

# OLIMPÍADA DE QUÍMICA DO ESTADO DE SÃO PAULO

## OQSP-2023 – FASE FINAL

### Caderno de Perguntas

**Tabela Periódica com massas atômicas relativas**

1 1 H 1.008	2											18 2 He 4.003
3 Li 6.94	4 Be 9.01											
11 Na 22.99	12 Mg 24.30	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 B 10.81
19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	14 C 12.01
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc -	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	15 N 14.01
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 Hf 178.5	72 Ta 180.9	73 W 183.8	74 Re 186.2	75 Os 190.2	76 Ir 192.2	77 Pt 195.1	78 Au 197.0	79 Hg 200.6	80 Tl 204.4	16 O 16.00
87 Fr -	88 Ra 89-103	104 Rf -	105 Db -	106 Sg -	107 Bh -	108 Hs -	109 Mt -	110 Ds -	111 Rg -	112 Cn -	113 Nh -	114 Fl -
												17 F 19.00
												10 Ne 20.18
												18 Cl 35.45
												18 Ar 39.95

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm -	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
89 Ac -	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np -	94 Pu -	95 Am -	96 Cm -	97 Bk -	98 Cf -	99 Es -	100 Fm -	101 Md -	102 No -	103 Lr -

## Instruções

- O caderno de problemas tem 10 páginas.
- O exame possui 20 questões objetivas (questões 1 a 20) e 2 questões discursivas (questões 21 e 22)
- Certifique-se de inserir seu código nas folhas do caderno de respostas correspondentes às questões 21 e 22.
- Todas as respostas das questões objetivas devem ser marcadas na folha ótica personalizada e as questões discursivas devem ser respondidas nos espaços apropriados no caderno de respostas. Caso o espaço não seja suficiente, utilize o verso das folhas do caderno de respostas.
- Nas questões discursivas, escreva os cálculos relevantes nos espaços apropriados, quando necessário. Se você fornecer apenas o resultado nas questões que exigem cálculos, não receberá pontos.
- É permitido o uso de calculadora.
- Esta prova tem duração de 2h30.
- Você pode ficar com o caderno de questões (exceto para as questões 21 e 22!).
- Boa Prova!

## Vidros: Da Química Básica às Aplicações Tecnológicas

**1.** Objetos fabricados de vidro de borossilicato, tais como jarras (na cozinha) e bêqueres (no laboratório de química), podem ser levados diretamente ao fogo. Esse vidro é obtido pela adição de óxido de boro durante sua fabricação. O elemento boro tem número atômico  $Z = 5$ , de modo que a fórmula de seu óxido deve ser

- a) BO
- b)  $B_2O$
- c)  $B_2O_2$
- d)  $B_2O_3$
- e)  $B_2O_4$

**2.** Um recipiente de vidro de borossilicato, mais conhecido pelo nome comercial Pyrex, contendo água, pode ser aquecido diretamente por uma chama, sem trincar. Neste processo, a superfície externa do fundo do recipiente fica muito mais quente do que a superfície interna em contato com a água. Para que o vidro suporte essa diferença de temperatura, deve ter

- a) alto ponto de fusão (não amolecer em baixa temperatura).
- b) baixo coeficiente de expansão térmica (dilatar-se pouco com o aumento de temperatura).
- c) baixa condutividade térmica (conduzir pouco o calor durante o aquecimento).
- d) alta densidade (para o recipiente ser mais pesado e, assim, mais estável e não tombar).
- e) baixo índice de refração à luz (para ser refratário ao aquecimento intenso).

**3.** No vídeo 1, foi explicada a técnica analítica de fluorescência de raios X, que permite a identificação de elementos na amostra examinada. Nessa técnica, raios X incidem na amostra, arrancando um elétron de uma camada eletrônica do átomo de interesse. Esse elétron pertence a uma camada mais \_\_\_\_\_ do átomo e a lacuna deixada por sua saída é preenchida por um elétron de uma camada mais \_\_\_\_\_. É emitido um fóton de comprimento de onda que depende \_\_\_\_\_. Os espaços com linhas pontilhadas são corretamente preenchidos pelas seguintes expressões, na ordem dada:

- a) externa, interna, da diferença de energia das camadas interna e externa.
- b) interna, externa, da diferença de energia das camadas externa e interna.
- c) interna, externa, do comprimento de onda dos raios X incidentes.
- d) externa, interna, da energia da camada externa.
- e) interna, externa, da energia da camada externa.

**4.** O princípio básico da fluorescência de raios X, discutida no vídeo 1, envolve a ejeção de um elétron de uma camada eletrônica de um átomo e o preenchimento da lacuna por outro elétron. Esses elétrons não podem ser da camada de valência, pois, como dito no vídeo 1, dado átomo pode ser identificado tanto numa substância simples, quanto num composto de qualquer natureza. Disso, pode-se concluir que não é possível detectar os

- a) metais alcalinos.
- b) halogênios.
- c) gases nobres.
- d) elementos radioativos.
- e) elementos de hidrogênio a neônio.

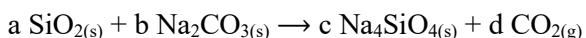
**5.** Reciclar garrafas de vidro é simples, pois basta fundir o vidro e produzir novas garrafas, quase sem perda de material. Porém, a reciclagem de garrafas de vidro incolor é problemática. A frase que descreve o motivo para isso é:

- a) Vidro incolor tem pouco interesse comercial, já que o consumidor prefere garrafas coloridas.
- b) Uma única garrafa de vidro colorido pode pôr a perder todo um lote de vidro incolor.
- c) O ponto de fusão do vidro incolor é maior que o do colorido, pois faltam-lhe óxidos metálicos que atuam como fundentes.
- d) O uso de garrafas de vidro incolor é tão pequeno que sua reciclagem não compensa, e estas podem ser simplesmente reutilizadas.
- e) Como vidro incolor não contém metais tóxicos, como crômio e cobre, não há problema em jogá-lo em aterro sanitário.

**6.** No vídeo 1 - Composição dos Vidros, é mostrado que o  $Mg^{2+}$  e o  $Si^{4+}$  têm o mesmo número de elétrons, ou seja, são isoelettrônicos. Além disso, também é dito que o  $Mg^{2+}$  tem um raio iônico maior que o do  $Si^{4+}$ . Assinale a alternativa que justifica essa observação:

- a) O raio atômico do Si é maior que o do Mg.
- b) A carga do cátion  $Mg^{2+}$  é maior que a do cátion  $Si^{4+}$ .
- c) O número de prótons do  $Si^{4+}$  é maior que o do  $Mg^{2+}$ .
- d) O elétron mais externo do  $Mg^{2+}$  está na camada M, enquanto o do  $Si^{4+}$  está na camada L.
- e) O elétron mais externo do  $Mg^{2+}$  está na camada L, enquanto o do  $Si^{4+}$  está na camada M.

**7.** No vídeo 1 - Composição dos Vidros, demonstra-se que uma das rotas de síntese do vidro inclui a reação de dióxido de silício e carbonato de sódio, conforme a reação abaixo, não balanceada:



Os menores coeficientes estequiométricos inteiros da reação são

- a) 2, 2, 1, 1
- b) 2, 1, 2, 1
- c) 1, 1, 1, 1
- d) 1, 2, 2, 1
- e) 1, 2, 1, 2

**8.** Considere a síntese do vidro, conforme descrito na questão anterior. Assumindo que a reação foi feita a uma temperatura de 1.727 °C e pressão de 1 atm, o volume total de  $\text{CO}_2$  produzido quando 4 mols de  $\text{CO}_2$  são liberados é igual a  
(Dado:  $R = 0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ )

- a) 656 L
- b) 328 L
- c) 164 L
- d) 566 L
- e) 141 L

**9.** O ponto de fusão do SiO<sub>2</sub> (quartzo, que funde a 1.610 °C) chama a atenção se comparado ao do CO<sub>2</sub> (óxido do elemento acima do silício na tabela periódica), que é um gás à temperatura ambiente e 1 atm. A grande disparidade entre esses valores resulta das diferentes estruturas do CO<sub>2</sub> e SiO<sub>2</sub>. O CO<sub>2</sub> é uma espécie molecular em que o carbono está ligado com cada oxigênio por uma dupla ligação e, por sua vez, o silício está ligado a quatro oxigênios por uma ligação simples em uma grande rede cristalina, que pode ser representada por subunidades de SiO<sub>4</sub>. Com base nessas informações, pode-se afirmar que a geometria dos átomos centrais do CO<sub>2</sub> e nas subunidades de SiO<sub>4</sub>, é, respectivamente,

- a) linear e linear.
- b) angular e angular.
- c) linear e tetraédrica.
- d) linear e piramidal.
- e) angular e tetraédrica.

**10.** O vídeo 1 - Composição dos Vidros, apresenta alguns métodos de produção de vidro. Uma dessas sínteses se dá pelo aquecimento de uma mistura de areia (SiO<sub>2</sub>), CaCO<sub>3</sub> e Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> até total fusão. Considerando-se proporção molar de 7:1:1, respectivamente, a massa de CaCO<sub>3</sub> é

- a) 15,97%
- b) 19,41%
- c) 17,57%
- d) 20,58%
- e) 37,59%

**11.** No vídeo 3, é citada a formação de um plasma. Como mencionado no vídeo, em uma das etapas da formação do plasma há um processo de ionização de um gás nobre, o argônio. Dentre as equações químicas abaixo, assinale aquela que representa melhor o processo de ionização descrito.

- a) Ar  $\rightleftharpoons$  Ar<sup>-</sup> + e<sup>-</sup>
- b) Ar<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  2Ar
- c) Ar  $\rightleftharpoons$  Ar<sup>+</sup> + e<sup>-</sup>
- d) Ar<sub>2</sub>  $\rightleftharpoons$  Ar<sup>.</sup> + Ar<sup>-</sup>
- e) Ar  $\rightleftharpoons$  Ar<sup>+</sup> + e<sup>+</sup>

**12.** No vídeo 2, foi descrito o depósito de filmes finos de óxido de índio e estanho na superfície de placas de vidro para torná-las condutoras de eletricidade, empregando-se para isso uma câmara com argônio a baixa pressão. Tipicamente, o argônio está a uma pressão de 0,005 mmHg (milímetros de mercúrio) e uma temperatura de 2.000 K. Nessas condições, a densidade do gás, em g cm<sup>-3</sup>, é

- a) 9,3  $\times$  10<sup>-1</sup>
- b) 1,6  $\times$  10<sup>-6</sup>
- c) 9,3  $\times$  10<sup>-4</sup>
- d) 1,2  $\times$  10<sup>-3</sup>
- e) 1,6  $\times$  10<sup>-9</sup>

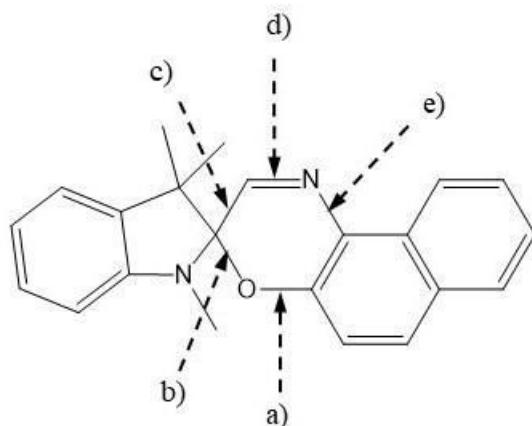
Dados: Constante dos gases,  $R = 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ; massa molar do argônio = 40 g mol<sup>-1</sup>, 1 atm = 760 mmHg; 1 L = 1000 cm<sup>3</sup>

**13.** Nanopartículas de ouro incorporadas ao vidro conferem-lhe intensa cor **vermelho rubi**. Isso significa que o vidro não é transparente à luz na extremidade

- a) vermelha do espectro visível, que é a luz de menor energia e maior comprimento de onda.
- b) vermelha do espectro visível, que é a luz de maior energia e maior comprimento de onda.
- c) vermelha do espectro visível, que é a luz de menor energia e menor comprimento de onda.
- d) azul do espectro visível, que é a luz de maior energia e menor comprimento de onda.
- e) azul do espectro visível, que é a luz de menor energia e menor comprimento de onda.

**14.** Hoje, em geral, lentes de óculos não são mais feitas com vidro, mas com um polímero de alta resistência ao impacto, muitas vezes, o policarbonato. Nessas lentes, não é possível usar prata com a finalidade de torná-las fotocrônicas. É preciso usar um composto orgânico, cuja estrutura está abaixo apresentada.

Nesse composto, sob ação de luz ultravioleta, rompe-se uma ligação na função éter, especificamente aquela não voltada para um anel aromático. Assinale, na folha de respostas, a letra que indica essa ligação.



**15.** Cromato de prata foi adicionado a água pura a 25 °C. Parte do sólido permaneceu não dissolvido no fundo do frasco. A mistura foi agitada até que o equilíbrio entre  $\text{Ag}_2\text{CrO}_{4(s)}$  não dissolvido e seus íons fosse atingido. A uma alíquota de 10 mL contendo apenas a solução aquosa resultante, foram adicionados 10 mL de uma solução de  $\text{NaCl}$  1,00 mol L<sup>-1</sup>, formando-se um precipitado ( $\text{AgCl}_{(s)}$ ). O sólido foi filtrado, seco e pesado, resultando em uma massa de 0,186 mg de  $\text{AgCl}$ . Com base nestas informações, o  $K_{ps}$  do  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  a 25 °C é

- a)  $1,1 \times 10^{-12}$
- b)  $2,2 \times 10^{-12}$
- c)  $1,7 \times 10^{-8}$
- d)  $2,2 \times 10^{-18}$
- e)  $1,7 \times 10^{-12}$

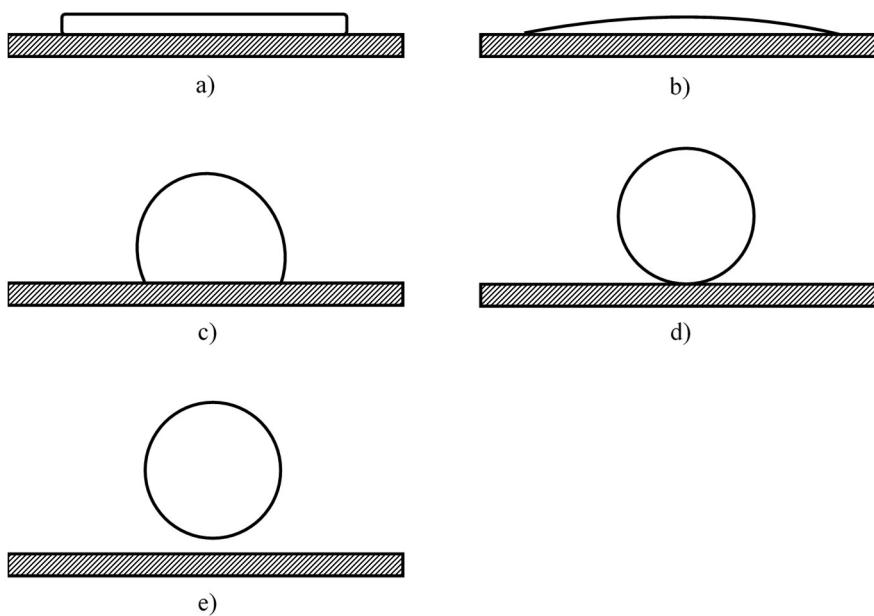
Dado: massa molar do  $\text{AgCl} = 143,35 \text{ g mol}^{-1}$ .

**16.** Muitos fabricantes de vidro, ao longo dos séculos, tentaram produzir vidro transparente e incolor. Impurezas, especialmente óxido de ferro, geralmente resultavam em vidro esverdeado, em vez da desejada transparência. Uma característica interessante dos vidros incolores que contêm dióxido de manganês como descolorante é sua tendência a adquirir diferentes tons de roxo quando expostos aos raios do sol ou a outras fontes ultravioleta (UV) com o passar dos anos. Esse fenômeno fotoquímico ainda não é perfeitamente compreendido. Contudo, geralmente é aceito que a luz ultravioleta induz uma troca de elétrons entre os íons Mn(II) e Fe(III), gerando uma espécie de Mn(III) que faz com que o vidro fique roxo.

Indique os agentes redutor e oxidante e se a reação ocorre de forma espontânea em meio aquoso na ausência de luz. Dados:  $E_{red}^\circ (\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$ ;  $E_{red}^\circ (\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{2+}) = 1,54 \text{ V}$ .

- a) Agente redutor: Mn(III); Agente oxidante: Mn(II); ocorre.
- b) Agente redutor: Mn(II); Agente oxidante: Fe(III); ocorre.
- c) Agente redutor: Fe(III); Agente oxidante: Mn(II); ocorre.
- d) Agente redutor: Fe(III); Agente oxidante: Mn(II); não ocorre.
- e) Agente redutor: Mn(II); Agente oxidante: Fe(III); não ocorre.

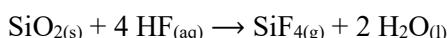
**17.** No vídeo 3, é mencionado o fenômeno da hidrofobicidade. Nas figuras abaixo, o retângulo hachurado representa uma superfície hidrofóbica e a parte em branco, uma gota de água sobre essa superfície. Assinale a alternativa com uma figura que melhor corresponde à representação do fenômeno:



**18.** No vídeo 3, é apresentado um experimento com uma lâmpada incandescente ligada a outra lâmpada da qual só restou dois eletrodos conectados por um suporte de vidro. Depois de alguns instantes de aquecimento do vidro com um maçarico, o vidro passa a conduzir corrente elétrica e a lâmpada intacta se acende. A inserção de dois eletrodos em solução para verificar a passagem de corrente elétrica é realizada com frequência em laboratórios didáticos para

- a) medir a diferença de potencial elétrico numa pilha.
- b) determinar a transmitância de luz por uma solução colorida.
- c) verificar se o soluto numa solução é iônico ou molecular.
- d) observar a emissão de luz por metais em solução.
- e) distinguir soluções ácidas de soluções básicas.

**19.** Um método comumente utilizado para gravação em vidro consiste na exposição da superfície ao ácido fluorídrico. Nessa reação, o vidro – representado por sílica, reage com uma solução aquosa de ácido fluorídrico, gerando tetrafluoreto de silício gasoso e água, conforme a equação química abaixo:



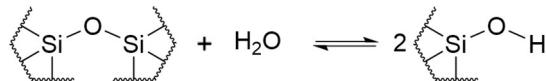
De posse das entalpias de formação dos reagentes e produtos, cujos valores são dados na tabela abaixo, pode-se calcular a entalpia padrão da reação de dissolução da sílica, em  $\text{kJ mol}^{-1}$ .

Compostos	$\text{SiO}_{2(\text{s})}$	$\text{HF}_{(\text{aq})}$	$\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$	$\text{SiF}_{4(\text{g})}$
$\Delta H_f^\circ (\text{kJ mol}^{-1})$	-910,9	-273,0	-285,8	-1614,9

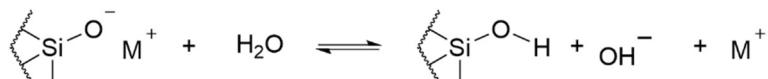
O valor obtido é

- a) 183,6      b) -716,8      c) 716,8      d) -183,6      e) 102,2

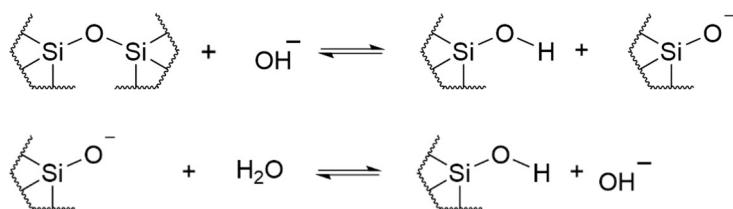
**20. (Anulada)** O tratamento hidrotérmico permite a hidratação de estruturas vítreas através da absorção ou ocorrência de reações químicas entre a sílica e a água. As reações na superfície do vidro têm sido descritas em termos de duas reações químicas: a hidrólise das ligações siloxano ('Si-O-Si') e a troca iônica. Na reação de hidrólise, formam-se grupos 'hidroxila' no lugar das ligações siloxano, conforme a seguinte equação global:



A reação de troca iônica substitui um cátion ligado à rede da sílica, liberando ânions hidroxila, de acordo com a seguinte equação:



A liberação de ânions hidroxila torna a solução básica na interface, favorecendo o mecanismo de hidrólise básica abaixo:



A quebra de múltiplas ligações ao redor de um átomo de Si leva à liberação desse Si contido no vidro para a solução, na forma de ácido silícico ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ).

Com base nessas informações, **pode-se afirmar que** assinale a alternativa incorreta

- a) o ânion hidroxila atua como catalisador da hidrólise básica.
- b) a reação de hidrólise ocorre mais rapidamente com o aumento da temperatura.
- c) o aumento do pH influencia na taxa de hidrólise.
- d) quanto menor a área da interface vidro/solução, maior a taxa de hidrólise.
- e) o ácido silícico apresenta geometria molecular tetraédrica ao redor do silício.

**Questões Discursivas:** As próximas duas folhas (questão 21 e 22) devem ser respondidas e entregues ao fiscal de sala!!!

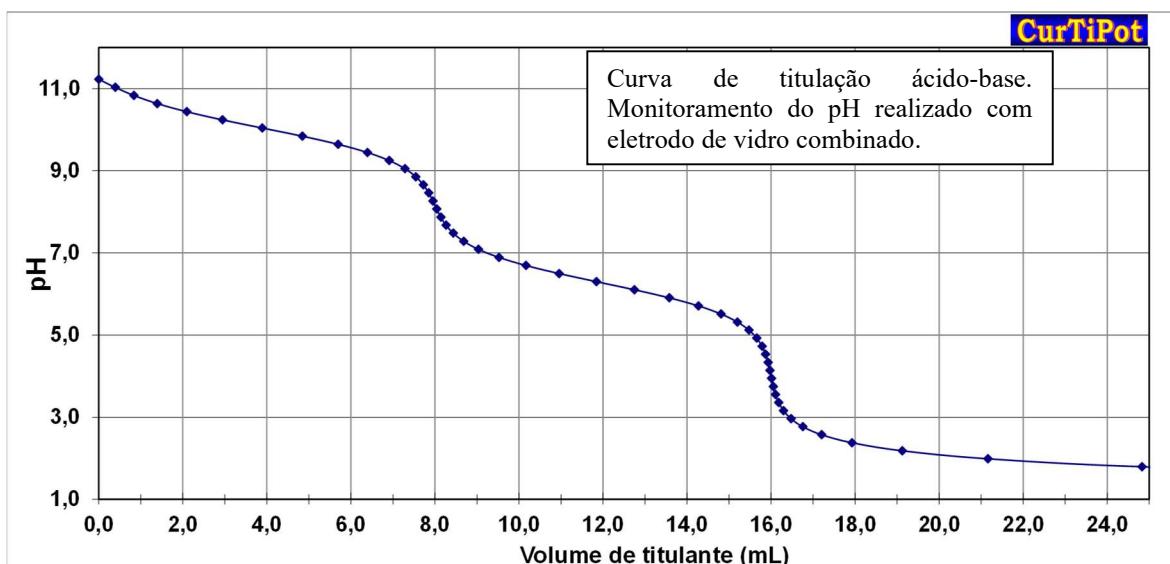
**Questão 21.** No vídeo 2, apresenta-se uma reação que resulta na formação de cloreto de prata e posterior “escurecimento” do sólido pela ação da luz. Considere que após a precipitação do sal, adicionou-se  $\text{NaCl}_{(s)}$  à solução e que a concentração resultante de cloreto foi igual a  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ .

a) Apresente as equações balanceadas das reações que caracterizam o experimento observado.

b) Determine a solubilidade do cloreto de prata em  $\text{g L}^{-1}$  após a adição de  $\text{NaCl}_{(s)}$ .

Dados do cloreto de prata: massa molar = 143,35 g mol<sup>-1</sup>;  $K_{ps} = 1,5 \cdot 10^{-10}$

**Questão 22.** Durante a rotina no laboratório de controle de qualidade de uma indústria de vidro, uma amostra de carbonato de sódio foi analisada para avaliar sua pureza. Para tanto, uma massa de 1,093 g dessa amostra foi solubilizada com água pura e a mistura foi transferida quantitativamente para um balão volumétrico de 250,0 mL. Preencheu-se o balão até o menisco com água pura. O gráfico abaixo corresponde à titulação de uma alíquota de 50,00 mL da solução contida no balão com ácido clorídrico 0,100 mol L<sup>-1</sup> como titulante.



- a) Apresente a(s) equação(ões) da(s) reação(ões) química(s) envolvida(s) na titulação.
- b) Determine a pureza do sal submetido ao procedimento de análise, preenchendo as informações solicitadas abaixo. Dado do carbonato de sódio: massa molar = 105,99 g mol<sup>-1</sup>. Utilize o verso para os cálculos, se necessário.
- Primeiro volume estequiométrico: \_\_\_\_\_ mL.
  - Quantidade de matéria presente no sal: \_\_\_\_\_ mols de carbonato de sódio.
  - Pureza do sal: \_\_\_\_\_ %.