

Prof. Marcus Ennes

Prof. Felipe Garcia

Físico-química

UNIDADE 52: Solução tampão

Uma solução tampão é uma solução que tem a capacidade de resistir a mudanças de pH mediante adição de pequenos volumes de espécies fortes ou solvente puro. É impossível evitar totalmente a variação do pH, mas a solução tamponada minimiza significativamente esta variação em relação a uma solução não tamponada. Os primeiros estudos acerca da ação tamponante datam do início no século XX, praticamente concomitantes ao desenvolvimento do conceito de pH.

Um exemplo deste tipo de solução é o nosso sangue, que contém um tampão de bicarbonato (HCO_3^-), controlado através da quantidade de dióxido de carbono (CO_2) nos pulmões. Desta forma o pH do sangue é mantido em 7,35 e 7,45. Outro exemplo de solução tampão é a nossa saliva, que funciona como tampão de maneira a prevenir o desenvolvimento de bactérias que formariam a placa bacteriana. Além de funções biologicamente importantes, laboratorialmente as soluções tampão tem uso amplo, como por exemplo na calibração de potenciômetros (pHmetros).

O preparo de uma solução tampão consiste na mistura de uma espécie fraca com um sal derivado desta espécie fraca. Existem tampões ácidos (ácido fraco + base conjugada), básicos (base fraca + ácido conjugado) e neutros. O pH de um tampão depende da concentração e das espécies envolvidas no sistema.



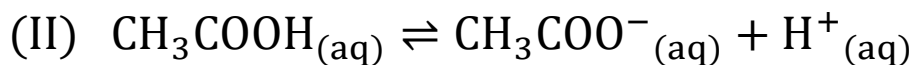
Solução tampão ácida

Para produzir uma solução tampão ácida são necessários um ácido fraco e um sal derivado deste ácido. Um exemplo deste tipo de solução é o tampão de acetato, no qual o pH será aproximadamente 5.

Primeiramente temos de analisar a reação de dissociação do sal derivado da espécie fraca, que neste caso será o acetato de sódio:



Sabemos que, devido ao fato do acetato de sódio ser uma espécie solúvel, no equilíbrio predominam as espécies nos produtos, no sentido de dissolução do sal. O próximo passo é analisar a equação de ionização do ácido acético:



Por se tratar de um ácido fraco podemos afirmar que no equilíbrio acima temos a predominância da espécie CH_3COOH , presente nos reagentes.

Se for adicionado um pequeno volume de ácido forte ao sistema, serão adicionados íons H^+ . Com isso o equilíbrio (II) será deslocado no sentido de consumo destes íons, o que minimizará a variação do pH no meio.

Caso seja adicionado um pequeno volume de base forte, estaremos adicionando íons que irão reagir com íons H^+ , logo, o equilíbrio (II) será deslocado no sentido de repor os íons H^+ , o que também minimizará a variação do pH no meio.

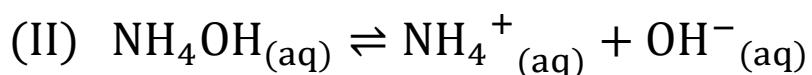
Solução tampão básica

Analogamente a solução tampão ácida, para obter uma solução tampão básica serão necessários uma base fraca e um sal derivado desta base. Para exemplificar este tipo de solução podemos citar o tampão amoniacal, no qual o pH será aproximadamente 10.

Analisando a reação de dissociação do sal derivado de espécie fraca, que neste caso será o cloreto de amônio:



Por tratar-se de um sal solúvel, podemos afirmar que no equilíbrio há predominância das espécies nos produtos, no sentido de dissociação dos íons. Em seguida analisa-se a equação de dissociação do hidróxido de amônio:



Trata-se de uma base fraca, logo podemos afirmar que no equilíbrio (II) predomina a espécie não-dissociada (NH_4OH), no sentido oposto ao da dissociação da base.

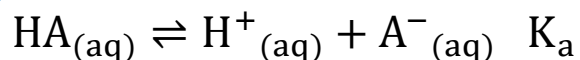
Ao se adicionar um pequeno volume de ácido forte ao sistema, estaremos adicionando espécies que reagirão com os íons OH^- . Com isso o equilíbrio (II) será deslocado no sentido de repor estes íons, o que minimizará a variação do pH no meio.

Caso se adicione um pequeno volume de base forte, estaremos adicionando íons OH^- , logo o equilíbrio (II) será deslocado no sentido de consumir os íons OH^- , o que também minimizará a variação do pH no meio.

Equação de Henderson-Hasselbalch

Até agora os sais parecem não ter nenhuma função no meio senão funcionar como uma espécie de “estoque” de espécies conjugadas das espécies fracas. No caso do tampão acetato o sal acetato de sódio funcionaria como um “estoque” de íons acetato, e no caso do tampão amoniacal o sal cloreto de amônio funcionaria como um “estoque” de íons amônio.

Entretanto se analisarmos cuidadosamente as equações de K_a e K_b observaremos que os sais tem um papel muito mais importante, determinante no pH do sistema tamponado. Explicitando inicialmente então K_a para uma reação de um ácido fraco monoprotico "HA" temos:



$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \therefore [\text{H}^+] = \frac{K_a \cdot [\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

Aplicando $-\log$ e as devidas propriedades do operador logaritmo nos dois lados na última relação, temos:

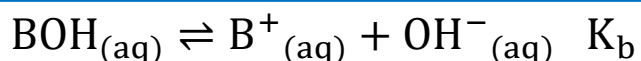
$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

Na utilização desta equação devemos saber que o valor para $[\text{A}^-]$ vem da concentração do sal em solução. No caso do tampão acetato, este valor corresponde a concentração do sal acetato de sódio.

Além disso, como trata-se de uma espécie fraca, podemos considerar o valor de $[\text{HA}]$ praticamente igual ao valor da concentração molar do ácido, já que ocorrerá ionização de uma fração muito pequena das moléculas de ácido. De maneira geral, temos então:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{sal}]}{[\text{ácido}]}$$

A análise do K_b para uma monobase fraca "BOH" é feita da mesma forma, observe:



$$K_b = \frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{B}^+]}{[\text{BOH}]} \quad \therefore [\text{OH}^-] = \frac{K_b \cdot [\text{BOH}]}{[\text{B}^+]}$$

$$\text{pOH} = \text{p}K_b + \log \frac{[\text{B}^+]}{[\text{BOH}]}$$

Na equação temos o valor de $[\text{B}^+]$ sendo calculado a partir da concentração do sal em solução. No caso do tampão amoniacal este valor corresponder a concentração do sal cloreto de amônio.

Como trata-se de uma espécie fraca, podemos afirmar que o valor para $[\text{BOH}]$ é praticamente igual ao valor da concentração molar da base, já que ocorrerá dissociação de uma fração muito pequena das moléculas de base. Generalizando, temos:

$$\text{pOH} = \text{p}K_b + \log \frac{[\text{sal}]}{[\text{base}]}$$

Através do cálculo de pOH podemos descobrir o pH, já que a soma destes é constante e equivale a 14 (à temperatura de 25°C). Entretanto utilizando a relação entre pH e pOH também podemos desenvolver mais a equação acima:

$$\text{pH} + \text{pOH} = \text{pK}_w$$
$$\text{pH} = \text{pK}_w - \text{pK}_b - \log \frac{[\text{sal}]}{[\text{base}]}$$

Lembre-se que, como qualquer outra constante, o valor de K_w depende da temperatura, portanto não podemos afirmar imediatamente que $\text{pK}_w = 14$. A maior parte dos casos ocorre a 25°C, temperatura na qual $\text{pK}_w = 14$, entretanto tenha sempre em mente a equação de K_w para saber interpretar valores diferentes de pK_w .

NOTAS:



ATIVIDADES PROPOSTAS

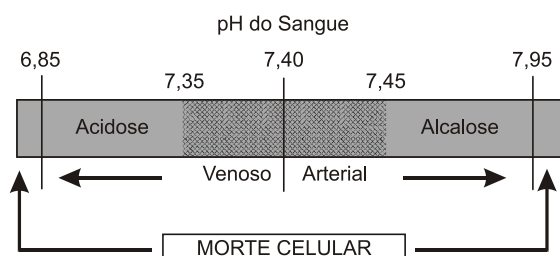
1) Foi preparada uma solução tampão acetato pela mistura de 500 mL de uma solução contendo 12 g/L de ácido acético (CH_3COOH) com 500 mL de uma solução contendo 0,1 mol/L de acetato de sódio à temperatura de 25°C .

Dados: K_a ácido acético = $1,8 \times 10^{-5}$;
 $\log 2 = 0,30$; $\log 3 = 0,48$; $\log 5 = 0,70$;
 $C = 12$; $H = 1$; $O = 16$.

Assinale a alternativa que contém o pH da solução tampão preparada.

- a) 4,74
- b) 4,44
- c) 5,04
- d) 4,14

2) A solução-tampão é geralmente uma mistura de um ácido fraco com o sal desse ácido, ou uma base fraca com o sal dessa base. Essa solução tem por finalidade evitar que ocorram variações muito grandes no pH ou no pOH de uma solução. A eficácia da solução-tampão pode ser vista no sangue, em que, mesmo com a adição de ácido ou base em pequenas quantidades ao plasma sanguíneo, praticamente não há alteração no pH.



Um litro de solução contém 1,24 g de ácido carbônico e 16,8 g de bicarbonato de sódio. Sabendo-se que $K_a = 2 \cdot 10^{-7}$, determine o pOH dessa solução-tampão.

(Considere: $\log 2 = 0,3$)

- a) 7,7
- b) 7,4
- c) 6,6
- d) 6,3

3) As soluções tampão apresentam a notável propriedade de resistir a uma modificação de pH por efeito de diluição ou adição de pequenas quantidades de ácidos ou bases fortes. As soluções tampão têm uma enorme importância, pois elas servem para preparar soluções com pH definido ou para manter o pH em torno de um valor desejado.

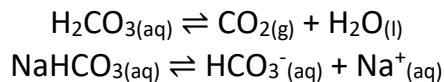
Suponha uma solução tampão obtida pela mistura de acetato de potássio e ácido acético. Ambos na concentração de 1,0 mol/L. Considere que para esse caso o valor de K_a é $1,0 \times 10^{-5}$ e $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$.

Pode-se afirmar que, após adição de 5,0 mL de NaOH 1,0 mol/L a 10,0 mL do tampão, o pH da solução resultante

- a) é igual ao valor do $\text{p}K_a$.
- b) é igual ao valor do $\text{p}K_b$.
- c) é maior do que o valor do $\text{p}K_b$.
- d) é a metade do valor do $\text{p}K_a$.
- e) é maior do que o valor do $\text{p}K_a$.

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

1. As soluções-tampão são utilizadas para regular a acidez de alguns sistemas, pois resistem às variações do pH quando pequenas quantidades de um ácido ou de uma base são adicionadas a esses sistemas.
2. Os tampões têm importante função nos processos químicos e biológicos, como, por exemplo, a de impedir grandes variações do pH do sangue.
3. Um dos sistemas que contribuem para o tamponamento do sangue é constituído pelas substâncias H_2CO_3 e NaHCO_3 . As equações químicas a seguir representam os equilíbrios dessas substâncias no sangue.



4. O pH desse sistema-tampão pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log_{10}[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$$

5. No sangue, a concentração de ácido carbônico varia com a pressão parcial do CO_2 .

4) Considere o pH fisiológico e o pKa iguais a 7,4 e 6,1, respectivamente. Para que esse pH seja mantido, a razão $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ deverá ser igual a:

- a) 0,1
- b) 2,5
- c) 10,0
- d) 20,0

5) Soluções-tampão são sistemas nos quais ocorrem variações desprezíveis de pH, quando recebem a adição de pequenas quantidades de ácidos ou de bases.

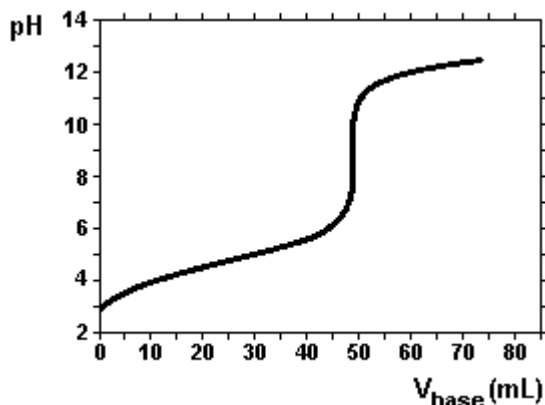
Considere estes compostos para o preparo de uma solução-tampão:

- HCl
- NaCl
- NH_4Cl
- NaOH
- NH_4OH

Indique, dentre os compostos disponíveis, os dois escolhidos para o preparo da solução-tampão.

- a) HCl e NaCl
- b) NaOH e NaCl
- c) NH_4OH e HCl
- d) NH_4OH e NH_4Cl
- e) NaOH e NH_4Cl

6) Considere a curva de titulação a seguir, de um ácido fraco com uma base forte.



Em qual intervalo de volume de base adicionado o sistema se comporta como tampão?

- a) de 5 a 45 mL.
- b) de 10 a 50 mL.
- c) de 30 a 50 mL.
- d) de 40 a 60 mL.
- e) de 30 a 60 mL.

7) Soluções-tampão são soluções que resistem à mudança no pH quando ácidos ou bases são adicionados ou quando ocorre diluição. Estas soluções são particularmente importantes em processos bioquímicos, pois muitos sistemas biológicos dependem do pH. Cita-se, por exemplo, a dependência do pH na taxa de clivagem da ligação amida do aminoácido tripisina pela enzima quimotripisina, em que a alteração em uma unidade de pH 8 (pH ótimo) para 7 resulta numa redução em 50% na ação enzimática. Para que a solução-tampão tenha ação tamponante significativa, é preciso ter quantidades comparáveis de ácido e base conjugados. Em um laboratório de Química, uma solução-tampão foi preparada pela mistura de 0,50 L de ácido etanoico (CH_3COOH) $0,20 \text{ mol L}^{-1}$ com 0,50 L de hidróxido de sódio (NaOH) $0,10 \text{ mol L}^{-1}$.

Dados: pKa do ácido etanoico = 4,75
 $\log 0,666 = -0,1765$

Determine o pH da solução-tampão.

- a) 5,25
- b) 4,75
- c) 6,50
- d) 4,00
- e) 5,75

8) Em muitos experimentos químicos em solução, em que são necessárias condições controladas, torna-se imprescindível o uso de soluções tampão. Na medicina e na biologia, o conceito de solução tampão também é muito importante, pois os fluidos biológicos (animais ou vegetais) são, em geral, meios aquosos tamponados. O sangue é um dos sistemas tampão mais importantes e é esse sistema que permite a manutenção das trocas gasosas.

Para simular condições próximas às do fisiológico, precisa-se preparar uma solução tamponada de pH 7,2. Qual a condição necessária para se preparar esse sistema

utilizando hidrogenofosfato de sódio e dihidrogenofosfato de sódio?

Dados: pK_a : NaH_2PO_4 : 7,2; Na_2HPO_4 : 12,7.

- a) $[H_2PO_4^-] = 2 [HPO_4^{2-}]$
- b) $[H_2PO_4^-] = 4 [HPO_4^{2-}]$
- c) $[H_2PO_4^-] = [HPO_4^{2-}]$
- d) $[H_2PO_4^-] = [HPO_4^{2-}]^2$
- e) $[H_2PO_4^-]^2 = [HPO_4^{2-}]$

9) Uma solução-tampão é preparada a partir de 6,4 g de NH_4NO_3 e 0,10 L de solução aquosa 0,080 mol/L de NH_4OH . Sendo assim, determine o pH desta solução:

Dados: $H = 1$; $N = 14$; $O = 16$; $K_b = 1,8 \times 10^{-5}$; $\log 1,8 = 0,26$.

- a) 8,86
- b) 7,82
- c) 8,26
- d) 7,24
- e) 6,84

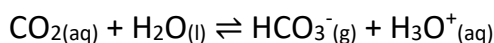
TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

As informações destacadas abaixo foram retiradas do rótulo de um refrigerante “zero açúcar”:

Ingredientes:

Água gaseificada, extrato de nós e cola, cafeína, aroma natural, corante, caramelo IV, acidulante ácido fosfórico, edulcorantes artificiais: ciclamato de sódio (24 mg), acessulfame de potássio 5 mg, e aspartame 12mg, por 100 mL, conservador, benzoato de sódio, regulador de acidez, citrato de sódio. Prazo de validade/lote: vide marcação. Aut. CCI/RJ Ind. Brasileira

A água gaseificada apresenta o seguinte equilíbrio químico:



E ainda estão presentes acidulantes utilizados para realçar o sabor e para inibir o desenvolvimento de microrganismos. Os acidulantes, comumente usados pela indústria alimentícia, são os ácidos cítrico ($C_6H_8O_7$) e

fosfórico (H_3PO_4). Para regular a acidez do meio usa-se o citrato de sódio ($C_6H_7O_7Na$) e para substituir o açúcar usa-se o aspartame ($C_{14}H_{18}N_2O_5$) e o ciclamato de sódio ($NaC_6H_{12}SNO_3$).

10) Com base no texto, considere as afirmativas abaixo.

I. Com a retirada de $CO_{2(aq)}$, o sistema sairá de equilíbrio e o mesmo será deslocado para o lado esquerdo, formando mais reagentes.

II. Com a diminuição da quantidade de $CO_{2(aq)}$ haverá consumo do íon hidrônio ($H_3O^+(aq)$), o que implicará uma elevação no valor do pH do líquido.

III. O valor de pH do líquido geralmente permanece em torno de 3,0. Isto significa concentração do íon hidrônio (H_3O^+) no líquido é 0,003 mol/L.

IV. O valor do pH do refrigerante, após ser aberto, se mantém em 3, devido à formação de um tampão entre um ácido fraco (ácido cítrico) e seu sal derivado (citrato de sódio).

V. As soluções tampões (formadas por ácido fraco/base conjugada) têm a propriedade de resistir a mudanças de pH quando pequenas quantidades de ácidos ou bases lhes são adicionados.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

- a) I, II, III e IV
- b) I, II, III e V
- c) I, III, IV e V
- d) I, II, IV e V
- e) II, III, IV e V

11) Uma infecção ativa por SARS-CoV-2 pode ser detectada pela presença do genoma ou de antígenos do vírus em materiais coletados dos pacientes. Em um dos métodos de detecção, o RT-LAMP, uma transcriptase reversa e uma DNA polimerase agem em conjunto com *primers* específicos para amplificar o genoma do vírus. Se houver vírus na amostra, a reação de amplificação diminui o pH da solução, fazendo com que o indicador de pH mude de cor. Para que esse teste funcione, a reação deve

acontecer necessariamente em um meio:

- a) pouco alcalino.
- b) pouco tamponado.
- c) muito ácido.
- d) muito tamponado.
- e) muito salino.

12) Ao se misturarem 100 mL de solução aquosa $0,100 \text{ mol L}^{-1}$ de ácido propanoico ($K_a = 1,3 \times 10^{-5}$) com 50 mL de solução aquosa da base forte NaOH ($0,100 \text{ mol L}^{-1}$), tem-se uma solução

- a) com pH maior do que 7,0.
- b) cujo pH praticamente não se altera após a adição de 100 mL de água.
- c) cujo pH cai bruscamente ao se adicionarem 20 mL de solução aquosa $0,050 \text{ mol L}^{-1}$ do ácido clorídrico (ácido forte).
- d) de onde se precipita o sal NaCl ao se adicionarem 20 mL de solução aquosa $0,050 \text{ mol L}^{-1}$ do ácido clorídrico (ácido forte).
- e) em que o íon em maior quantidade é o OH^- .

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

DADOS: Constante universal dos gases perfeitos: $0,082 \text{ atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}$.

Elemento	Número atômico	Massa atômica
H	1	1,0
C	6	12,0
N	7	14,0
O	8	16,0
Na	11	23,0
Al	13	27,0
S	16	32,0
Cl	17	35,5
K	19	39,0
Cr	24	52,0
Fe	26	56,0
Ba	56	137,0

13) Por causa de soluções tampões, também chamadas de tamponantes, vacas dão mais leite e nós respiramos melhor. O tamponante representa uma categoria de compostos químicos. Um deles aparece no nosso corpo. É uma mistura derivada de gás carbônico e bicarbonato que facilita o fluxo de oxigênio no

organismo. Assinale a alternativa em que o par de substâncias produz esta solução tampão.

- a) NaHCO_3 ; Na_2CO_3
- b) H_2CO_3 ; Na_2CO_3
- c) H_2CO_3 ; NaHCO_3
- d) H_2CO_3 ; NaOH

14) Soluções tampão são utilizadas para evitar uma variação brusca de pH e são constituídas por um ácido fraco (ou uma base fraca) e o sal do seu par conjugado. Para produzir uma solução tampão, deve-se misturar:

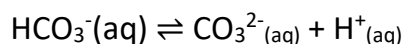
- a) CH_3COOH e H_2SO_4
- b) NH_4OH e KOH
- c) CH_3COOH e CH_3COONa
- d) KOH e NaCl
- e) HCl e KOH

15) O tampão acetato pode ser preparado pela mistura, em solução, de acetato de sódio anidro (CH_3COONa) e ácido acético (CH_3COOH). O pH desse tampão pode variar de 4,0 a 5,4 de acordo com a proporção dessa mistura.

Sobre o tampão acetato, é ERRADO afirmar que:

- a) o pH do tampão acetato depende da proporção entre o ácido acético e seu sal.
- b) o pH da solução tampão nunca se altera após a adição de ácido forte.
- c) o tampão acetato é característico da faixa ácida de pH.
- d) o pH da solução tampão praticamente não se altera após a adição de pequena quantidade de água.
- e) a adição de NaOH ao tampão aumenta a concentração de acetato no meio.

16) As águas dos oceanos apresentam uma alta concentração de íons e pH entre 8,0 e 8,3. Dentre esses íons estão em equilíbrio as espécies carbonato (CO_3^{2-}) e bicarbonato (HCO_3^-), representado pela equação química:



As águas dos rios, ao contrário, apresentam concentrações muito baixas de íons e

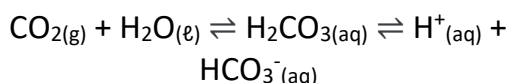
substâncias básicas, com um pH em torno de 6. A alteração significativa do pH das águas dos nos e oceanos pode mudar suas composições químicas, por precipitação de espécies dissolvidas ou redissolução de espécies presentes nos sólidos suspensos ou nos sedimentos.

A composição dos oceanos é menos afetada pelo lançamento de efluentes ácidos, pois os oceanos

- a) contêm grande quantidade de cloreto de sódio.
- b) contêm um volume de água pura menor que o dos rios.
- c) possuem pH ácido, não sendo afetados pela adição de outros ácidos.
- d) têm a formação dos íons carbonato favorecida pela adição de ácido.
- e) apresentam um equilíbrio entre os íons carbonato e bicarbonato, que atuam como sistema-tampão.

17) O pH do sangue humano de um indivíduo saudável situa-se na faixa de 7,35 a 7,45. Para manter essa faixa de pH, o organismo utiliza vários tampões, sendo que o principal tampão do plasma sanguíneo consiste de ácido carbônico e íon bicarbonato.

A concentração de íons bicarbonato é aproximadamente vinte vezes maior que a concentração de ácido carbônico, com a maior parte do ácido na forma de CO_2 dissolvido. O equilíbrio químico desse tampão pode ser representado pela equação:



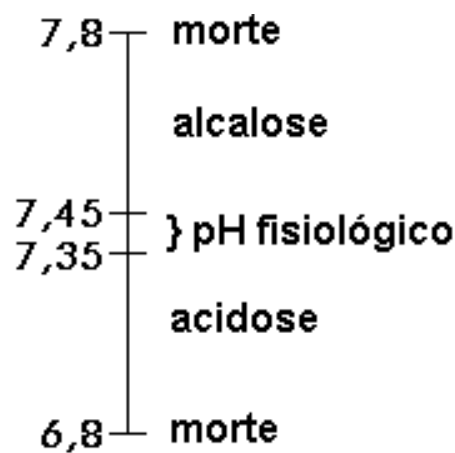
Analise as afirmações seguintes.

- I. Quando uma pequena quantidade de base entra em contato com uma solução tampão, os íons hidróxido reagem com o ácido do tampão, não alterando praticamente o pH dessa solução.
- II. Quando a concentração de íons bicarbonato no sangue aumenta, o pH também aumenta.
- III. Quando a concentração de CO_2 no sangue aumenta, o pH diminui.

São corretas as afirmações:

- a) I, apenas.
- b) II, apenas.
- c) III, apenas.
- d) I e II, apenas.
- e) I, II e III.

18) No plasma sanguíneo há um sistema tampão que contribui para manter seu pH dentro do estreito intervalo 7,35-7,45. Valores de pH fora deste intervalo ocasionam perturbações fisiológicas:



Entre os sistemas químicos a seguir qual representa um desses tampões?

- a) $\text{H}_2\text{CO}_3 / \text{HCO}_3^-$
- b) H^+ / OH^-
- c) HCl / Cl^-
- d) $\text{NH}_3 / \text{OH}^-$
- e) glicose / frutose

19) Um fator importante a ser controlado em uma piscina é o pH da água. Para evitar mudanças bruscas nesse valor, utiliza-se um sistema "tampão".

Qual o par adequado para a preparação de uma solução tampão?

- a) Al_2Cl_6 e NaHCO_3
- b) Al_2Cl_6 e $\text{Al}(\text{OH})_3$
- c) Al_2SO_4 e Al_2Cl_6
- d) Na_2CO_3 e $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$
- e) Na_2CO_3 e NaHCO_3

20) Indique a opção onde são apresentadas as substâncias que podem compor uma solução-

tampão ácida.

- a) HNO_3 e NaNO_3
- b) HI e KI
- c) HCOOH e HCOO^-Na^+
- d) NH_4OH e NH_4NO_2
- e) H_3PO_4 e $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$



GABARITOS

- 1) B
- 2) D
- 3) E
- 4) D
- 5) D
- 6) A
- 7) B
- 8) C
- 9) C
- 10) D
- 11) B
- 12) B
- 13) C
- 14) C
- 15) B
- 16) E
- 17) E
- 18) A
- 19) E
- 20) C

Referencial Teórico:

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Coleção de Química: Parte 01, Parte 02 e Parte 03.** São Paulo: Editora Atica, 2014.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Completamente Química, Ciências, Tecnologia & Sociedade.** São Paulo: Editora FTD S.A., 2001, 624 p.

TITO CANTO. **Química na abordagem do cotidiano, volume 1**, 5ª edição, ed moderna, São Paulo, 2009.

FELTRE, R. **Química Geral.** 7ª edição, ed moderna, São Paulo, 2008.

FELTRE, R. **Físico-Química.** 7ª edição, ed moderna, São Paulo, 2008.

FELTRE, R. **Química Orgânica.** 7ª edição, ed moderna, São Paulo, 2008.

USBERCO, João; Salvador, Edgard. **Química Geral.** 12ª.ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

LEMBO, Antonio; Groto,Robson. **Química - Geral e Orgânica.** 2010.

ATKINS, P.W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente.** 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p.

BROWN, Theodore; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. **Química: a ciência central.** 9 ed. Prentice-Hall, 2005.

ATKINS, Peter W.; JONES, Loretta. **Princípios de Química: questionando a vida moderna o meio ambiente.** 3 ed. Guanabara Koogan, 2006

MENDES, Aristênio. **Elementos de Química Inorgânica,** Fortaleza, 2005.

LEE, JD **Química Inorgânica: não tão Concisa.** Ed. Edgard Blucher Editio, 1ª.ed, 2003.

SOLOMONS, T.w. Graham. **Química Orgânica, 10ª edição, LTC,** 2012

LEHNINGER, AL; NELSON, DL e COX, MM. **Princípios de Bioquímica.** Ed. Artmed, 6ª.ed 2014.