

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS: DENSIDADE E VISCOSIDADE

OBJETIVOS

Medir a densidade de diferentes líquidos e de um metal. Calcular a viscosidade absoluta desses líquidos utilizando a viscosidade tabelada da água como referencial.

INTRODUÇÃO

A densidade (ρ) de um material é definida como a razão entre a massa (m) e o volume (V) a uma dada temperatura e pressão, sendo, então, calculada pela fórmula:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

com unidade de (kg/m^3) no Sistema Internacional (SI), mas com outra unidade muito utilizada em química, que é o (g/cm^3) no CGS (acrônimo para Centímetro–Gramma–Segundo). Na literatura, é comum encontrar valores de densidades obtidos a 1 atm e 20 °C ou 25 °C, mas é importante também conhecer como a densidade varia com a temperatura para cada material.

Como o volume costuma aumentar com o aumento da temperatura, a densidade diminui. Existem algumas exceções como o caso da água, entre 0 e 4 °C, em que a densidade aumenta com o aumento da temperatura devido à quebra e rearranjo de interações do tipo ligação hidrogênio que levam à diminuição do volume. Embora o efeito da pressão sobre a densidade dos gases seja bastante significativo, a variação da pressão afeta muito pouco a maioria dos líquidos e sólidos. Para se ter uma ideia, é necessário um aumento de milhares de vezes na pressão para mudar em apenas 1% a densidade da água. As forças intermoleculares de atração e repulsão são as que determinam as magnitudes destes efeitos em cada substância.

Existem relatos antigos do uso de medidas de densidades na identificação de distintos metais. O mais famoso deles conta que Arquimedes utilizava medidas dos volumes de água deslocados por massas conhecidas para estimar a pureza de objetos feitos de ligas de ouro, porém a veracidade do uso desta técnica nesse relato é questionável devido à necessidade de se medir pequenas variações de volume com extrema precisão, para poder, assim, diferenciar ligas metálicas com densidades similares.

Na primeira parte desta prática, serão calculadas as densidades da água e de duas soluções aquosas pela medida da massa de um volume conhecido, a uma dada temperatura. Na segunda parte, a técnica do volume de água deslocado será empregada para diferenciar metais com diferenças razoáveis nas densidades.

A viscosidade de um fluido é a resistência à deformação ou ao escoamento e pode ser entendida como uma fricção interna. Existe mais de uma definição para a viscosidade, entretanto, a mais comum, abordada nesta prática, é a **Viscosidade Absoluta**, também chamada de **Coefficiente de Viscosidade Dinâmica**, representada pela letra grega μ , cuja unidade no SI é o Pa.s ($\text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2} = \text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$). A unidade mais usual é o *poise* ($P = 0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$), ou ainda o *centipoise* ($\text{cP} = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s}$). O nome da unidade foi atribuído em homenagem ao médico fisiologista francês *Jean Louis M. Poiseuille*, que, em 1846, publicou estudos sobre o fluxo laminar de *fluidos Newtonianos*. Em especial, seu interesse era entender o fluxo do sangue em artérias, veias e vasos capilares. Outra definição é a chamada **Viscosidade Cinemática**, obtida dividindo-se a viscosidade absoluta pela densidade do líquido, cuja unidade usual é o Stokes ($\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$). A escolha do nome homenageia o físico-matemático irlandês *Sir George Gabriel Stokes* que, a partir de 1842, publicou importantes contribuições na área de dinâmica de fluidos.

Fluidos cujas viscosidades absolutas dependem apenas da temperatura e pressão, e não das forças de escoamento, são denominados *Fluidos Newtonianos*. Esse tipo de comportamento é apresentado por grande parte dos líquidos e soluções, sendo a água um exemplo típico. A viscosidade dos líquidos tende a diminuir com o aumento da temperatura, enquanto que a variação da pressão exerce efeitos mínimos, exceto para altíssimas pressões. Contribuições da energia cinética das moléculas, forças

intermoleculares de atração e repulsão irão determinar a viscosidade do líquido, além do tipo e magnitude do efeito da temperatura sobre esta propriedade.

Existem diversas técnicas para se obter experimentalmente as viscosidades. Na terceira parte desta prática, as viscosidades de duas soluções serão calculadas em relação à da água (fluido de referência), cuja viscosidade é tabelada, previamente determinada por outra técnica. As viscosidades da água são facilmente encontradas na literatura para uma ampla faixa de temperaturas e, por isso, trata-se de uma boa escolha como líquido de referência. As densidades de outros líquidos ou soluções (ρ), e seus tempos de escoamento (t), cujas viscosidades absolutas (μ) desejam ser calculadas, serão determinados experimentalmente e empregados na seguinte fórmula:

$$\mu = \frac{\mu_{H_2O} \cdot (t \cdot \rho)}{t_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O}}$$

Portanto, para realizar o cálculo utilizando a equação acima, é necessário conhecer a viscosidade da água (μ_{H_2O}), tabelada, assim como seu tempo de escoamento (t_{H_2O}) e sua densidade (ρ_{H_2O}), propriedades que serão determinadas, neste experimento, nas mesmas condições experimentais que as das soluções no momento da realização da prática. É importante ressaltar que todas as grandezas empregadas na fórmula anterior dependem da temperatura e, portanto, devem ser obtidas, no momento da prática, em igual temperatura para que se chegue a valores mais exatos das viscosidades das soluções.

Um erro típico é acreditar que líquidos com tempos de escoamento (t) maiores são necessariamente mais viscosos do que outros com tempos menores. Entretanto, a fórmula anterior nos leva a concluir que o que determina a viscosidade não é somente o tempo de escoamento, mas, sim, o seu produto com a densidade do líquido. Isso será verificado experimentalmente na terceira parte desta prática.

Tabela 1.1: Densidades e viscosidades da água em diferentes temperaturas à pressão de 1 atm. [ref.1]

T (°C)	ρ (g/cm ³)	μ (cP)
15	0,9991	1,1390
16	0,9989	1,1090
17	0,9988	1,0810
18	0,9986	1,0530
19	0,9984	1,0270
20	0,9982	1,0020
21	0,9980	0,9779
22	0,9978	0,9548
23	0,9975	0,9325
24	0,9973	0,9111
25	0,9970	0,8904
26	0,9968	0,8705
27	0,9965	0,8513
28	0,9962	0,8327

Parte 1: Densidade de Líquidos

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais

- Balão volumétrico de 100 mL sem tampa 
- Termômetro
- Balança 
- Béquer de 250 mL 

Reagentes

- Água destilada
- Solução saturada de NaCl
- Solução glicerina:água (1:1, v/v)

PROCEDIMENTO

Nesta parte, serão calculadas as densidades, à temperatura ambiente, de três líquidos na seguinte ordem: Água destilada, solução saturada de NaCl e solução [glicerina/água].

Siga as instruções abaixo para cada líquido.



ATENÇÃO: Faça as pesagens utilizando SEMPRE a mesma balança para evitar possíveis erros e, antes de cada medição, verifique se a balança está zerada!

1. Pese na balança um balão volumétrico de 100 mL, seco, e anote sua massa em gramas: M1
2. Preencha o balão com o líquido até aproximadamente 1 cm abaixo da marca.
3. Utilize um conta-gotas (Pipeta de Pasteur) para completar o volume exatamente até a marca do balão (menisco).
4. Pese na balança o balão volumétrico, contendo o líquido, e anote a massa em gramas: M2
5. Transfira o líquido do balão para um béquer e coloque o termômetro. Quando a leitura da temperatura estabilizar, anote seu valor na tabela abaixo.
6. Calcule a massa do líquido ($M3 = M2 - M1$) e sua densidade ($\rho = M3 / 100 \text{ mL}$).
7. Repita o procedimento, a partir do item 2, para cada líquido e complete a tabela abaixo.

Resultados

Balão seco : M1 (g) =

	M2 balão + líquido	M3 Líquido	Densidade (ρ) g/mL	Temperatura °C
Água destilada				
Solução NaCl				
Glicerina/água				



DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS: Reserve as soluções utilizadas nessa parte do experimento, pois elas serão reutilizadas na **Parte 3!**

Parte 2: Densidade de Sólidos

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais

- Vidro-relógio
- Espátula 
- Balança
- Proveta de 25 mL 

Reagentes

- Água da torneira
- Alumínio metálico
- Estanho metálico

PROCEDIMENTO

Nesta parte, serão calculadas as densidades, à temperatura ambiente, de dois sólidos cujas densidades são maiores do que a da água. Siga as instruções abaixo para cada um dos sólidos.

1. Pese em um vidro-relógio pelo menos 10 g do sólido (anote a massa exata): M
2. Coloque água da torneira até a marca aproximada de 14 mL em uma proveta de 25 mL e utilize uma pipeta de Pasteur para adicionar água na proveta até a marca exata de 15 mL (V_i) (verifique o menisco – Figuras 1 e 2 da página 9 da apostila).
3. Transfira todo o sólido para a proveta **com cuidado** para não quebrar a vidraria e para não saltar água, evitando a perda do líquido para o meio ou para a parte superior da proveta. Certifique-se de que todo o sólido está submerso e que não há bolhas de ar. Caso o sólido não tenha sido completamente submerso, retire-o da proveta e acrescente mais água, verificando novamente o menisco e anotando corretamente o novo volume V_i .
4. Anote o volume total marcado pela água na proveta após submersão do sólido: V_t
5. Calcule o volume do sólido: $V_s = V_t - V_i$
6. Calcule a densidade do sólido: $\rho = M / V_s$
7. Repita o procedimento para o outro sólido, completando a tabela abaixo.

Resultados

Sólido	M (g) Massa do sólido	V_i (mL) Volume inicial	V_t (mL) Volume total	V_s (mL) Volume do sólido	Densidade (ρ) (g/mL)



DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS: Os metais utilizados nessa parte da prática deverão ser secos com papel-toalha e guardados de volta no frasco de onde foram tirados.

Parte 3: Viscosidade de Líquidos (ampliada e adaptada da Referência 2)

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais

- Seringa plástica sem êmbolo
- Suporte e garra para a seringa
- Béquer 
- Cronômetro
- Termômetro
- Proveta de 10 mL 

Reagentes

- Água destilada
- Solução saturada de NaCl
- Solução glicerina:água (1:1)

PROCEDIMENTO

Nesta parte, será calculada a viscosidade (Coeficiente de Viscosidade Dinâmica), à temperatura ambiente, de dois líquidos na seguinte ordem: solução saturada de NaCl (água com sal) e [glicerina : água]. As viscosidades das duas soluções serão obtidas usando a viscosidade da água como referencial, a partir dos tempos de escoamento e das densidades (**Parte 1**).

Repita as instruções abaixo para cada um dos líquidos.

1. Lave a seringa 3 vezes com água da torneira, sem sabão, deixando a água escorrer pela ponta livremente. Ao final, sacuda a seringa para que fique o mais seca possível, não use panos nem papel para tentar secá-la.

- Coloque a seringa no suporte e adicione, com a proveta, exatos 10 mL do líquido, usando o dedo para obstruir a ponta da seringa e evitar a saída do líquido.
- Coloque um béquer embaixo da seringa e zere o cronômetro.
- Inicie a contagem do tempo no cronômetro ao mesmo tempo em que seu colega retira o dedo da ponta da seringa, parando o cronômetro assim que o líquido escoar por completo. Anote o tempo de escoamento em segundos: t
- Faça mais duas vezes o procedimento e calcule o tempo médio de escoamento, anotando os valores na tabela.
- Coloque o termômetro no béquer, contendo o líquido colhido, e anote a temperatura: T
- Calcule o Coeficiente de Viscosidade Dinâmica: $\mu = \mu_{H_2O} \cdot (t \cdot \rho) / (t_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O})$

Para o cálculo, escolha o valor de viscosidade da água μ_{H_2O} (ver Tabela 1.1 da Introdução) cuja temperatura for a mais próxima à observada no experimento e anote-o na tabela. Utilize os valores médios obtidos pelo grupo para os tempos de escoamento t e as densidades (ρ) obtidas previamente na **Parte 1** deste experimento.

- Repita o procedimento inteiro para os outros líquidos, completando a tabela de resultados.

Resultados

Tempos de Escoamento				
	t_1	t_2	t_3	$t_{\text{médio}} \text{ (s)}$
Água destilada				
Solução NaCl				
Glicerina/água				

Coeficientes de Viscosidade Dinâmica				
	$t \text{ (s)}$ tempo de escoamento médio	$(t \cdot \rho)$ (s. g / mL)	Temperatura (°C)	Viscosidade Dinâmica $\mu \text{ (cP)}$
Água destilada				
Solução NaCl				
Glicerina/água				



DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS: As soluções de NaCl e de Glicerina:Água devem ser colocadas de volta ao frasco de origem.



REFERÊNCIAS

- CRC Handbook of Chemistry and Physics; 58th Edition, CRC Press, Inc., Cleveland, Ohio; Editor : Robert C. Weast; 1977-1978.
- Bessler, K. E.; Neder, A. V. F. *Química Em Tubos de Ensaio – Uma Abordagem para Principiantes*. 1ª edição, Edgard Blucher; 2004.