

# DENSIDADE RELATIVA DE LÍQUIDOS

## Método do Picnômetro

### 1- Introdução

Os estados da matéria podem, de forma simplificada, ser agrupados em sólido, líquido e gasoso. Uma das propriedades macroscópicas que geralmente distingue esses três estados da matéria é a densidade específica (massa/volume), pois para materiais comuns do dia a dia, a densidade de gases é menor do que a de líquidos, e as dos líquidos menor ainda do que a dos sólidos, embora neste último caso haja muitas exceções. A densidade é uma grandeza *intensiva*, isto é, não depende da quantidade de matéria. Assim, a densidade da água pura contida em um litro ou numa colher de 5 ml é a mesma. De forma geral, se a substância é homogênea, então a sua densidade é a mesma em todos os pontos do volume que ocupa. A densidade depende do tipo de substância, mas é em geral influenciada pela temperatura e pela pressão.



**Figura 1.** Robert Boyle, físico e químico Irlandês (1627, 1692) : Lei de Boyle:  $PV = k$

No presente contexto, o termo densidade tem o significado de “massa específica”. Contudo, o termo é também comumente empregado em outros contextos, para designar, em geral, o grau de concentração de grandezas físicas num determinado volume, como energia, partículas, população, etc.

No caso particular da massa específica, esta é determinada principalmente pela concentração de nucleons, isto é prótons e neutros, num determinado volume.

### 2 Objetivos

- i- Medir densidade relativa de líquidos, utilizando o método dos picnômetros.
- ii- Aplicar conceitos da teoria dos erros (erro e propagação de erros) no tratamento estatístico de medidas *indiretas*, comparando assim as estimativas de erros acidentais com erros inerentes do equipamento utilizados no experimento.

### 3 Contexto Teórico

*Densidade absoluta* ou massa específica de uma substância qualquer de massa  $m$  e volume  $V$  é definida por

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

ou seja, é a razão entre a massa de um corpo pelo volume que o mesmo ocupa.

*Densidade relativa* é definida pela razão entre as densidades absolutas de duas substâncias

$$\rho_{1,2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad (2)$$

onde  $\rho_2$  é geralmente escolhida como padrão. É comum considerar a água como tal padrão, pois além da conveniência de sua abundância, sua densidade absoluta

$\rho_{\text{água}} \cong 1,00 \text{ g/cm}^3$  para temperatura ambiente ( $25^\circ\text{C}$ ).

*Picnômetro.* Trata-se de um pequeno frasco de vidro construído cuidadosamente de forma que o volume do fluido que contenha seja invariável. Ele possui uma abertura relativamente larga para facilitar a sua utilização, e tampa de vidro esmerilhada, com uma perfurada na forma de um fino tubo longitudinal. Neste experimento vamos utilizá-lo para medir a densidades relativas de líquidos; a mesma técnica também pode ser utilizada para a determinação da densidade relativa de sólidos.

*Usando o picnômetro para medir a densidade do etanol em relação à água.*

Sejam:

- $m_1$  a massa do picnômetro vazio,

- $m_2$  a massa do picnômetro cheio com o líquido etanol, cuja densidade relativa se deseja determinar, e
- $m_3$  a massa do picnômetro cheio de água pura.

A densidade relativa do líquido em questão é obtida a partir da equação acima:

$$\rho_{ETANOL, H_2O} = \frac{m_{ETANOL}}{m_{H_2O}}, \quad (3)$$

onde:

$m_{ETANOL} = m_2 - m_1$  é a massa do líquido em questão que ocupa o volume  $V$  do picnômetro, e  $m_{H_2O} = m_3 - m_1$ , é a massa da água pura que ocupam o mesmo volume  $V$ .

Este resultado pode ser demonstrado facilmente, por meio da aplicação do conceito de *densidade* (Eq.1), e pela definição de *densidade relativa* (Eq.2), ou seja:

$$\rho_{2,1} = \frac{m_2/V}{m_1/V} \quad (4)$$

Note que se o mesmo volume  $V$  for utilizado (picnômetro), eles se cancelam na Eq. (4) acima, produzindo o resultado da Eq. (3).

Nota: a densidade é uma propriedade da matéria que depende da temperatura. Em geral os materiais (sólidos e fluidos) mudam o seu volume (em geral aumentam) com a temperatura, alterando assim sua densidade (ver Eq. (1)). Portanto, a densidade de qualquer material deve ser acompanhada da temperatura em que foi determinada.

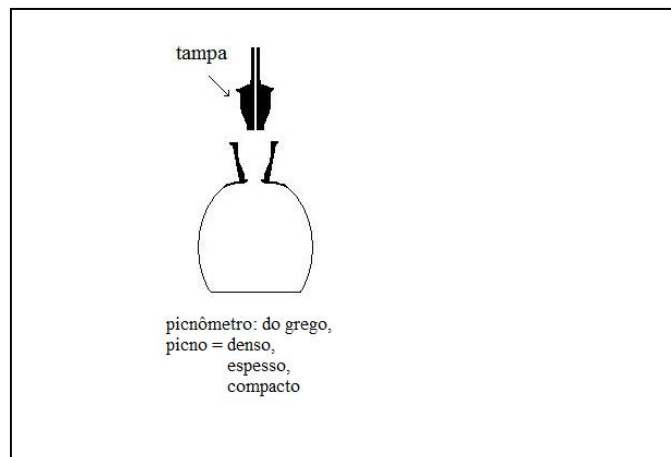
## 4 Técnicas e Procedimentos

### Material empregado:

Balança elétrica, *becker*, picnômetro de 10ml (Fig.2), termômetro, água destilada, álcool etílico.

### Cuidados preliminares:

- Não toque o picnômetro com os dedos (proteja-os com papel absorvente).
- Eliminar cuidadosamente as bolhas de ar que se aderem à superfície interna do picnômetro.
- Lavar muito bem o picnômetro na troca de líquidos, usando na última etapa da lavagem (sempre que possível) o líquido da pesagem seguinte.
- Secar o picnômetro externamente, evitando tocar na parte superior do mesmo (tampa).
- Anote a temperatura de trabalho.



**Figura 2 - Picnômetro.** Em geral se apresenta na forma de um pequenos frasco de vidro (10 ou 20 ml) e possuem tampa e gargalo esmerilhados para aumentar a precisão do volume do líquido que contém. A figura da direita ilustra detalhes

### 4.1 Pesagem com o o picnômetro

- Pesar o picnômetro vazio ( $m_1$ )
- Pesar o picnômetro repleto com o líquido em questão (ETANOL), até completar todo o volume da tampa do capilar ( $m_2$ ).
- Pesar o picnômetro repleto de *água destilada* ( $m_3$ ). A água é utilizado como líquido padrão de referência na determinação de densidade relativa de líquidos.

De posse de  $m_1$ ,  $m_2$ , e  $m_3$ , a massa  $m_{ETANOL}$  do líquido que ocupa o volume  $V$  do picnômetro, e a massa  $m_{H_2O}$  da água que ocupa o mesmo volume  $V$  podem ser finalmente determinadas por meio de operações algébricas, e assim se pode obter a densidade relativa (em relação à água) do substância em questão aplicando-se a Eq.3.

## 5 Relatório

### Instruções específicas

- 1- Os alunos devem se alternar nas medidas, perfazendo um total de 6 medidas independentes da massa dos objetos e materiais envolvidos (piquinômetro vazio e piquinômetro cheio com etanol e água).
- 2- O resultado numérico do experimento corresponde à determinação da densidade relativa do etanol em relação a água, na temperatura ambiente, a qual deve ser constatada e relatada (temperatura dos líquidos em equilíbrio com a temperatura Laboratório, no momento da medida).

### Tratamento das Medidas

Propagação de erros para os casos de:

\*soma (ou subtração), com  $\bar{m}_{ETANOL} = \bar{m}_2 - \bar{m}_1$ , o erro constantes em cada parcela, a saber,  $\sigma_{\bar{m}_1}$  e  $\sigma_{\bar{m}_2}$ , se combinam para determinar o erro em  $\bar{A}$ , da seguinte forma:

$$\sigma_{\bar{m}_{ETANOL}} = \sqrt{\sigma_{\bar{m}_2}^2 + \sigma_{\bar{m}_1}^2}$$

\*multiplicação de potências, com  $\bar{\rho}_{ETANOL,H_2O} = \bar{m}_{ETANOL} / \bar{m}_{H_2O}$ , os erros  $\sigma_{\bar{m}_{ETANOL}}$  e  $\sigma_{\bar{m}_{H_2O}}$  determinam o erro em  $\sigma_{\bar{\rho}_{ETANOL,H_2O}}$  da seguinte forma:

$$\sigma_{\bar{\rho}_{ETANOL,H_2O}} = \bar{\rho}_{ETANOL,H_2O} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\bar{m}_{ETANOL}}}{\bar{m}_{ETANOL}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\bar{m}_{H_2O}}}{\bar{m}_{H_2O}}\right)^2}$$