



Química

APL 1.6

Funcionamento de um sistema-tampão: titulação ácido forte-base fraca (HCl e Na₂CO₃)



Índice

Introdução.....	2
Material e Reagentes.....	3
Procedimento.....	4
Perigos específicos e conselhos de segurança.....	5
Cálculos prévios.....	6
Resultados.....	7
Conclusão.....	8
Bibliografia.....	9
Anexos.....	10

Introdução

Uma titulação é uma reação de neutralização entre um ácido e uma base e origina água e um sal. A equação que traduz esta reação é a seguinte:



Esta reação é uma técnica de análise quantitativa que consiste na determinação da concentração de uma solução, o titulado, através da sua reação com outra solução de concentração conhecida, o titulante.

A presente atividade pratico-laboratorial consiste na determinação da concentração de uma solução de Na_2CO_3 , através da titulação de uma base fraca com um ácido forte (HCl). Há efeito tampão quando, antes do ponto de equivalência, as adições de titulante provocam apenas pequenas variações de pH.

O ponto de equivalência deteta-se quando se adiciona pequenas quantidades de titulante ao titulado e a reação entre as soluções está completa. Este ponto é detetado pela variação brusca de uma propriedade física ou química do titulado. Pode ser detetado visualmente através de mudança de cor do indicador (fenolftaleína e o alaranjado de metilo, neste caso com zonas de viragem 8.2 a 10 e 3.2 a 4.4 respetivamente).

Esta atividade laboratorial desenvolve-se a partir das seguintes questões-problema:

Como simular o efeito-tampão do sangue face a variações de pH?
Como funciona um sistema-tampão?

Material

- ρ Medidor de pH;
- ρ Proveta de 25 ml;
- ρ Funil de vidro;
- ρ Gobelés de vidro de 250ml;
- ρ Pipeta volumétrica de 10ml;
- ρ Suporte de buretas;
- ρ Conta-gotas

Reagentes

- ρ Alaranjado de metilo
- ρ Fenolftaleína
- ρ Solução-padrão de HCl $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$
- ρ Solução aquosa a dosear Na_2CO_3 0.1 mol dm^{-3}

Procedimento

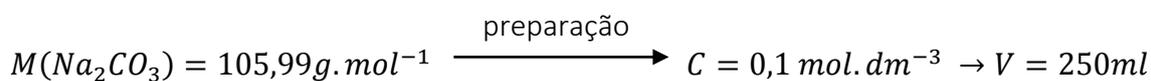
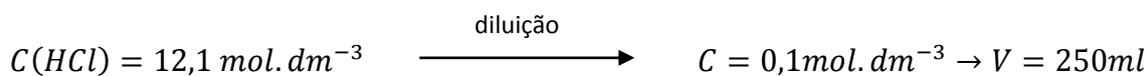
1. Preparar um medidor de pH ou um sensor de pH (utilizando, por exemplo, uma máquina de calcular gráfica) para efetuar a medição e o registo dos valores do pH ao longo da titulação.
2. Preparar uma tabela para fazer o registo de V (titulante) e de pH.
3. Medir, para um copo, previamente preparado, 10,00 ml da solução de carbonato de sódio e 20 ml de água desionizada medida com proveta.
4. Adicionar 2-3 gotas de fenolftaleína. A solução deve ficar carmim.
5. Preparar uma bureta com a solução-padrão de HCl.
6. Introduzir na solução do titulado um medidor de pH ou um sensor de pH.
7. Adicionar o titulante (1 cm³ de cada vez) e registar o volume de titulante adicionado e o valor de pH do titulado, após agitação.
8. Próximo do primeiro ponto de equivalência, adicionar o titulante, gota a gota, até ao desaparecimento da cor do indicador (evitar a adição de excesso de ácido). Anotar o volume total gasto (V_1).
9. Juntar, em seguida, três gotas de alaranjado de metilo. A solução deve ficar amarela.
10. Continuar a adicionar a solução de HCl e a medir o volume e o pH do titulado, até mudança de cor para rosa. Anotar o volume total gasto (V_2).
11. Repetir os ensaios até obter três valores concordantes para os volumes de ácido gastos (< 0,10ml).
12. Esvaziar a bureta, lavar convenientemente e deixar tapada e com a torneira aberta.
13. Traçar a curva de titulação pH f (volume de titulante).
14. Calcular a concentração da solução de carbonato de sódio.

Perigos específicos e conselhos de segurança

Reagente	Frases R	Frases S
Ácido clorídrico (HCl)		S9, S26, S36, S37, S39, S45
Carbonato de sódio (Na ₂ CO ₃)		S22, S26

Mais informação sobre segurança [aqui](#).

Cálculos Prévios



HCl

$$\begin{aligned} C_1 V_1 &= C_2 V_2 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow 12,1 \times V_1 &= 0,1 \times 250 \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow V_1 &= \frac{0,1 \times 250}{12,1} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow V_1 &= 2 \text{ ml} \end{aligned}$$

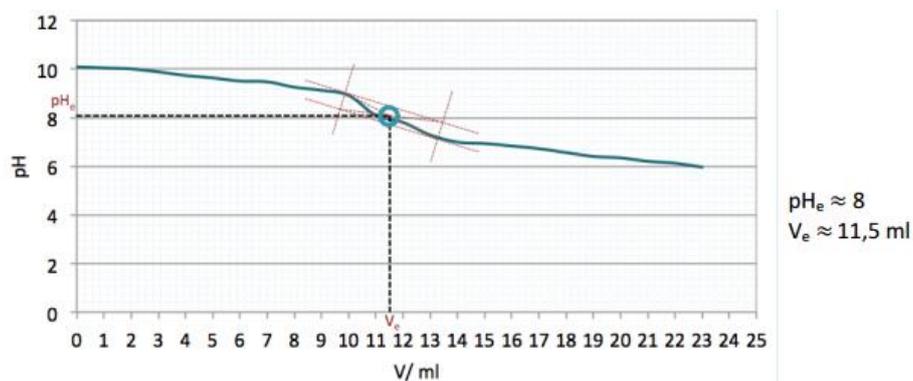
Na₂CO₃

$$\begin{aligned} C &= \frac{n}{V} \Leftrightarrow 0,1 = \frac{n}{25 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow n &= 0,1 \times 25 \times 10^{-3} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow n &= 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \\ \\ M &= \frac{m}{n} \Leftrightarrow 105,99 = \frac{m}{2,5 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow m &= 2,65 \text{ g} \end{aligned}$$

Resultados

V (ml)	pH	Cor
0	10.11	Carmim
1	10.05	Carmim
2	10.01	Carmim
3	9.89	Carmim
4	9.74	Carmim
5	9.64	Carmim
6	9.51	Carmim
7	9.48	Carmim
8	9.26	Carmim
9	9.13	Carmim
10	8.92	Amarelo
11	8.1	Amarelo
12	7.81	Amarelo
13	7.29	Amarelo
14	7.00	Amarelo
15	6.94	Amarelo
16	6.84	Amarelo
17	6.73	Amarelo
18	6.57	Amarelo
19	6.41	Amarelo
20	6.35	Amarelo
21	6.21	Amarelo
22	6.13	Amarelo
23	5.97	Amarelo

Curva de titulação



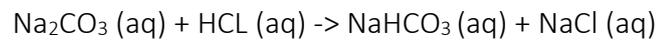
Questões pós-laboratoriais

1. Justifique os cuidados de segurança respeitados durante este trabalho laboratorial.
2. Analise o gráfico da titulação e identifique as zonas em que o titulado apresenta propriedades tampão. Justifique.
3. Indique a composição aproximada do titulado nessas zonas.
4. Calcule a relação entre os volumes V_1 e V_2 . Justifique a relação encontrada.
5. Sugira uma explicação para o efeito tampão do sangue.
6. Calcule a concentração rigorosa da solução de Na_2CO_3 , apresentando as etapas de resolução.

-
1. Nesta APL trabalha-se com ácidos e bases que, em contacto com a pele, provocam lesões.
 2. Entre os 0 e 10 ml e, sensivelmente, os 15 e o fim do gráfico, pode identificar-se propriedades tampão devido à baixa variação de pH.
 3. No início, a solução contém os iões Na^+ (aq) + CO_3^{2-} (aq), provenientes da dissolução do carbonato de sódio: Na_2CO_3 (aq) + H_2O (l) \rightarrow 2 Na^+ + CO_3^{2-} (aq). No intervalo de tempo correspondente ao primeiro efeito tampão (0-10ml) ocorre a seguinte reação: H_3O^+ (aq) + CO_3^{2-} (aq) \rightarrow HCO_3^- (aq) + H_2O (l). No intervalo de tempo correspondente ao segundo efeito tampão (15-fim) ocorre a reação: H_3O^+ (aq) + HCO_3^- (aq) \rightarrow H_2CO_3 (aq) + H_2O (l).
 4. Não é possível responder a esta pergunta porque só temos o V_1 , pois não realizámos a experiência até ao segundo ponto de equivalência.
 5. O sistema tampão constituído pelo bicarbonato e pelo ácido carbónico tem características especiais nos líquidos do organismo. O ácido carbónico é um ácido bastante fraco e a sua dissociação em iões hidrogénio e iões bicarbonato é mínima, em comparação com outros ácidos. Assim, quando um ácido é produzido no organismo, o sal do sistema tampão reage com o mesmo, produzindo dióxido de carbono e água. O dióxido de carbono em excesso no organismo é eliminado pelos pulmões. Quando uma base é produzida no organismo, o ácido do sistema tampão reage com a mesma, produzindo bicarbonato de sódio e água. O bicarbonato em excesso é eliminado pelos rins. Por estes motivos, quando há esforços intensos, com consequente formação de ácido láctico nos músculos, o pH do sangue não varia porque o sal do sistema tampão reage com o ácido láctico.

6. Concentração da solução de carbonato de sódio

Ponto de equivalência correspondente à viragem da fenofaleína



Interpretação da tabela de registo

Volume de titulante adicionado até à viragem da fenofaleína: 10 ml

Concentração de Na_2CO_3 , c_b :

$$\begin{aligned} n_{\text{ácido}} &= n_{\text{base}} \Leftrightarrow c_a V_a = c_b V_b \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow 0,10 \times 10 \times 10^{-3} = c_b \times 10,00 \times 10^{-3} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow c_b = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol.dm}^{-3} \end{aligned}$$

Incerteza relativa (%): 0

Interpretação do gráfico

Volume equivalente: 11,5 ml

Concentração de Na_2CO_3 , c_b :

$$\begin{aligned} n_{\text{ácido}} &= n_{\text{base}} \Leftrightarrow c_a V_a = c_b V_b \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow 0,10 \times 11,5 \times 10^{-3} = c_b \times 10,00 \times 10^{-3} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow c_b = 1,15 \times 10^{-1} \text{ mol.dm}^{-3} \end{aligned}$$

Erro relativo (%):

$$E_r (\%) = \frac{|1,15 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^{-1}|}{1,0 \times 10^{-1}} \times 100 = 15\%$$

Conclusão

O efeito tampão do sangue face a variações de pH pode ser simulado pelas seguintes equações químicas:

- (1) $Na_2CO_3(aq) \rightarrow 2Na(aq) + CO_3^{2-}(aq)$
(Dissolução do sal)
- (2) $CO_3^{2-}(aq) + HNO_3(aq) \rightarrow HCO_3^-(aq) + NO_3^-(aq)$
- (3) $HCO_3^-(aq) + HNO_3(aq) \rightarrow H_2CO_3(aq) + NO_3^-(aq)$

Os tampões, denominação traduzida do original inglês "buffer" (amortecedor), são as substâncias que limitam as variações do pH do sangue e demais líquidos orgânicos, ao se combinarem com os ácidos ou as bases que alcançam aqueles líquidos. As substâncias que constituem os tampões agem aos pares ou, menos comumente, em grupos, constituindo um sistema protetor. Um sistema tampão é constituído por um ácido fraco e o seu sal, formado com uma base forte. O ácido fraco e o sal do sistema tampão, em condições normais, existem em uma relação constante, que o organismo tende a preservar. Se gotejarmos continuamente ácido clorídrico em água durante um intervalo de 90 minutos, verificamos que o pH da água passa de 7 para 1,84. Se administrarmos proporcionalmente, a mesma quantidade de ácido clorídrico a um cão no mesmo período de tempo, verificamos que o pH do sangue do animal passa de 7,44 para 7,14. A diferença de comportamento diante da mistura com o ácido clorídrico reflete a atuação dos sistemas tampão do plasma do animal, que impedem a variação mais acentuada do pH.

Simulador de sistema-tampão:

<http://www.mhhe.com/physci/chemistry/essentialchemistry/flash/buffer12.swf>

Nesta APL a determinação do ponto de equivalência não é muito precisa devido a imprecisões tais como o mau funcionamento da torneira da bureta.

Bibliografia

SOBRINHO SIMÕES, Teresa; ALEXANDRA QUEIRÓS, Maria; OTILDE SIMÕES, Maria - *Ontem e Hoje – Química 11*. Porto: Porto Editora, 2013

<https://prezi.com/bskduep2jlhw/atividade-laboratorial-16-funcionamento-de-um-sistema-tamp/>