



## P2 - PROVA DE QUÍMICA GERAL - 16/05/09

<b>Nome: GABARITO</b>	
<b>Nº de Matrícula:</b>	<b>Turma:</b>
<b>Assinatura:</b>	

Questão	Valor	Grau	Revisão
1 <sup>a</sup>	2,5		
2 <sup>a</sup>	2,5		
3 <sup>a</sup>	2,5		
4 <sup>a</sup>	2,5		
<b>Total</b>	<b>10,0</b>		

Constantes:

$$R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} = 0,0821 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

$$K_w = [\text{H}^+] [\text{OH}^-] = 1,00 \times 10^{-14} \text{ a } 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$PV = nRT$$

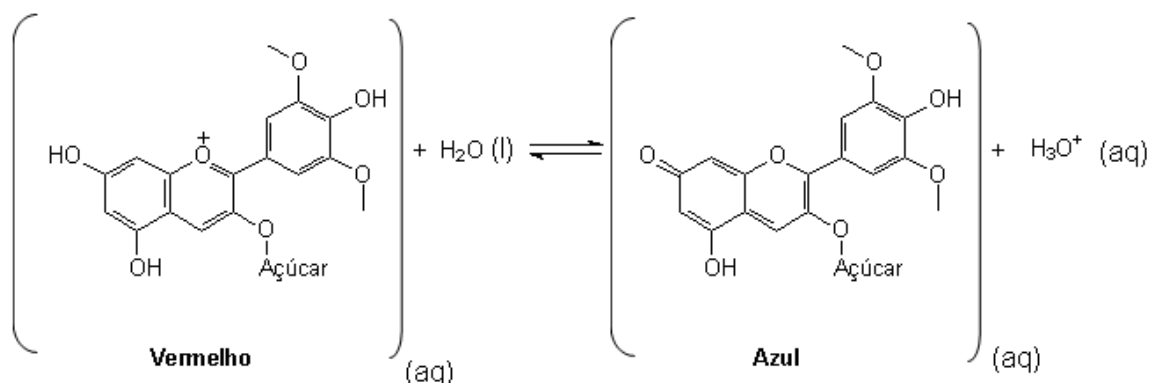
$$P = x P^\circ$$

$$\Delta U = q + w$$

## 1ª Questão

Antocianinas são pigmentos naturais solúveis em água, responsáveis parcialmente pela coloração de flores e frutos. Uma particularidade destas substâncias é que a sua cor depende do pH da solução em que se encontram.

A malvidina-3-monoglicosídeo é a principal antocianina encontrada nos vinhos tintos produzidos a partir de *Vitis vinifera* (uvas europeias). Em solução aquosa, essa substância comporta-se como um ácido fraco ( $K_a = 5,62 \times 10^{-5}$  a 25 °C), segundo o equilíbrio representado abaixo, onde a antocianina protonada tem cor vermelha e a antocianina desprotonada tem cor azul.



- Calcule a concentração, em mol L<sup>-1</sup>, das espécies protonada, desprotonada e H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, no equilíbrio a 25 °C, em uma solução aquosa preparada pela adição de 0,200 mol dessa antocianina em água, formando 1,00 L de solução.
- Considere outra solução dessa antocianina dissolvida em água. Calcule a percentagem de moléculas na forma desprotonada (azul), a 25 °C, sabendo que o pOH da solução é 11,2.
- O pH do vinho pode variar entre 3,5 e 5,0, sendo a malvidina-3-monoglicosídeo a principal responsável pela cor vermelho-violácea dos vinhos tintos jovens. Explique, utilizando o princípio de Le Chatelier, o que ocorreria com a coloração de certo vinho tinto se NaOH fosse adicionado ao mesmo.

### Resolução:

a)

	vermelho			azul	
	$\text{HA}^+(\text{aq})$	+	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\rightleftharpoons$	$\text{A}(\text{aq}) = = \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
No início	0,200 mol L <sup>-1</sup>			-	-
Varição	-x			+x	+x
No equilíbrio	0,200 - x			x	x

$$K_a = 5,62 \times 10^{-5} = \frac{[\text{A}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HA}^+]} = \frac{x \cdot x}{0,200 - x} = \frac{x^2}{0,200 - x}$$

$$5,62 \times 10^{-5} \cdot (0,200 - x) = x^2$$

$$1,12 \times 10^{-5} - 5,62 \times 10^{-5} x = x^2$$

$$x^2 + 5,62 \times 10^{-5} x - 1,12 \times 10^{-5} = 0$$

$$a = 1 \quad b = 5,62 \times 10^{-5} \quad c = -1,12 \times 10^{-5}$$

$$\Delta = b^2 - 4 \cdot a \cdot c = 3,16 \times 10^{-9} + 4,48 \times 10^{-5}$$

$$\Delta = 4,48 \times 10^{-5}$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$x = \frac{-5,62 \times 10^{-5} \pm 6,69 \times 10^{-3}}{2}$$

negative

$$3,32 \times 10^{-3}$$

$$\text{Então, } [\text{A}] = [\text{H}_3\text{O}^+] = \boxed{3,32 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}$$

$$[\text{HA}^+] = 0,200 - 3,32 \times 10^{-3} = \boxed{0,20 \text{ mol L}^{-1}}$$

b) pH + pOH = 14,0

Assim, se pOH = 11,2 podemos concluir que pH = 2,8 e que  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,8} = 1,58 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ .

Sendo C a concentração total (formas protonada + desprotonada) de malvidina-3-monoglicosídeo em solução,

$$K_a = \frac{x^2}{C - x} \quad \text{ou} \quad C = \frac{x^2}{K_a} + x$$

em que  $x = [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}]$

$$\text{Então, } C = \frac{(1,58 \times 10^{-3})^2}{5,62 \times 10^{-5}} + 1,58 \times 10^{-3}$$

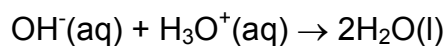
$$C = 4,60 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\% \text{ moléculas na forma desprotonada (A)} = \frac{[\text{A}]}{C} \times 100$$

$$= \frac{1,58 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}}{4,60 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}} \times 100$$

3,43%
-------

c) Ao adicionarmos NaOH ao vinho tinto, os íons hidróxido reagiriam com  $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$  segundo a equação:

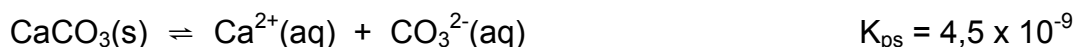
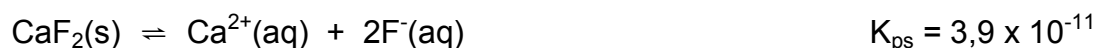


Isto representa o consumo de um dos produtos da reação e, pelo princípio de Le Chatelier, o equilíbrio seria deslocado para a direita, deixando o vinho com uma coloração tendendo ao azul.

## 2ª Questão

Quando a água contém concentração elevada de íons cálcio dissolvidos,  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ , ela é chamada de água dura. Esse tipo de água não é adequado para uso industrial, pois o cálcio forma compostos pouco solúveis com diversos ânions, como carbonatos, causando o entupimento de tubulações.

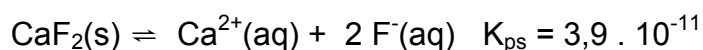
Outro problema relacionado à água dura ocorre durante a fluoretação da água para abastecimento de cidades, pois o cálcio presente precipita como fluoreto de cálcio,  $\text{CaF}_2$ , retirando parte do flúor da água. O flúor, na forma de fluoreto,  $\text{F}^-$ , é importante para a saúde bucal e deve estar presente na água de abastecimento na concentração de  $0,70 \text{ mg L}^{-1}$ , de acordo com a sociedade brasileira de odontologia. Dadas as equações e as constantes de solubilidade, a  $25^\circ\text{C}$ , responda:



- Água com concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  maior do que  $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  pode ser considerada dura dependendo do uso. Uma solução saturada de  $\text{CaF}_2$  pode ser considerada água dura? Mostre com cálculos.
- Calcule a concentração máxima de  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ , em  $\text{mol L}^{-1}$ , que pode estar presente na água sem que ocorra a precipitação do  $\text{CaF}_2$ , quando a concentração de fluoreto,  $\text{F}^-$ , na água for  $0,70 \text{ mg L}^{-1}$ .
- Uma maneira de eliminar o  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  da água, antes da fluoretação, é precipitá-lo na forma de carbonato,  $\text{CaCO}_3$ . Calcule a concentração mínima de carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ , em  $\text{mol L}^{-1}$ , que deve estar presente na água para que não ocorra a precipitação do  $\text{CaF}_2$ , a  $25^\circ\text{C}$ .

### Resolução:

a)



$$K_{\text{ps}} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{F}^{-}]^2$$

$$3,9 \cdot 10^{-11} = x \cdot (2x)^2 = 4x^3$$

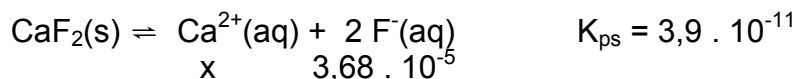
$$x = 2,14 \cdot 10^{-4}$$

$[\text{Ca}^{2+}] = 2,14 \cdot 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ , a solução saturada de  $\text{CaF}_2$  não pode ser considerada água dura.

b)

$$1 \text{ mol F}^{-} = 19 \text{ g}$$

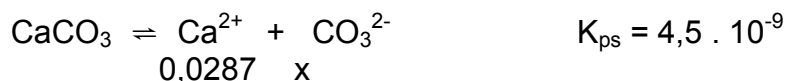
$$x \text{ mol F}^{-} = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ g} \quad x = [\text{F}^{-}] = 3,68 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$



$$K_{\text{ps}} = x \cdot (3,68 \cdot 10^{-5})^2 = 3,9 \cdot 10^{-11}$$

$$x = [\text{Ca}^{2+}] = 0,0287 \text{ mol L}^{-1}$$

c) Para que o  $\text{Ca}^{2+}$  não precipite quando o flúor for adicionado,  $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{máx}} = 0,0287 \text{ mol L}^{-1}$ . Para que a  $[\text{Ca}^{2+}]$  não ultrapasse esse valor, a  $[\text{CO}_3^{2-}]_{\text{mín}}$  que deve estar presente é calculada pelo  $K_{\text{ps}}$  do  $\text{CaCO}_3$ :



$$K_{\text{ps}} = [\text{Ca}^{2+}] [\text{CO}_3^{2-}] = 4,5 \cdot 10^{-9}$$

$$4,5 \cdot 10^{-9} = 0,0287 \cdot x$$

$$x = [\text{CO}_3^{2-}] = 1,57 \cdot 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$$

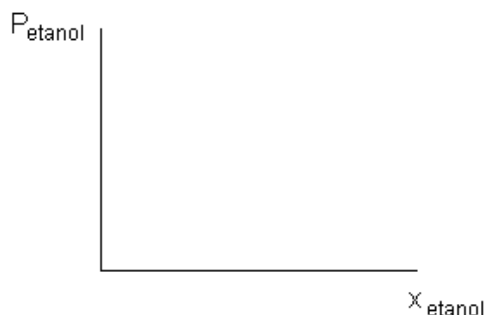
### 3ª Questão

Metanol,  $\text{CH}_4\text{O}$ , e etanol,  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ , são dois alcoóis voláteis a  $25^\circ\text{C}$ . Ambos podem ser usados como solvente ou combustível e muitas vezes a mistura dos dois é empregada em processos de extração.

Dados a  $25^\circ\text{C}$ :

Metanol:	$P^\circ_{\text{metanol}} = 122,7 \text{ mmHg}$
	$d = 0,7918 \text{ g mL}^{-1}$
Etanol:	$P^\circ_{\text{etanol}} = 58,90 \text{ mmHg}$
	$d = 0,7894 \text{ g mL}^{-1}$

a) Desenhe na figura abaixo, o perfil esperado para o comportamento da pressão de vapor do etanol ( $P_{\text{etanol}}$ ) em função da sua fração molar em uma mistura metanol:etanol.

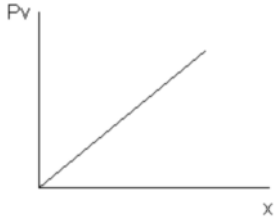


b) Calcule a pressão de vapor, a  $25^\circ\text{C}$ , de uma mistura contendo, em volume, 10% de metanol e 90% de etanol.

c) Calcule a pressão de vapor de outra mistura de metanol e etanol quando são adicionados 100,0 g de sacarose,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ , sabendo que fração molar do metanol é 0,2000 e a quantidade total de substâncias ( $n_{\text{metanol}} + n_{\text{etanol}} + n_{\text{sacarose}}$ ), em mol, é igual a 1. Considere que a sacarose é um soluto não volátil e que se solubiliza completamente na mistura.

## Resolução:

a)



$P = x P^\circ$  equação de uma reta que passa pela origem

b) Pv?

$$P = x_{\text{etanol}} P^\circ_{\text{etanol}} + x_{\text{metanol}} P^\circ_{\text{metanol}}$$

10% metanol 
$$x_{\text{metanol}} = \frac{n_{\text{metanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{metanol}}} = \frac{2,399}{17,84} = 0,1345$$

90% etanol 
$$x_{\text{etanol}} = \frac{n_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}} + n_{\text{metanol}}} = \frac{15,44}{17,84} = 0,8655$$

	metanol $d = \frac{0,7918 \text{ g}}{1 \text{ mL}} = \frac{791,8 \text{ g}}{1 \text{ L}}$ $\frac{79,1 \text{ g}}{33} \leftarrow 0,10\%$	etanol $d = \frac{0,7894 \text{ g}}{1 \text{ mL}} = \frac{789,4 \text{ g}}{1 \text{ L}}$ $\frac{710,46 \text{ g}}{46} \leftarrow 0,90\%$	
MM	33	46	$n_{\text{etanol}} = 15,44$
			$n_t = n_{\text{metanol}} + n_{\text{etanol}} = 2,399 + 15,44 = 17,84$

$$P = \overbrace{0,1345 \times 122,7}^{16,50} + \underbrace{0,8655 \times 58,9}_{50,97} = \mathbf{67,48 \text{ mmHg}}$$

c)  $Pv = x_{\text{etanol}} P^\circ_{\text{etanol}} + x_{\text{metanol}} P^\circ_{\text{metanol}} = \underbrace{0,50 \cdot 58,9}_{29,45} + \underbrace{0,20 \cdot 122,7}_{24,54} \quad Pv = \mathbf{53,99 \text{ mmHg}}$

100 g sacarose = 0,29 mol

MM = 342

$x_{\text{metanol}} = 0,2$

$n_t = 1$

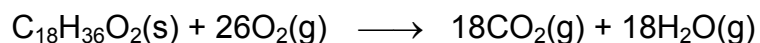
$$x = x_{\text{metanol}} + x_{\text{etanol}} + x_{\text{sacarose}} = 1 = 0,2 + x_{\text{etanol}} + \frac{0,29}{1}$$

$x_{\text{etanol}} = 1 - 0,2 - 0,29 = 0,50$



#### 4ª Questão

O ácido esteárico,  $C_{18}H_{36}O_2$ , é um ácido graxo, ou seja, uma molécula com uma longa cadeia de carbonos e um grupo ácido na extremidade. Ele é encontrado em tecido animal como parte de muitas gorduras saturadas e é utilizado na produção de cosméticos, sabonetes e doces. Sua reação de combustão está representada a seguir:



- Calcule o calor de combustão molar do ácido esteárico, a 1 atm e 25 °C.
- A informação nutricional contida na embalagem de uma barra de cereal afirma que esta contém 11,0 g de gordura. Calcule o calor liberado por essa quantidade de gordura, em kcal, supondo que toda gordura seja ácido esteárico.
- Calcule a variação da energia interna,  $\Delta U$ , em kJ, envolvida na combustão de 1 mol de ácido esteárico, considerando que a reação acima ocorre a 25 °C, a pressão constante de 1 atm e que os gases se comportam de forma ideal.

Dados a 25 °C:

$$\Delta H_f^\circ CO_2(g) = -393,50 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ H_2O(g) = -241,82 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H_f^\circ C_{18}H_{36}O_2(s) = -948 \text{ kJ mol}^{-1}$$

### Resolução:

$$\text{a) } \Delta H^{\circ}_{\text{combustão}} = \sum n\Delta H^{\circ}_{\text{produtos}} - \sum n\Delta H^{\circ}_{\text{reagentes}}$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{combustão}} = [18 \times (-393,50) + 18 \times (-241,81)] - (-948)$$

$$\Delta H^{\circ}_{\text{combustão}} = -10487,58 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\text{b) } 1 \text{ mol } \text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2 \text{ _____ } 284 \text{ g _____ } - 10487,58 \text{ kJ}$$

$$11 \text{ g _____ } x$$

$$x = -406,20 \text{ kJ} = 4,06 \times 10^5 \text{ J}$$

$$1 \text{ cal _____ } 4,184 \text{ J}$$

$$x \text{ _____ } -4,06 \times 10^5 \text{ J}$$

$$x = -97036,33 \text{ cal} = -97,03 \text{ kcal}$$

$$\text{c) } \Delta U = \Delta H - \Delta nRT$$

$$\Delta U = -10487,58 \text{ kJ} - (10 \text{ mol} \times 8,314 \text{ J mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 298 \text{ K})$$

$$\Delta U = -10487,58 \text{ kJ} - 24775,72 \text{ J} (= 24,776 \text{ kJ})$$

$$\Delta U = -10512,36 \text{ kJ}$$