



PROGRAMA NACIONAL OLIMPÍADAS DE QUÍMICA  
OLIMPÍADA NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA  
2022



PROVA GABARITADA

As Respostas *esperadas* por alternativa em cada questão estão destacadas em **NEGRITO NA COR AZUL**. Em **vermelho** são observações e discussões sobre a questão. Cada questão tem o valor de 5 pontos, onde as 20 alternativas distribuídos nas 5 questões contabilizam 100 pontos.

**Questão 01** : A maioria dos elementos químicos, com raras exceções, encontram-se combinados na natureza. De forma geral os elementos químicos estão combinados com outros formando substâncias das mais diversas que normalmente classificamos em inorgânicos e orgânicos. Tomemos como exemplo um composto oxidante, com cristais de cor vermelha, o Hexafluoreto de Platina, único exemplo que a platina apresenta seu maior estado de oxidação. Uma curiosidade para os metais de transição quanto a estabilidade do átomo deve-se que, quando os orbitais 'd' estão semipreenchidos (5 elétrons desemparelhados); ou quando podem ter maior número de elétrons emparelhados, pode ocorrer um empréstimo de elétron (hibridização) entre o orbital 's' e 'd'.

a) Escreva a distribuição eletrônica para a Platina e para o íon  $Pt^{2+}$ .

Distribuição segundo o Diagrama de Pauling:

${}_{78}Pt : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^8$  (resposta parcialmente correta)

Ao estudarmos e nos aprofundarmos, intuindo das olimpíadas, sabemos que alguns elementos de transição não seguem ao Diagrama de Pauling, e a explicação muitas vezes dada é a degeneração da energia entre os orbitais "d". Nos livros e aulas de aprofundamento temos: "Como os orbitais d são degenerados, o ideal é que todos tenham o mesmo preenchimento, seja parcialmente preenchido, seja totalmente preenchido, a para isso, existe a transferência interna de um elétron do orbital s para o orbital d." Sendo assim, **esperava-se a distribuição abaixo como resposta:**

${}_{78}Pt : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^1 4f^{14} 5d^9$  (resposta esperada)

Para o íon  $Pt^{+2}$ , teríamos, segundo Pauling:

${}_{78}Pt : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 4f^{14} 5d^8$

Para o íon  $Pt^{+2}$ , levando em conta a degeneração dos orbitais d, **teríamos:**

${}_{78}Pt : 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 4f^{14} 5d^8$

Observação: Temos que levar em consideração que o "Diagrama de Pauling" tem sua beleza e funcionalidade, porém, ele não mais representa de forma fiel a distribuição eletrônica, visto que com o desenvolvimento da computação a Função de Onda, que representa o modelo matemático para o comportamento dos orbitais atômicos, através do chamado métodos irrestritos, passou a ter resoluções aceitas pela comunidade acadêmica e com os dados empíricos de laboratório. Dois cientistas, através desses estudos, explicam o porquê das transições eletrônicas entre os orbitais "s" e "p" com os orbitais, geralmente, "d". Esse estudo gerou o chamado "Diagrama de Rich-Suter"<sup>1</sup>.

b) Qual a fórmula química, estrutural e a geometria para o composto oxidante citado?

Fórmula Química:  **$PtF_6$**

Fórmula Esq



Geo



c) Escreva a reação termoquímica de formação do hexafluoreto de platina, sabendo que libera 1.860 kJ/mol; e indique o número de oxidação para os elementos envolvidos.

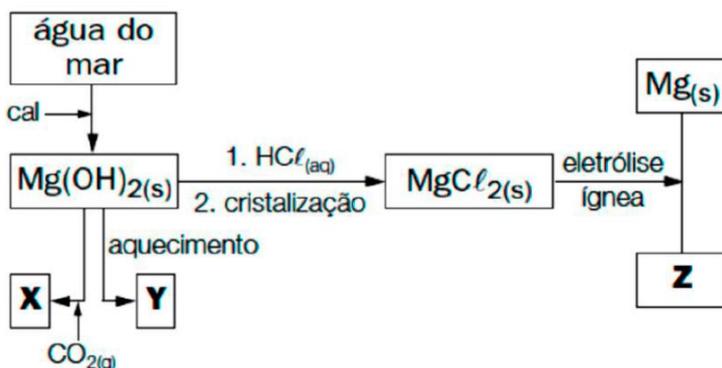


NOx: Pt = 0 (zero); F<sub>2</sub> = 0 (zero); em PtF<sub>6</sub>, Pt = +6 e cada F = -1.

<sup>1</sup> RICH, Ronald L.; SUTER, Robert W. Periodicity and some graphical insights on the tendency toward empty, half-full, and full subshells. **Journal of Chemical Education**, v. 65, n. 8, p. 702, 1988.

d) Como o composto hexafluoreto de platina é classificado quanto ao tipo de ligação e quanto a função inorgânica? A partir da entalpia de formação citada, qual a energia prevista para cada ligação Pt – F?  
 O  $\text{PtF}_6$  é classificado como um composto “iônico”, pertencendo a função inorgânica dos “sais”. Como Pt e  $\text{F}_2$  possuem entalpia “zero”, o valor de 1.860 kJ/mol, deve-se a formação das 6 ligações Pt – F, logo,  $1.860 \div 6$ , temos que, a formação de cada ligação Pt – F libera o valor de 310 kJ/mol.

**Questão 02 :** Em 1800, com a criação da pilha por Alessandro Volta (1745-1827), permitiu posteriormente desenvolver os processos de eletrólise ígnea. O químico inglês Humphrey Davy (1778-1829) isolou vários elementos químicos, antes somente encontrados combinados na natureza, como os metais alcalinos e alcalinos-terrosos, pelo processo de eletrólise. Observe abaixo uma sequência de reações e processos a partir da água do mar para obtenção de produtos tendo como base o elemento químico magnésio.



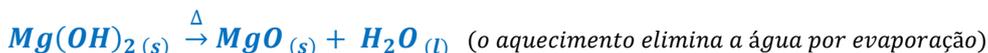
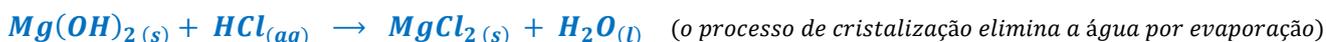
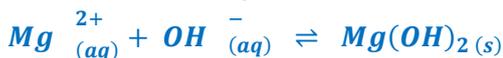
Responda com base no esquema acima e conhecimentos em química.

a) Qual motivo o Magnésio pertence ao grupo 2 da tabela periódica e de que forma se comporta comparado aos demais elementos do grupo quanto as propriedades periódicas (raio atômico e energia de ionização).

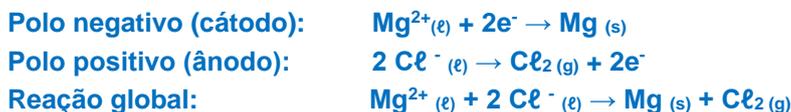
A organização de Mendeleiev para os elementos químicos levou a atual tabela periódica, porém, a época ele organizou levando em consideração as características dos elementos e a fórmula química dos óxidos formados ao reagirem com oxigênio. Sendo assim, todos os óxidos com fórmula  $\text{XO}$  foi colocado pertencente ao grupo II de uma tabela construída somente com 8 colunas. Com o advento do aprofundamento da mecânica quântica e a proposta de orbitais atômicos e distribuição eletrônica, os elementos foram separados em colunas e linhas conforme seus orbitais atômicos “s”, “p”, “d” e “f”. Sendo assim, **o Magnésio (Mg) é colocado no Grupo 2 (Família 2A) devido sua distribuição eletrônica terminar em  $s^2$ .**

Quanto as propriedades periódicas, a carga nuclear (quantidade de prótons no núcleo) define o comportamento do elemento. Conforme aumenta o número atômico, aumenta o número de elétrons e camadas, relacionando diretamente ao período (linhas horizontais) da tabela, com isso o Raio Atômico aumenta, e a Energia de Ionização (energia necessária para retirar elétrons da camada de valência) diminui. A atração núcleo-elétron influencia o Raio Atômico diminuindo-o, pois passa a ter maior atração sobre os elétrons das orbitas internas (mais próximas do núcleo), e conforme aumento o número de elétrons, começa a criar uma barreira de atração sobre os elétrons de valência (última camada), com isso a energia de ionização diminui. Para **o Magnésio, com número atômico 12, terá raio atômico maior que o Berílio, e raio inferior (menor) que os demais elementos do grupo conforme aumenta o número atômico. Quanto a energia de ionização, será menor que o Berílio, porém maior comparado aos outros elementos do grupo.**

b) Escreva as reações químicas de formação para o  $\text{Mg(OH)}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$  e dos produtos X e Y.



c) Escreva as semi-reações e reação global da eletrólise ígnea para o  $\text{MgCl}_2$ .



d) Ao aplicar uma corrente de 50,0A por um período de 1h, qual a massa aproximada de magnésio formada?  
 Dados: constante de Faraday:  $F = 96.500\text{C/mol}$ .  $Mg = 24,3 \text{ g/mol}$ .



$$i = \frac{Q}{t}, \text{ onde } i = 50,0 \text{ A}; t = 1 \text{ h (3.600 s)}$$

$$50 = \frac{Q}{3600} \Rightarrow Q = 50 \times 3600 \Rightarrow Q = 180000 \text{ C}$$

$$2 \text{ mol e}^- \text{ ---- } 1 \text{ mol de Mg}^{+2}$$

$$2 \times 96.500 \text{ C ---- } 24,3 \text{ g}$$

$$180.000 \text{ C ---- } X$$

$$X = 22,6 \text{ g}$$

**Questão 03 :** Na Alemanha Nazista, o produto **Zyklon B**, inicialmente usado para desinfestar piolhos e evitar o tifo nos Campos de Concentração, por ter como principal componente o cianeto de sódio, que ao reagir com um ácido, normalmente o ácido sulfúrico, gerava cianeto de hidrogênio, passando a ser usado nas câmaras de gases com o único objetivo de exterminar em massa judeus e outros inimigos. O cianeto de hidrogênio é altamente tóxico, podendo ser encontrado em forma líquida abaixo de  $25,6^\circ\text{C}$ ; ou como gás incolor acima dessa temperatura. A dose letal por inalação é de aproximadamente 300 mg de HCN por quilograma de ar atmosférico.

a) Escreva a reação química entre o sal de cianeto citado e o ácido sulfúrico, indicando o estado físico ou condição para as substâncias.



b) Calcule a quantidade de ácido cianídrico que proporcionaria a dose letal num pequeno laboratório cuja dimensões são de  $3,66 \times 4,57 \times 2,44 \text{ m}$ . (Dado: densidade do ar =  $1,18 \times 10^3 \text{ g m}^{-3}$ )

$$\text{Dimensão do Laboratório: } 3,66 \times 4,57 \times 2,44 = 40,81 \text{ m}^3$$

$$\text{Temos: } 1,18 \times 10^3 \text{ g de ar ---- } 1,00 \text{ m}^3$$

$$X \text{ ---- } 40,81 \text{ m}^3$$

$$X = 48,16 \times 10^3 \text{ g de ar} = 48,16 \text{ kg.}$$

O texto informa que a dose letal é de aprox. 300mg de HCN / kg de ar, ou, 0,3g de HCN / kg de ar, logo:

$$0,3 \text{ g de HCN ---- } 1,00 \text{ kg de ar}$$

$$X \text{ ---- } 48,16 \text{ kg de ar}$$

$$X = 14,45 \text{ g de HCN}$$

Logo, serão necessários aprox. 14,45 g ou mais de HCN para que o ambiente seja letal.

c) Suponha, que nesse laboratório, seja produzido ácido cianídrico pela reação entre cianeto de sódio, na presença de um volume de 100 mL de uma solução aquosa de ácido sulfúrico, com uma concentração da quantidade de matéria igual a  $2,50 \text{ mol.L}^{-1}$ . Calcule a massa de cianeto de sódio consumida.

Vamos calcular o nº de mol de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  presente na reação e o nº de mol de HCN ( $M = 27,00 \text{ g/mol}$ ) letal com base na massa do item (b).

$$\text{Para o } \text{H}_2\text{SO}_4, \text{ teremos:}$$

$$2,5 \text{ mol ---- } 1000 \text{ mL (1L)}$$

$$X \text{ ---- } 100 \text{ mL}$$

$$X = 0,25 \text{ mol}$$

$$\text{Para o HCN, teremos:}$$

$$1,0 \text{ mol ---- } 27,00 \text{ g de HCN}$$

$$X \text{ ---- } 14,45 \text{ g}$$

$$X = 0,535 \text{ mol}$$

A estequiometria da reação é de  $2 \text{ NaCN} : 1 \text{ H}_2\text{SO}_4 : 2 \text{ HCN}$

Podemos concluir que 0,25 mol de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> irá reagir com 0,5mol de NaCN e produzirá 0,50 mol de HCN. Logo, não será alcançada a concentração letal de HCN no ambiente, que seria de 0,535 mol.

A massa de NaCN (M = 49,00 g/mol) consumida será:

$$1,0 \text{ mol NaCN} \text{ ---- } 49,00 \text{ g}$$

$$0,5 \text{ mol} \quad \text{----} \quad X$$

X = 24,50g de NaCN que reagem, sendo consumidas, na reação com 0,25 mol de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (reagente limitante)

d) Vários produtos, fofinhos como os edredons, são preenchidos com fibras sintéticas denominadas de Acrilon® com fórmula empírica CH<sub>2</sub>CHCN. A combustão dessas fibras sintéticas leva a formação de ácido cianídrico. Um tapete com dimensões de 3,66 x 4,57 m contendo 8,50 g de Acrilon® por 0,836 m<sup>2</sup> é queimado totalmente no laboratório durante um ensaio. Determine, se a quantidade de HCN liberada na queima, alcança a concentração letal, sabendo que a proporção entre o HCN presente na fibra e o liberado na queima é de 1: 1.

$$\text{Área do tapete: } 3,66 \times 4,57 = 16,73 \text{ m}^2$$

A relação entre a área e a massa de Acrilon é:

$$8,5 \text{ g de Acrilon} \text{ ---- } 0,836 \text{ m}^2$$

$$X \quad \text{----} \quad 16,73 \text{ m}^2$$

$$X = 170,06 \text{ g de Acrilon}$$

O Acrilon tem fórmula empírica CH<sub>2</sub>CHCN, logo, M = 53,0 g/mol, então:

$$1 \text{ mol de Acrilon} \text{ ---- } 53,00 \text{ g}$$

$$X \quad \text{----} \quad 170,06 \text{ g}$$

$$X = 3,21 \text{ mol de Acrilon}$$

Como a proporção de HCN no Acrilon e o liberado na queima é de 1 : 1, temos que:

$$1,00 \text{ mol de HCN} \text{ ---- } 27,00 \text{ g}$$

$$3,21 \text{ mol} \quad \text{----} \quad X$$

$$X = 86,63 \text{ g de HCN liberados na queima.}$$

Sim, a massa liberada, de 86,63 g de HCN, é superior a massa de 14,45 g como calculado no item (a), ou seja, teremos 6 vezes a concentração mínima letal no ambiente do laboratório.

**Questão 04** : Entre as informações que nos chegam diariamente pelas mídias, destaca-se a alta de preço dos combustíveis, visto questões de: inflação, PPI (Paridade de Preços de Importação), a alta do Dólar, especulações do mercado de ações (bolsa de valores), entre outros; acabaram por elevar o preço dos combustíveis no Brasil, tendo a gasolina um custo médio de R\$ 7,26/L e o álcool R\$ 4,99/L. Sabendo que a gasolina, admitindo que seja somente constituída de octano, contém 25% de álcool anidro, e que o álcool combustível é o álcool hidratado a 96% com 4% de água, desenvolva as questões abaixo:

Dados:  $d_{\text{etanol}} = 0,789 \text{ g/cm}^3$ ;  $d_{\text{gasolina}} = 0,750 \text{ g/cm}^3$ ;  $\Delta H^{\circ}_f(\text{etanol}) = -277,7 \text{ kJ/mol}$ ;

$\Delta H^{\circ}_f(\text{octano}) = -250,0 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H^{\circ}_f(\text{CO}_2) = -393,5 \text{ kJ/mol}$ ;  $\Delta H^{\circ}_f(\text{água}) = -285,8 \text{ kJ/mol}$ .

a) Escreva as reações de combustão completa para os combustíveis citados no texto.



b) Determine o calor de combustão para ambos combustíveis.



$$\Delta H = [\text{Produto}] - [\text{Reagente}]$$

$$\Delta H = [2 \times (\text{CO}_2) + 3 \times (\text{H}_2\text{O})] - [1 \times (\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})]$$

$$\Delta H = [2 \times (-393,5) + 3 \times (-285,8)] - [1 \times (-277,7)]$$

$$\Delta H = -787 - 857,4 + 277,7$$

$$\Delta H = -1.366,70 \text{ kJ (valor para 100\% de álcool puro - anidro)}$$

Como o Álcool Combustível é o Álcool Hidratado, esse tem somente 96% de álcool, logo:

Calor de Combustão para o Álcool Anidro:  $- 1.366,70 \text{ kJ} \times 0,96 = - 1.312,03 \text{ kJ}$

Calor de Combustão do Álcool Combustível (96% de álcool hidratado):  $- 1.312,03 \text{ kJ}$ .



$\Delta H = [\text{Produto}] - [\text{Reagente}]$

$\Delta H = [8 \times (\text{CO}_2) + 9 \times (\text{H}_2\text{O})] - [1 \times (\text{C}_8\text{H}_{18})]$

$\Delta H = [8 \times (-393,5) + 9 \times (-285,8)] - [1 \times (-250,0)]$

$\Delta H = - 3.148,0 - 2.572,2 + 250,0$

$\Delta H = - 5.470,20 \text{ kJ}$  (valor para 100% de Octano puro)

A Gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos, porém, consideramos no problema ser uma mistura somente de 75% de octano e 25% de álcool anidro. Sendo assim, teremos:

Calor de Combustão para o Octano:  $- 5.470,20 \text{ kJ} \times 0,75 = - 4.102,65 \text{ kJ}$

Calor de Combustão para o Álcool Anidro:  $- 1.366,70 \text{ kJ} \times 0,25 = - 346,68 \text{ kJ}$

Calor de Combustão da Gasolina (75% octano + 25% álcool) :  $- 4.449,33 \text{ kJ}$

c) Qual dos combustíveis citados apresenta maior rendimento para uso nos automóveis? Comprove sua resposta por meio de cálculo tendo como base 1Kg de combustível.

Para o Álcool Combustível teremos:

Massa Molar para Álcool Anidro: 46,0 g/mol, como só há 96% de Álcool, então, temos: 44,2 g/mol

44,2 g ----- -1.312,03 kJ

1.000 g ----- X

$X = - 29.683,94 \text{ kJ / kg de Álcool Combustível}$

Para a Gasolina teremos:

75% da Massa Molar do Octano (114,0 g/mol) + 25% da Massa Molar do Álcool Anidro (46,0 g/mol), então, temos 97,0 g/mol.

97,0 g ----- -4.449,33 kJ

1.000 g ----- X

$X = - 45.869,38 \text{ kJ / kg de Gasolina}$

Ao compararmos, a Gasolina tem maior rendimento energético para a mesma massa de combustível.

d) Com base no preço médio dos combustíveis citados, e suas densidades, qual combustível apresenta melhor razão custo/benefício? Qual deveria ser o custo do combustível de menor rendimento para compensar o abastecimento do automóvel?

Relações para o Álcool Combustível:

- 1 kg de Álcool Combustível,  $d = 0,789 \text{ kg / dm}^3$ , tem  $1,27 \text{ dm}^3 = 1,27 \text{ L}$
- Então 1L de Álcool Combustível libera 23.373,18 kJ ( $- 29.683,94 \div 1,27$ )
- Que equivale - 4.684,00 kJ para cada R\$ 1,00 ( $- 23.373,18 \div \text{R\$ } 4,99$ )

Relações para a Gasolina:

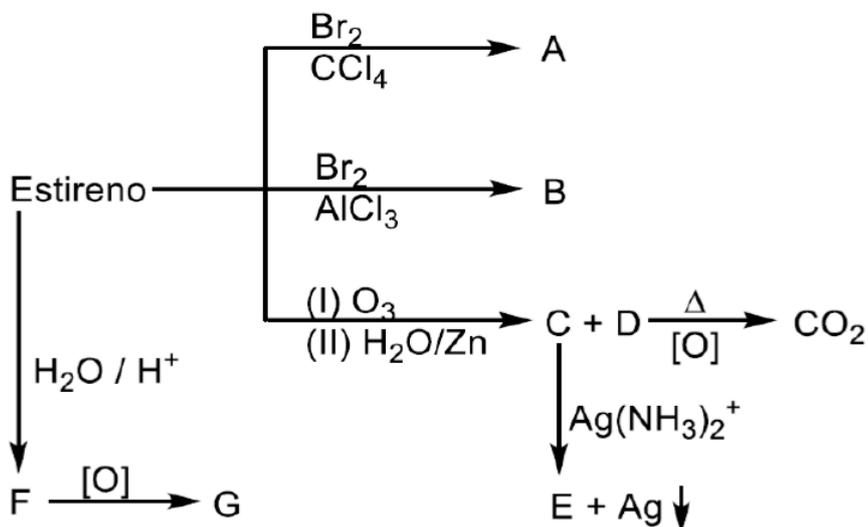
- 1 kg de Gasolina,  $d = 0,750 \text{ kg / dm}^3$ , tem  $1,33 \text{ dm}^3 = 1,33 \text{ L}$
- Então 1L de Gasolina libera 34.488,26 kJ ( $- 45.869,38 \div 1,33$ )
- Que equivale - 4.750,45 kJ para cada R\$ 1,00 ( $- 34.488,26 \div \text{R\$ } 7,26$ )

A relação energética entre ambos combustíveis é de:

$$\frac{\text{Gasolina}}{\text{Álcool Combustível}} = \frac{- 4.750,45}{- 4.684,00} = 1,014 \quad \text{ou} \quad \frac{\text{Álcool Combustível}}{\text{Gasolina}} = \frac{- 4.684,00}{- 4.750,45} = 0,920$$

Para saber o custo do Álcool, que apresenta menor rendimento energético, devemos corrigir o valor do litro de álcool pela relação energética,  $R\$ 4,99 \div 1,014$  ou  $R\$ 4,99 \times 0,920$ , logo o valor do Álcool deverá ser igual ou inferior a R\$ 4,92.

**Questão 05 :** O composto vinil-benzeno, comercializado sob o nome de “estireno”, tem várias aplicações industriais como matéria-prima para produtos diversos. O estireno apresenta-se como um líquido, incolor de baixa viscosidade e odor adocicado.

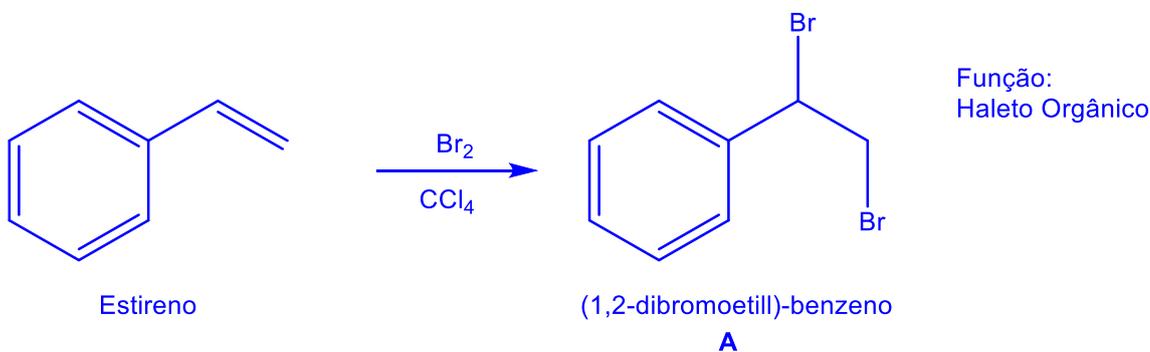


Com base no esquema acima, a partir do estireno, responda:

As respostas levam em conta a formação do produto majoritário.

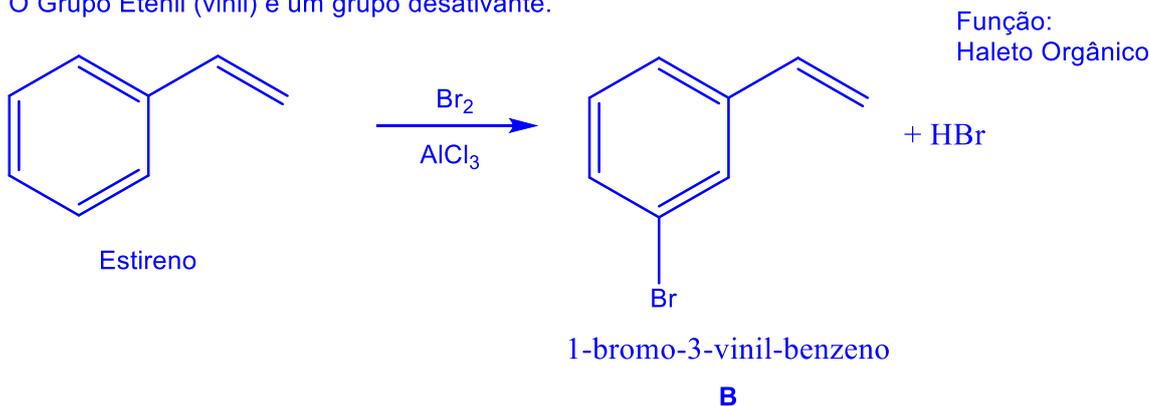
a) Quais os produtos A e B e funções presentes.

Reação de Adição de Halogênios (Halogenação) em Alcenos



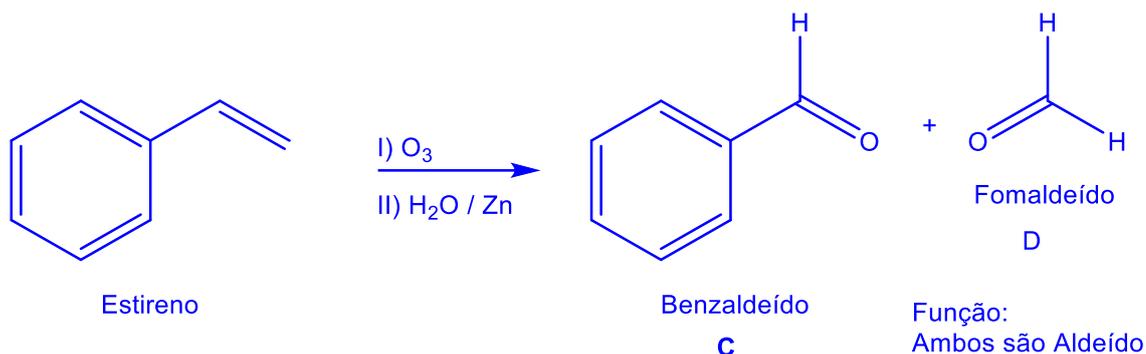
Reação de Substituição Eletrofílica em Compostos Aromáticos (Benzeno)

O Grupo Etenil (vinil) é um grupo desativante.



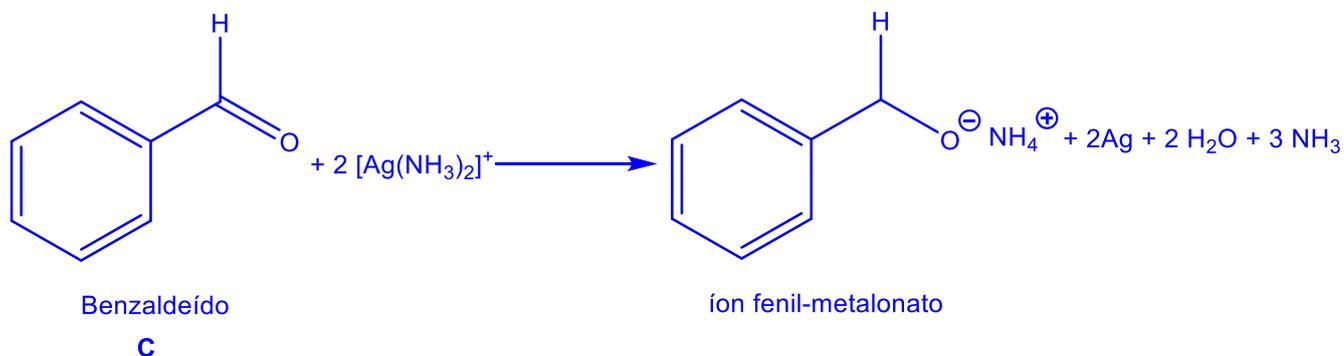
b) Quais os produtos C e D e funções presentes.

Reação de Ozonólise em Alcenos



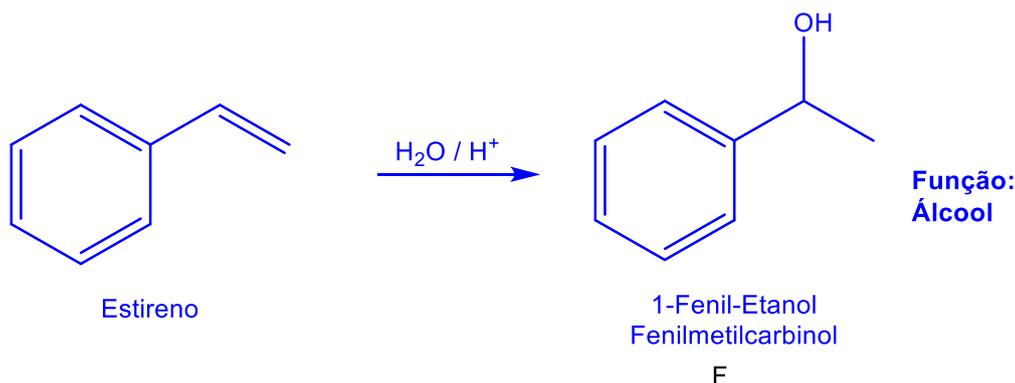
c) Qual o produto E e função presente.

**Essa alternativa está anulada (todos ganham a pontuação de 5,0)**, visto, que nos conteúdos programáticos, temos **Reações de Hidrocarbonetos** (reações de adição, substituição, radicalar e oxidação em alcanos, alcenos e alcinos). A reação aqui em questão é a reação de oxidação de aldeído pelo reativo de Tollens (íon complexo diaminoprata –  $[Ag(NH_3)_2]^+$ ), onde o íon prata ( $Ag^+$ ) é reduzido a prata metálica ( $Ag$ ), que se deposita na superfície do recipiente onde ocorre a reação (espelho de prata). Teste usado antigamente para diferenciar os compostos orgânicos com as funções cetona e aldeído.



d) Quais os produtos F e G e funções presentes.

Reação de Hidratação em Alcenos



**A segunda pergunta, esta anulada (todos ganham a pontuação de 2,5)**, pois seria reação de oxidação de um álcool secundário tendo como produto uma cetona.

Reação de Oxidação de Álcoois

