguintes reações:



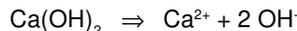
$$M(HCl) = 36,46 \text{ g.mol}^{-1}$$

100,0 g de HCl 0,440% contém $(100,0 \times 0,00440)/36,46 = 12,06 \text{ mmol de HCl}$

A quantidade de CaC₂ que reage com HCl é $12,06/2 = 6,03 \text{ mmol}$.

A reação produz 6,03 mmol de CaCl₂

A presença de Ca²⁺ (do CaCl₂) na solução reduz a solubilidade do Ca(OH)₂



Da parte (b): A concentração de Ca(OH)₂ na solução saturada é 0,02251 mol.L

$$\text{Que dá } K_s(Ca(OH)_2) = [Ca^{2+}] + [OH^-]^2 = 0,02251 \times (2 \times 0,02251)^2 = 4,56 \times 10^{-5}$$

Assim, $(0,01440 - 0,00603) = 0,00837 \text{ mol de CaC}_2$ reage com água para formar 0,00837 mol de Ca(OH)₂

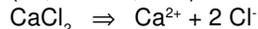
Supondo que a solução contém Y mol de Ca(OH)₂

O precipitado contém $(0,00837 - Y) \text{ mol de Ca(OH)}_2$

A massa da solução resultante é:

$$[100,0 + 0,9230 - (0,01440 \times 26,04) - (0,00837 - Y) \times 74,09] = (99,93 + 74,09 Y) \text{ g}$$

Uma vez que a densidade é 1.012 g/mL, o volume da solução será $(99,93 + 74,09.Y)/1,012 = (98,74 + 73,21.Y) \text{ mL} = (98,74 + 73,21.Y) \times 10^{-3} \text{ .L}$



A reação com HCl produz 6,03 mmol de CaCl₂, o qual dissocia produzindo 6,03 mmol de íons Ca²⁺.

A solução contém $(6,03 \times 10^{-3} + Y) \text{ mol de íons Ca}^{2+}$ e 2Y mol de OH⁻

$$[Ca^{2+}] = (6,03 \times 10^{-3} + Y)/[(98,74 + 73,21.Y) \times 10^{-3}] \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-] = 2.Y/[(98,74 + 73,21.Y) \times 10^{-3}] \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_s(Ca(OH)_2) = [Ca^{2+}] + [OH^-]^2 = 4,56 \times 10^{-5}$$

$$(6,03 \times 10^{-3} + Y)/[(98,74 + 73,21.Y) \times 10^{-3}] + [2.Y/((98,74 + 73,21.Y) \times 10^{-3})]^2 = 4,56 \times 10^{-5}$$

A solução desta equação é Y = 0,001231 mol

$$[OH^-] = (2 \times 0,001231) / [(98,74 + 73,21.Y) \times 10^{-3}] = 0,02491 \text{ mol.L}^{-1}$$

$$pOH = -\log(0,02491) = 1,60$$

$$pH = (14 - 1,60) = 12,40$$

QUESTÃO 13 - Resolução apresentada pelo estudante José Ernando de Sousa Filho - Colégio Farias Brito - CE

a. i) Nas cinco(5) titulações feitas, somente uma delas houve desvio grande quanto ao volume de NaOH, usado. Assim, esse valor (o do grande desvio) é descartado; para se calcular o volume médio, da solução de NaOH, usado faz-se:

$$\frac{20,55 \text{ mL} + 20,55 \text{ mL} + 20,60 \text{ mL} + 20,50 \text{ mL}}{4} = V_{\text{médio}} = 20,55 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned} \text{ii) } n_{\text{NaOH(reaigindo)}} &= V_{\text{solução(NaOH)}} \cdot n_{\text{NaOH(reaigido)}} = \\ &= (20,55 \cdot 10^{-3} \text{L}) \cdot (0,18 \text{ mol/L}) = 0,00370 \text{ mol NaOH} \end{aligned}$$



$$\begin{array}{ccc} \text{Relações: } 1 \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \\ & & 0,0037 \text{ mol} \\ & & 2 \end{array}$$

$$\text{Como o } n_{\text{NaOH(reaigido)}} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{reaigido})}, n_{\text{H}_2\text{SO}_4(\text{reaigido})} = 0,00185 \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

iv) Sabendo-se que a quantidade de matéria na alíquota de 10 mL é igual a $n_{\text{H}_2\text{SO}_4}$ (reaigido), temos que:

$$n_{\text{Na}_2\text{SO}_4} = \left(\frac{0,1 \text{g Na}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mL}} \right) \cdot \left(\frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{142 \text{g}} \right) \cdot (100 \text{ mL}) = 7,04 \cdot 10^{-2} \text{ mol Na}_2\text{SO}_4$$

Como a concentração da solução diluída é a mesma da alíquota temos que:
 $[\text{H}_2\text{SO}_4] = 0,185 \text{ mol/L}$.

B i) Em 10 mL da alíquota da solução concentrada, temos a mesma quantidade de matéria de 1L da solução diluída, assim:

$$\begin{array}{ccc} 10 \text{ mL} & \text{-----} & 0,187 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 \\ 1000 \text{ mL} & \text{-----} & n \\ 1 \text{ L} & \text{-----} & n \rightarrow n = 18,5 \text{ mol} \end{array}$$

$$\text{ii) } m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times M_{\text{H}_2\text{SO}_4} \Rightarrow m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = (18,5 \text{ mol}) \cdot (98 \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}) \Rightarrow m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1813,0 \text{ g}$$

$$\text{iii) } \% T_{\text{m/m}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{SOLUÇÃO}}} 100\%, \text{ assim, para 1 L de H}_2\text{SO}_4(\text{CONC.}), \text{ temos:}$$

$$\% T_{\text{m/m}} = \frac{1813,0 \text{ g}}{1840 \text{ g}} 100\% \Rightarrow \% T_{\text{m/m}} = 98,5\%$$

$$c) m_{H_2O} - m_{H_2SO_4} = 1840 \text{ g} - 1813 \text{ g} = 27 \text{ g } H_2O$$

$$ii) n_{H_2O} = \frac{27 \text{ g } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} = n_{H_2O} = 1,5 \text{ mol } H_2O$$

$$iii) n_{H_2SO_4} = \frac{m_{H_2SO_4}}{M_{H_2SO_4}} = n_{H_2SO_4} = \frac{1813 \text{ g}}{98 \text{ g}} = n_{H_2SO_4} = 18,5 \text{ MOL } H_2SO_4$$

$$iv) n_{TOTAL} = n_{H_2O} + n_{H_2SO_4} = 1,5 \text{ mol} + 18,5 \text{ mol} = 20 \text{ mol}$$

$$v) X_{H_2SO_4} = \frac{n_{H_2SO_4}}{n_{TOTAL}} \Rightarrow X_{H_2SO_4} = \frac{18,5 \text{ mol}}{20 \text{ mol}} \Rightarrow X_{H_2SO_4} = 0,925$$

QUESTÃO 14 - Resolução apresentada pelo estudante Bruno Matos Paz - Colégio Farias Brito - CE

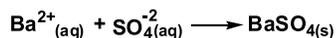
A. uma solução de concentração de 10% (m/v) equivale a uma solução de concentração 0,1 g/ml. Logo:

$$n_{BaCl_2} = \left(\frac{0,1 \text{ g } BaCl_2}{1 \text{ mL}} \right) \cdot \left(\frac{1 \text{ mol } BaCl_2}{208 \text{ g}} \right) \cdot (100 \text{ mL}) = 4,81 \cdot 10^{-2} \text{ mol } BaCl_2$$

Na solução de $BaCl_2$, temos:

$$n_{Na_2SO_4} = \left(\frac{0,1 \text{ g } Na_2SO_4}{1 \text{ mL}} \right) \cdot \left(\frac{1 \text{ mol } Na_2SO_4}{142 \text{ g}} \right) \cdot (100 \text{ mL}) = 7,04 \cdot 10^{-2} \text{ mol } Na_2SO_4$$

B. Ao misturar as duas soluções colocamos em contato os íons Ba^{2+} e formadores de um sal praticamente insolúvel, pela reação:



como, pela análise estequiométrica, o cátion Ba^{2+} é o reagente limitante:

$$n_{BaSO_4(ppt)} = \left(4,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol } BaSO_4 \right) \cdot \left(\frac{233 \text{ g } BaSO_4}{1 \text{ mol } BaSO_4} \right) = 11,21 \text{ g } BaSO_4$$

C. Ainda há em solução

$$1,41 \cdot 10^{-1} \text{ mol de } Na^+$$

$$9,62 \cdot 10^{-2} \text{ mol de } Cl^-$$

$$2,29 \cdot 10^{-2} \text{ mol de } SO_4^{2-}$$

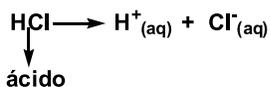
Assim é como se tivéssemos uma mistura dos sais $NaCl$ e Na_2SO_4 como o cátion Na^+ é comum aos dois sais as concentrações destes dependerão exclusivamente das de seus anônimos, assim:

$$[\text{NaCl}] = \left(\frac{9,62 \cdot 10^{-2} \text{ mol Cl}^-}{200 \text{ mL}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol NaCl}}{1 \text{ mol Cl}^-} \right) \left(\frac{58,5 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} \right) \left(\frac{1\%(\text{m/v})}{10^{-2} \text{ g/mL}} \right) = 2,81\% \text{ NaCl}$$

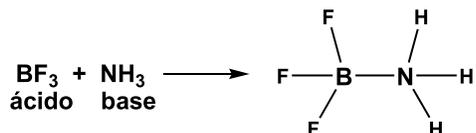
$$[\text{Na}_2\text{SO}_4] = \left(\frac{2,23 \cdot 10^{-2} \text{ mol SO}_4^{2-}}{200 \text{ mL}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol SO}_4^{2-}} \right) \left(\frac{142 \text{ g Na}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_4} \right) \left(\frac{1\%(\text{m/v})}{10^{-2} \text{ g/mL}} \right) = 1,58\% \text{ Na}_2\text{SO}_4$$

QUESTÃO 15 - Resolução apresentada pelo estudante Thaís Macedo Bezerra Terceiro Jorge - Colégio 7 de setembro - CE

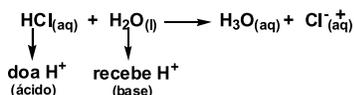
I. A assertativa está errada. De acordo com a teoria de Arrhenius ácido é toda espécie química que em solução aquosa libera íons H^+ . Essa teoria é mostrada pela dissociação de HCl em água onde ocorre liberação de H^+ .



II. A assertativa está correta. Esta afirmação traduz o conceito ácido-base de Lewis onde um ácido é aquela espécie com orbitais desocupados capaz de receber um par de elétrons na forma de ligação coordenada. Um exemplo:

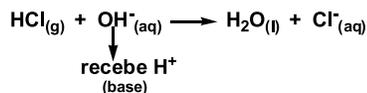


III. O item está errado. Ácido, segundo o conceito de Bronsted-Lowry, são todas as espécies capazes de doar um próton (H^+)

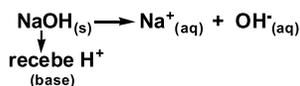


IV. A assertativa está errada. Como está descrito no item II, esta corresponde à definição de ácido de Lewis. Uma base de Lewis é uma molécula que possui par de elétrons não ligantes e pode compartilhar o mesmo na forma de uma ligação coordenada dativa.

V. A alternativa está correta. A alternativa dada corresponde à definição de Bronsted-Lowry para bases. Podemos citar como exemplo a seguinte reação:



VI. A assertativa é correta. De acordo com o conceito ácido-base de Arrhenius, base é toda espécie química que libera em solução aquosa, apenas íons OH^- . Um exemplo será a dissociação do hidróxido de sódio em água.



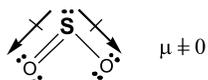
QUESTÃO 16 - Resolução apresentada pelo estudante Pedro Yoritomo Souza Nakasu - Colégio Farias Brito- PI

A)

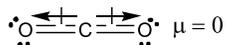
- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| I. SO ₂ | (II) Linear |
| II. CO ₂ | (I) Angular |
| III. SO ₃ | (V) Tetraédrica |
| IV. NH ₃ | (III) Trigonal Plana |
| V. CH ₄ | (VI) Quadrado planar |
| VI. XeF ₄ | (IV) Pirâmide trigonal |
| VII. IF ₅ | (VIII) Bipirâmide trigonal |
| VIII. PCl ₅ | (VII) Pirâmide de base quadrada |

B)

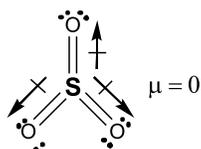
I - O SO₂ é uma molécula polar, apresenta três nuvens eletrônicas ao redor do átomo central, sendo dois ligantes e um não-ligante. Os vetores individuais não se cancelam.



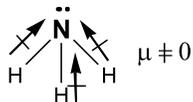
II - O CO₂ é uma molécula apolar, apresenta duas nuvens eletrônicas ao redor do átomo central, sendo ambas ligantes. Os vetores individuais se cancelam.



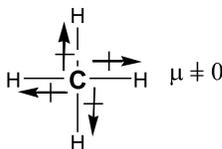
III - O SO₃ é uma molécula apolar. Apresenta três nuvens eletrônicas ao redor do átomo central, sendo todas de pares de elétrons ligantes. Os vetores individuais se cancelam.



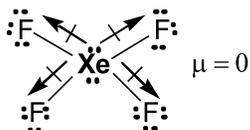
IV - O NH₃ é uma molécula polar. Apresenta 4 nuvens eletrônicas ao redor do átomo central sendo 3 resultantes de pares de elétrons ligantes e 1 resultante de um par não-ligante. Os vetores individuais não se cancelam:



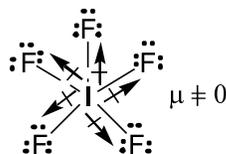
V - O CH_4 é uma molécula apolar. Apresenta quatro átomos idênticos simetricamente distribuídos ao redor do átomo central. Dessa forma, os vetores individuais se cancelam.



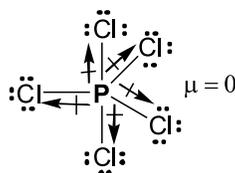
VI - O XeF_4 é uma molécula apolar. Apresenta quatro átomos idênticos simetricamente distribuídos ao redor do átomo central. E os pares de elétrons não ligantes cancelam seus vetores mutuamente. Assim, os vetores individuais se acumulam:



VII - O IF_5 é uma molécula polar. Quatro dos cinco átomos de flúor estão simetricamente distribuídos ao redor do átomo central, mas um dos cinco não tem vetor individual cancelado. Dessa forma o vetor momento dipolar é diferente de zero.

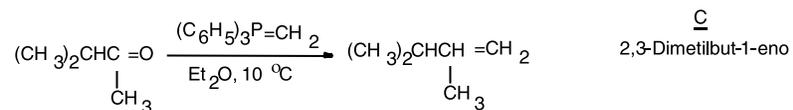
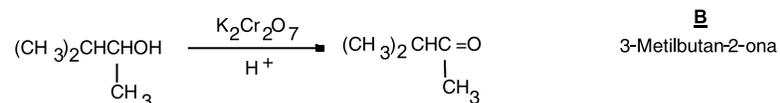
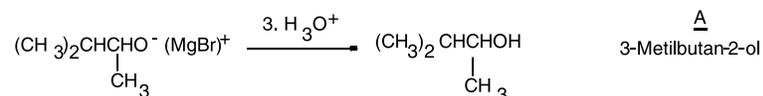
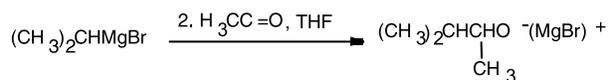
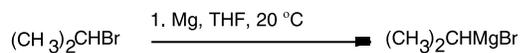


VIII - O PCl_5 é uma molécula apolar. Todos os cinco átomos de cloro estão simetricamente distribuídos ao redor do átomo central. Dessa forma o vetor momento dipolar resultante é igual a zero:



GRUPO A: CO_2 , SO_3 , CH_4 , XeF_4 e PCl_5 .
GRUPO B: SO_2 , NH_3 e IF_5 .

QUESTÃO 15 Mod. B - Resolução (parcial) do estudante Alexandre de Barros Gallo - Colégio Etapa - SP (complementada pela banca elaboradora).



QUESTÃO 16 Mod. B - Resolução apresentada pelo estudante Lucas Nunes Montechi - Instituto Dom Barreto - PI

- (1) Esterificação; (2) Hidrogenação; (3) Subst. Radicalar; (4) Hidrólise
 (5) Subst. Nucleofílica; (6) Desidratação

