

**PROCESSO SELETIVO – 04/2026**

**Área de Conhecimento: Química Geral e Analítica**

**PROVA ESCRITA – PADRÃO DE RESPOSTA**

QUESTÃO 1: Um aluno, durante uma aula de química analítica quantitativa, titulou 50,00 mL de uma solução de ácido fosfórico 1,50 % (m/v) com solução de hidróxido de sódio 0,3150 mol L<sup>-1</sup> previamente padronizada, empregando monitoramento potenciométrico com eletrodo combinado de vidro. Considere volumes aditivos e despreze efeitos de atividade. Dados: Massa molar H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = 97,99 g mol<sup>-1</sup>; pKa's do ácido fosfórico: pKa<sub>1</sub> = 1,92; pKa<sub>2</sub> = 6,71; pKa<sub>3</sub> = 11,52

- Apresente três razões que justificam a necessidade de padronização de soluções de NaOH utilizando um padrão primário. (0,4)
- Escreva a equação química da padronização utilizando biftalato de potássio como padrão primário. (0,4)
- Seja Ve1 o volume correspondente ao primeiro ponto de equivalência, calcule o pH da solução para os volumes de titulante correspondentes a 0; 0,5Ve1; Ve1; 1,5Ve1; 2Ve1; 2,5Ve1 e 3Ve1. (0,9)
- Escreva as três reações sucessivas de neutralização do ácido fosfórico por hidróxido de sódio, determine as respectivas constantes de equilíbrio a partir dos valores de pKa fornecidos e, com base nesses resultados e aqueles do item c, esboce a curva de titulação pH versus volume de NaOH, explicando quimicamente o formato da curva. (0,8)

**RESPOSTAS**

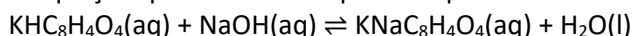
Letra a)

Espera-se que o candidato apresente três justificativas dentre as seguintes:

- NaOH é higroscópico, absorvendo umidade do ar;
- NaOH absorve CO<sub>2</sub> atmosférico, o que forma carbonato de sódio e altera sua pureza.
- NaOH não é estável em condições atmosféricas, dificultando, por exemplo, sua secagem em estufa;
- NaOH possui uma baixa massa molar, o que pode introduzir erros significativos de pesagem.

Letra b)

A equação que o candidato precisa apresentar é a seguinte:



Letra c)

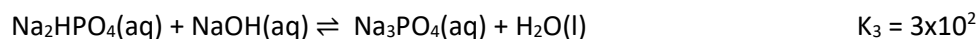
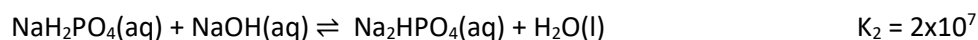
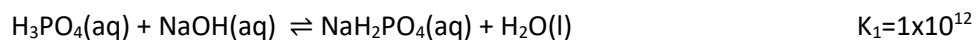
Seguem abaixo os pH's que os candidatos devem calcular para cada ponto requerido:

Ve1	NaOH, mL	pH
0	0,00	1,43
0,5	12,15	1,92
1	24,30	4,32
1,5	36,45	6,71
2	48,60	9,12
2,5	60,74	11,52
3	72,89	12,11

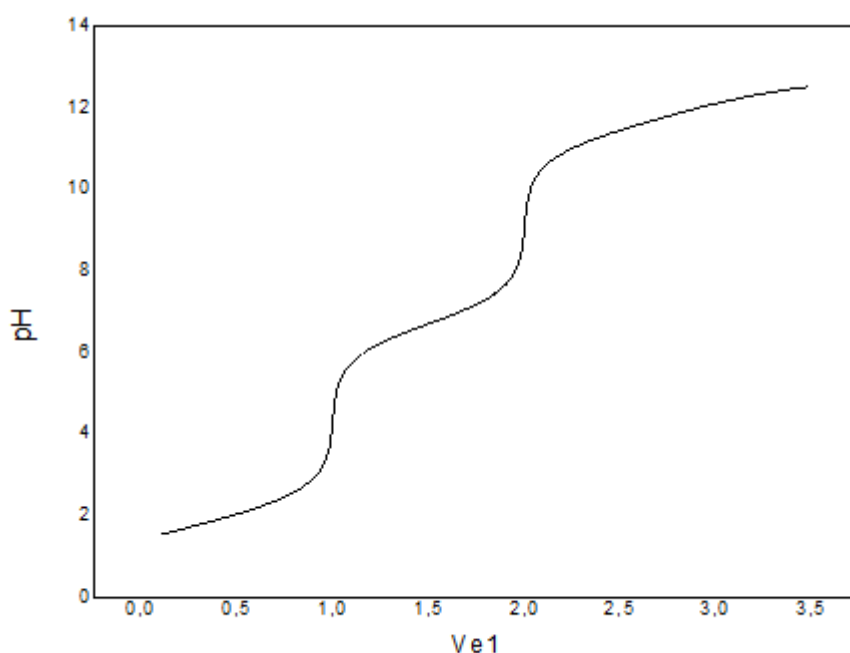
Observação: serão consideradas leves diferenças nos resultados de cálculos devido à arredondamentos e/ou manipulação dos dados pelos candidatos.

Letra d)

Resposta: As equações referentes a cada neutralização estão representadas abaixo:



O esboço da curva de titulação está demonstrado abaixo. O candidato pode representar o eixo x tanto como múltiplos de  $V_{e1}$  ou em volume de NaOH. É necessário que ele ressalte que não é perceptível um terceiro salto potenciométrico, uma vez que a constante de equilíbrio para a terceira desprotonação é muito baixa ( $K_3 = 3 \times 10^{-2}$ ) devido à elevada basicidade do íon  $\text{PO}_4^{3-}$ . É possível uma boa visualização quando a constante é tipicamente maior que  $10^4$  como se pode visualizar com boa nitidez a primeira e segunda neutralizações, que possuem constantes:  $K_1 = 1 \times 10^{-12}$  e  $K_2 = 2 \times 10^{-7}$ , respectivamente.



Referencias: Harris, D.C. Análise Química Quantitativa, 4 ed, Rio de Janeiro, LTC, 2005.

QUESTÃO 2: Um analista determinou a dureza de uma amostra de água por titulação complexométrica utilizando EDTA  $0,01000 \text{ mol L}^{-1}$  em dois pH's distintos: em pH 10,0 empregando negro de eriocromo T como indicador e em pH 12 usando calcon como indicador. Considere  $Y^{4-}$  como sendo a espécie de EDTA totalmente desprotonado.

Dados:

Massa molar  $\text{CaCO}_3 = 100,09 \text{ g/mol}$ .  $K_{ps}\text{Mg(OH)}_2 = 7,1 \times 10^{-12}$ ;  $K_{ps}\text{Ca(OH)}_2 = 6,5 \times 10^{-6}$ ;  $K_{ps}\text{CaCO}_3 = 6 \times 10^{-9}$ ;  $K_f\text{Ca}/Y^{4-} = 4,5 \times 10^{10}$ ;  $K_f\text{Mg}/Y^{4-} = 6,2 \times 10^8$ ;  $\alpha_{Y^{4-}}$  em pH 5:  $2,9 \times 10^{-7}$ ;  $\alpha_{Y^{4-}}$  em pH 10 = 0,30;  $\alpha_{Y^{4-}}$  em pH 12 = 0,98.

- Cite o padrão primário classicamente utilizado para a padronização da solução de EDTA e descreva brevemente o preparo da solução padrão, justificando quimicamente as etapas empregadas. (0,4)
- Calcule a constante de equilíbrio condicional ( $K_f'$ ) para o cálcio e para o magnésio em pH 5 e em pH 10 e discuta por que o pH 10 é tipicamente escolhido para a titulação. (0,4)
- Considere que, em pH 12, o magnésio esteja precipitado como  $\text{Mg(OH)}_2$ . Calcule a constante de equilíbrio da reação entre o EDTA e o precipitado de  $\text{Mg(OH)}_2$ . Em seguida, compare esse resultado com a estabilidade do complexo  $\text{CaY}^{2-}$  em solução em pH 12 calculando  $K_f'$  nesse pH e justifique as consequências analíticas da realização das titulações em pH 10 e em pH 12. (0,9)
- Em pH 10 usando tampão  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ , uma alíquota de 100,00 mL de amostra consumiu 12,50 mL de EDTA  $0,01000 \text{ mol L}^{-1}$ . Já em pH 12, ajustado com NaOH, uma alíquota de 100,00 mL da mesma amostra consumiu 6,50 mL de EDTA  $0,01000 \text{ mol L}^{-1}$ . Calcule as concentrações em mol/L de  $\text{Ca}^{2+}$  e de  $\text{Mg}^{2+}$  na amostra e também a sua dureza total, expressa como  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . (0,8)

**RESPOSTAS**

Letra a)

: Espera-se que o candidato saiba que o carbonato de cálcio é tipicamente usado como padrão primário para padronizar soluções de EDTA. Como o carbonato de cálcio é pouco solúvel ( $K_{ps}$  foi fornecido) e tem características alcalinas, ele precisa ser dissolvido na menor quantidade possível de ácido clorídrico, o gás carbônico gerado e o excesso de HCl devem ser removidos por aquecimento brando em capela. Essa solução possui concentração conhecida de  $\text{Ca}^{2+}$ .

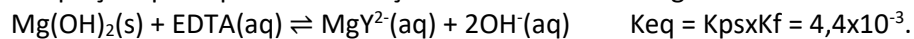
Letra b)

Como se pode observar na tabela abaixo, em pH 5 as constantes de equilíbrio condicionais são muito baixas para uma análise quantitativa, contrário do que se observa em pH 10. É por isso, portanto, que em pH 10 a titulação não é seletiva para nenhum desses íons, sendo os dois titulados juntos.

pH	$K_f'\text{Ca}$	$K_f'\text{Mg}$
5	1,31E+04	1,80E+02
10	1,35E+10	1,86E+08

Letra c)

A equação que representa a reação do hidróxido de magnésio sólido com EDTA é:



Já o  $K_{\text{f}}$  para o cálcio em pH 12 vale  $K_{\text{f}} \times \alpha_{\text{Y}^{4-}}$  em pH 12 = 0,98, o que fornece  $4,4 \times 10^{10}$ .

Comparando as duas constantes, é possível afirmar que em pH 12 somente o cálcio é titulado, enquanto o magnésio permanece inativo ao EDTA. Dessa forma, em pH 10 ambos são titulados, e em pH 12 somente o cálcio é titulado. Portanto, é possível, com duas titulações nesses pH's, determinar separadamente as concentrações de cálcio e de magnésio na amostra.

Letra d)

A dureza total é dada pelo 12,50 mL de EDTA consumido, o que fornece 125 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . Já as concentrações molares individuais de cálcio e magnésio são: 0,65 mmol/L para Cálcio e 0,60 mmol/L para Magnésio.

Referências: Harris, D.C. Análise química Quantitativa, 4 ed, Rio de Janeiro, LTC, 2005.

Baccan, N. Química Analítica Quantitativa Elementar. 3 edição revista, ampliada e reestruturada. São Paulo, E. Blucher. 2001.

QUESTÃO 3: Considere uma célula galvânica com dois compartimentos, um deles contendo eletrodo padrão de hidrogênio e no outro, um eletrodo de zinco, ligados por uma ponte salina contendo solução saturada de KCl e os eletrodos ligados a um multímetro de alta resistência.

- a) Faça um esboço representando essa célula eletroquímica. Identifique qual eletrodo é o cátodo e qual é o ânodo. Indique o movimento de cátions, de ânions e de elétrons no sistema. (0,8)
- b) Substituindo o eletrodo padrão de hidrogênio por um eletrodo de cobre imerso em solução contendo  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{Cu}^{2+}$ , represente a pilha na forma de diagrama de barras e escreva a reação global balanceada. (0,6)
- c) Considerando a célula descrita no item b na condição experimental  $[\text{Cu}^{2+}] = 1,0 \text{ mol L}^{-1}$  e  $[\text{Zn}^{2+}] = 2,0 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$ , escreva a equação que representa a reação global da célula e discuta sua espontaneidade com base nos valores de E e  $\Delta G$ . (0,6)
- d) Considerando a célula descrita no item c, mas removendo o multímetro e conectando eletricamente os eletrodos, determine as concentrações de equilíbrio dos íons  $\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$  em cada semi-célula. (0,5)

Dados

$$E^\circ = +0,34 \text{ V (Cu)} \quad E^\circ = -0,76 \text{ V (Zn)}$$

$$R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

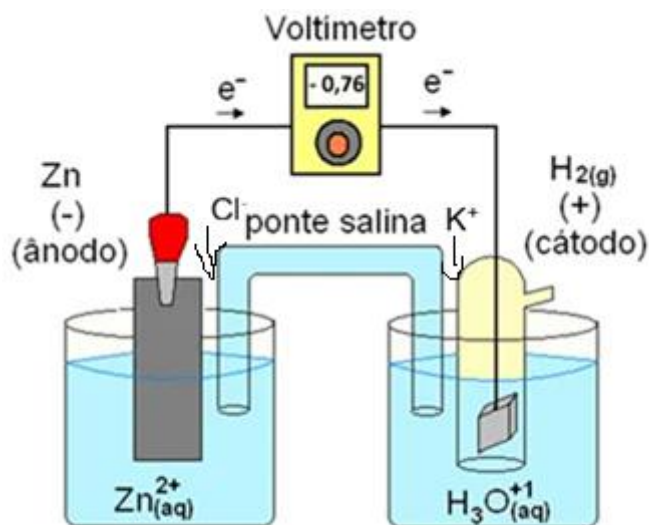
$$F = 96485 \text{ C mol}^{-1}$$

$$\Delta G = -nFE$$

$$E_{\text{célula}} = E^\circ - (RT/nF) \ln Q$$

RESPOSTAS

Letra a)



O eletrodo de platina é o cátodo e o eletrodo de zinco é o ânodo. Os elétrons fluem do ânodo para o cátodo. Para a semi-célula do ENH, fluem os íons  $K^+$ , e para a semi-célula do eletrodo de zinco fluem os íons cloreto.

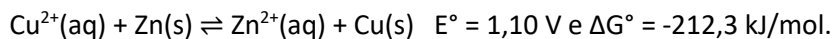
Letra b)

Diagrama de barras:



Equação global balanceada:  $Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

A equação que deve ser apresentada é:



Na condição dada, o E a ser calculado deve ser de +1,27V, com  $\Delta G = -244,8 \text{ kJ/mol.}$

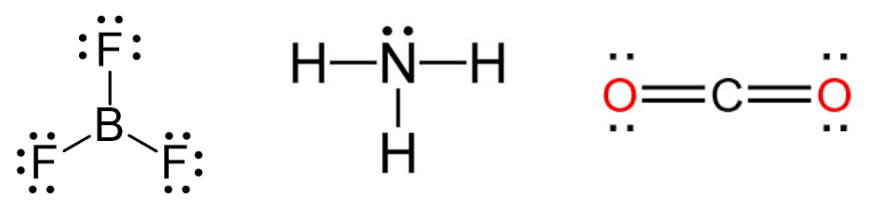
Letra d)

O candidato deverá ser capaz de determinar a constante de equilíbrio da reação global, que deve ter o valor de  $1,510^{37}$ . Com esse valor em mãos, deve ser capaz de calcular a concentração de equilíbrio do  $Zn^{2+}$  como 1,0 mol/L e do  $Cu^{2+}$  como  $6,5 \times 10^{-38}$  mol/L.

Referências: ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2006.

QUESTÃO 4: Considere as moléculas:  $\text{BF}_3$ ,  $\text{NH}_3$  e  $\text{CO}_2$ .

- Represente a estrutura de Lewis de cada molécula. (0,6)
- Determine, para cada molécula, a geometria molecular com base no modelo VSEPR. (0,6)
- Classifique cada molécula como polar ou apolar, justificando sua resposta com base na geometria molecular. (0,9)
- Relacione a polaridade molecular com o tipo de interação intermolecular predominante esperado para cada caso. (0,4)

Letra a)			
			
Letras b e c)			
Molécula	Geometria molecular	Polaridade	Justificativa esperada
$\text{BF}_3$	Trigonal plana	Apolar	As ligações B–F são polares, mas a geometria trigonal plana simétrica cancela os dipolos.
$\text{NH}_3$	Piramidal trigonal	Polar	Há par de elétrons não ligante no N; a geometria é assimétrica e os dipolos não se cancelam.
$\text{CO}_2$	Linear	Apolar	As ligações C=O são polares, mas os dipolos se cancelam pela geometria linear.
Letra d)			
$\text{BF}_3$ - Dispersão de London $\text{NH}_3$ - Ligação de hidrogênio $\text{CO}_2$ - Dispersão de London			
Referências:			
ATKINS, P.; JONES, L. Princípios da Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman. 2006. BROWN, T. L.; LeMAY, H. E.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R. Química a ciência central. 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. KOTZ, J. C. Química e reações químicas. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005			

**Membros da Banca:**

---

**Avaliador 1 (Edmar Martendal Dias de Souza)**

---

**Avaliador 2 (Karine Priscila Naidek)**

---

**Avaliador 3 (Maria da Graça Moraes Braga Martin)**

---

**Presidente da Banca (Edmar M. D. de Souza)**



# Assinaturas do documento



Código para verificação: **I0V5X3B7**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:

- ✓ **EDMAR MARTENDAL DIAS DE SOUZA** (CPF: 037.XXX.459-XX) em 22/06/2026 às 12:19:40  
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:39:11 e válido até 30/03/2118 - 12:39:11.  
(Assinatura do sistema)
  
- ✓ **MARIA DA GRACA MORAES BRAGA MARTIN** (CPF: 461.XXX.300-XX) em 22/06/2026 às 12:24:22  
Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:37:54 e válido até 30/03/2118 - 12:37:54.  
(Assinatura do sistema)
  
- ✓ **KARINE PRISCILA NAIDEK** (CPF: 061.XXX.889-XX) em 22/06/2026 às 13:40:59  
Emitido por: "SGP-e", emitido em 19/03/2019 - 18:21:51 e válido até 19/03/2119 - 18:21:51.  
(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTIwMjJfMDAwMjM0MDVfMjAyNI9JMFY1WDNCNw==> ou o site <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **UDESC 00023400/2026** e o código **I0V5X3B7** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.