



## Química

### APL 2.3

## Determinação da entalpia de neutralização da reação $\text{NaOH (aq)} + \text{HCl (aq)}$



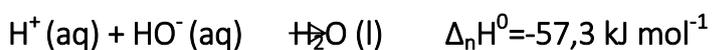
# Índice

|   |    |
|---|----|
| Introdução.....                                   | 2  |
| Material e Reagentes.....                         | 3  |
| Procedimento.....                                 | 4  |
| Perigos específicos e conselhos de segurança..... | 5  |
| Cálculos prévios.....                             | 6  |
| Resultados.....                                   | 7  |
| Erro Relativo.....                                | 9  |
| Conclusão.....                                    | 10 |
| Bibliografia.....                                 | 11 |

## Introdução

Existem reações químicas que são exotérmicas, ou seja, libertam calor, provocando uma subida de temperatura no meio circundante ou sistema. Estes efeitos permitem a utilização de métodos de calorimetria baseadas na medição do calor libertado ou na deteção de variações de temperatura. Além das reações de queima de combustíveis, existem outras reações exotérmicas como oxidação de metais e neutralização de um par ácido-base.

A entalpia de neutralização é o calor produzido quando um ácido e uma base reagem em solução aquosa para produzir uma mole de água:



$$\Delta_n H^0 = \frac{q_{\text{neut}}}{n}$$

O valor de entalpia pode ser medido por uma técnica de calorimetria em condições praticamente adiabáticas (mantendo desprezáveis as perdas de calor para o exterior. Nestas condições, a entalpia de neutralização será igual em valor absoluto ao calor sensível da solução neutralizada, com sinal contrário, isto é,  $q_{\text{sol}} + q_{\text{neut}} = 0$  em que  $q_{\text{sol}}$  pode ser calculado pela equação:

$$q_{\text{sol}} = m_{\text{sol}} c_{\text{sol}} \Delta T$$

Onde:

$m_{\text{sol}}$  – massa da solução

$c_{\text{sol}}$  – capacidade calorífica mássica da solução

$\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$  da solução

A precisão destas medidas caloríficas pode ser reduzida devido à imprecisão dos instrumentos de medida de temperatura ou pela perda de calor para o exterior, que depende da qualidade do isolamento.

Esta atividade laboratorial desenvolve-se a partir da seguinte questão-problema:

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

## Material

- ρ Agitador magnético
- ρ Bureta automática Dr. Schilling
- ρ Gobelés de 100 mL
- ρ Pipeta volumétrica de 20,00 mL
- ρ Recipiente de material isolante térmico
- ρ Termómetro

## Reagentes

- ρ Solução de HCl  $1,000 \text{ mol dm}^{-3}$
- ρ Solução de NaHO  $1,000 \text{ mol dm}^{-3}$
- ρ Indicador ácido-base (azul bromotimol)

## Procedimento

1. Encher bureta de Schilling, com os devidos cuidados, com a solução de HCl
2. Medir 20,00 mL de solução de NaHO  $1,000 \text{ mol dm}^{-3}$  para o copo
3. Colocar o copo dentro de um material isolante
4. Colocar a barra magnética e ligar o agitador magnético
5. Mergulhar o termómetro na solução
6. Iniciar a titulação com adições sucessivas de 1 mL de titulante, fazendo registos de valores de volume até um total de 16 mL
7. Continuar a titulação com adições de 0,5 mL de titulante, até 25 mL, registando o valor do volume após cada adição.

## Perigos específicos e conselhos de segurança

| Reagente                  | Frases R      | Frases S                        |
|---------------------------|---------------|---------------------------------|
| Ácido clorídrico (HCl)    | R35, R36, R38 | S9, S26, S36, S37, S39, S45     |
| Hidróxido de sódio (NaHO) | R35, R36, R38 | S1, S2, S26, S36, S37, S39, S45 |



Mais informação sobre segurança [aqui](#).

## Cálculos Prévios

### HCl

$$[\text{HCl}]_f = 1\text{M}$$

$$[\text{HCl}]_i = 12\text{M}$$

$$V_f = 100 \text{ mL}$$

$$C_i V_i = C_f V_f \leftrightarrow 12 * V_i = 1 * 100 \leftrightarrow \frac{100}{12} \leftrightarrow V_i = 8,3 \text{ mL}$$

Diluir 8,3 mL de HCl 12M em 100 mL de água

### NaHO

$$M(\text{NaHO}) = 40\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$V_f = 100\text{mL}$$

$$C_f = 1\text{M}$$

$$C_f = \frac{n}{V}$$

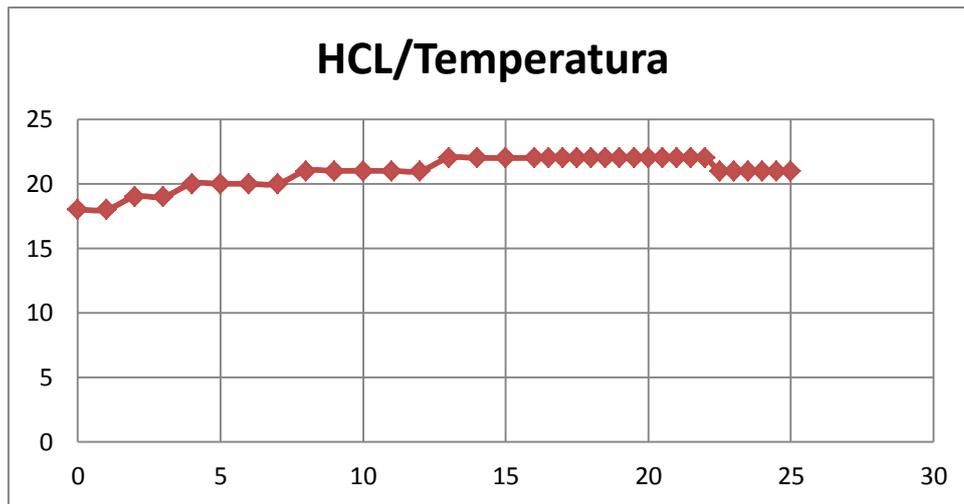
$$n = C_f * V_f \leftrightarrow n = 1 * 100 * 10^{-3} \leftrightarrow n = 0,1 \text{ mol}$$

$$M = \frac{m}{n} \leftrightarrow 40 = \frac{m}{0,1} \leftrightarrow m = 40 * 0,1 \leftrightarrow m = 4,0\text{g}$$

Dissolver 4g de NaHO em 100mL de água.

## Resultados

| HCl<br>adicionado<br>(ml) | $\Theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )<br>$\Theta$ Inicial: 18 | HCl<br>adicionado<br>(ml) | $\Theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|---------------------------|---|---------------------------|---------------------------------|
| 0                         | 18  | 22,5                      | 21                              |
| 1                         | 18  | 23                        | 21                              |
| 2                         | 19  | 23,5                      | 21                              |
| 3                         | 19  | 24                        | 21                              |
| 4                         | 20  | 24,5                      | 21                              |
| 5                         | 20  | 25                        | 21                              |
| 6                         | 20  |                           |                                 |
| 7                         | 20  |                           |                                 |
| 8                         | 21  |                           |                                 |
| 9                         | 21  |                           |                                 |
| 10                        | 21  |                           |                                 |
| 11                        | 21  |                           |                                 |
| 12                        | 21  |                           |                                 |
| 13                        | 22  |                           |                                 |
| 14                        | 22  |                           |                                 |
| 15                        | 22  |                           |                                 |
| 16                        | 22  |                           |                                 |
| 16,5                      | 22  |                           |                                 |
| 17                        | 22  |                           |                                 |
| 17,5                      | 22  |                           |                                 |
| 18                        | 22  |                           |                                 |
| 18,5                      | 22 (mudança de cor)                                     |                           |                                 |
| 19                        | 22  |                           |                                 |
| 19,5                      | 22  |                           |                                 |
| 20                        | 22  |                           |                                 |
| 20,5                      | 22  |                           |                                 |
| 21                        | 22  |                           |                                 |
| 21,5                      | 22  |                           |                                 |
| 22                        | 22  |                           |                                 |



## Cálculo da entalpia-padrão de neutralização:

$$m_{sol} = 1,037 \times 38,5 \times 10^{-3} \Leftrightarrow m_{sol} = 0,03992 \text{ Kg}$$

$$\Delta T = 22 - 18 \Leftrightarrow \Delta T = 4$$

$$q_{sol} = m_{sol} \times c_{sol} \times \Delta T \Leftrightarrow q_{sol} = 0,03992 \times 3,90 \times 4 \Leftrightarrow q_{sol} = 0,62275 \text{ KJ}$$

$$q_{neut} = 0 - q_{sol} \Leftrightarrow q_{neut} = 0 - 0,62275 \Leftrightarrow q_{neut} = -0,62275 \text{ KJ}$$

$$n_{(água \text{ final})} = n_{(ácido \text{ consumido})} = C \times V = 1 \times 18,5 \times 10^{-3} = 0,0185 \text{ mol}$$

$$\Delta nH^0 = \frac{q_{neut}}{n_{(água \text{ final})}} \Leftrightarrow \Delta nH^0 = \frac{-0,62275}{0,0185} \Leftrightarrow \Delta nH^0 = -33,66 \text{ KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

## Erro relativo

$$e(\%) = \left| \frac{V_{\text{tabelado}} - V_{\text{exato}}}{V_{\text{tabelado}}} \right| * 100 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow e(\%) = \left| \frac{-57.3 - (-33.66)}{-57.3} \right| * 100$$

$$\Leftrightarrow e(\%) = 41.3\%$$

## Conclusão

Como se pode observar no gráfico não há um ponto máximo pois a temperatura manteve-se constante dos 13mL a 21,5mL de ácido adicionado. Esse valor máximo atingido é de 22°C.

Utiliza-se o valor máximo 18,5mL porque foi onde aconteceu a mudança de cor do indicador de pH.

Como se pode observar pelo cálculo da entalpia-padrão é muito diferente do valor tabelado pelo que o erro também é considerável. Este valor de erro pode dever-se às perdas de calor entre cada adição de ácido e pelas correntes de ar existentes no laboratório.

## 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/>