

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE ATRAVÉS DO ESCOAMENTO DE SOLUÇÕES DE SACAROSE POR TUBOS CAPILARES

Izabela Guimarães Ribas¹ – izabela.ribas.eq@gmail.com

Ingrid Freitas Assad² – ingrid.assad@hotmail.com

Iago de Sousa Ferreira da Silva³ – iagosfsilva@gmail.com

^{1, 2 e 3} Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Campus Montes Claros - Montes Claros, MG, Brasil

Resumo. A prática de determinação de viscosidade foi feita com um fluido escoando através de um capilar onde foram calculados valores de vazão para diferentes variações de altura das extremidades do capilar, resultando em tensões e deformações de cada fluido, para então chegar na viscosidade desses. Nesse experimento foram utilizadas soluções de sacarose com concentrações em peso de 5%, 15%, 20% e 30%. Realizaram-se os cálculos das densidades de cada uma utilizando dados obtidos experimentalmente com o uso do picnômetro que não corresponderam aos valores esperados conforme consultado na literatura. Foi calculado também o diâmetro do capilar utilizando água líquida, pois os valores de viscosidade e densidade são conhecidos na literatura. O valor encontrado para o diâmetro mostrou ser adequado ao capilar utilizado. Obteve-se valor de viscosidade satisfatório para a solução de 5% apenas.

Palavras-chave: Viscosidade, Sacarose, Picnômetro, Capilar

1. INTRODUÇÃO

A viscosidade de um fluido é definida como “uma medida quantitativa da resistência de um fluido ao escoamento” (White, 2011) e determina a deformação de fluido sob uma tensão. Para definir a proporção entre a deformação ($\partial v_z / \partial R$) e a tensão (τ_{rz}), utiliza-se a Lei de Newton, Eq. 1, em que a viscosidade (μ) é a constante de proporcionalidade, determinada experimentalmente para cada fluido a diversas temperaturas e pressões, propriedades que podem influenciar esse valor de modo diferente. De modo geral, a viscosidade aumenta proporcional a pressão. Em relação ao aumento da temperatura, a viscosidade aumenta para gases e diminui para líquidos.

Segundo Fox (2011), os fluidos em que a relação entre tensão e deformação é diretamente proporcional são chamados fluidos newtonianos, e os demais fluidos podem ser denominados

como fluidos não newtonianos classificados em plástico de Bingham, pseudoplástico ou dilatante.

$$\tau_{rz} = -\mu \frac{\partial v_z}{\partial R} \quad (1)$$

A Equação 1 vale especificamente para um fluido escoando dentro de um tubo cilíndrico, em que a velocidade é um vetor na direção do comprimento (z) mas que varia seu valor de acordo com o raio (R).

Neste experimento, pretende-se determinar a viscosidade não definida de fluidos com base na taxa e deformação e tensão aplicada. Precisa ser feito um balanço de forças sobre o fluido no tubo, em que as forças de pressão e de atrito devem estar em equilíbrio, ou seja, devem ser iguais, então se pode escrever a Eq. 2, em que ao lado esquerdo da igualdade tem-se as forças de pressão e ao lado direito, as forças de atrito.

$$\Delta\phi\pi R^2 = 2\pi Rz\tau \quad (2)$$

Desse modo, determina-se uma expressão para a tensão:

$$\tau = \frac{\Delta\phi R}{2z} \quad (3)$$

Para a qual $\Delta\phi$ simboliza a pressão piezométrica.

Segundo Bird (2004), para a velocidade de um fluido escoando em um duto tem-se a Eq. 4, onde r trata-se do menor raio interno.

$$v_z = \frac{\Delta\phi R^2}{4\mu z} \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad (4)$$

E ao derivá-la é alcançada a expressão para a taxa de deformação, sendo então possível plotar a curva reológica do fluido tratado, em que a inclinação é o seu valor de viscosidade.

Ainda partindo da Eq. 4, é possível achar a expressão para a vazão mássica a partir do produto da área da seção transversal, da densidade e da velocidade média, conhecida como Equação de Hagen-Poiseuille, Eq. 5, que é usada juntamente com dados experimentais de vazão e da queda de pressão modificada. A pressão modificada ou pressão piezométrica é a pressão no sentido oposto ao da gravidade, a partir de um plano de referência (Bird, 2004).

$$\dot{m} = \frac{\Delta\phi\rho\pi R^4}{8\mu z} \quad (5)$$

A equação de Hagen-Poiseuille é válida para as seguintes condições de escoamento: escoamento laminar; densidade do fluido constante; fluido newtoniano; efeitos de extremidades desprezados e sem deslizamentos na parede.

A partir da Eq. 5 é possível determinar as propriedades desejadas de um fluido desconhecido com base em um fluido de referência e dados de queda de pressão e vazão, chegando então na viscosidade, resultado almejado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados neste experimento foram: béquer, cronômetro, balança analítica, picnômetro, termômetro, trena, haste universal, capilar, proveta, água deionizada e soluções de glicose com viscosidade desconhecida de 5%, 15%, 20% e 30% p/p.

2.2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Um béquer contendo água foi suspenso com auxílio de uma haste universal.

Por meio de um capilar a água foi transferida para uma proveta que se encontrava em uma altura inferior. Variou-se essa altura oito vezes. Uma trena apoiada à haste foi utilizada para parâmetro. Para cada altura repetiu-se o experimento duas vezes.

Este esquema está representado na figura 1.

O cronômetro foi utilizado para contabilizar o tempo de queda do fluido.

A massa de fluido transferida à proveta e a proveta vazia eram pesadas em todos os procedimentos.

As medidas de tempo e altura e massa de fluido foram registradas.

Os procedimentos citados acima foram repetidos para quatro soluções de sacarose de 5%, 15%, 20%, 30% p/p.

Procedimento para o cálculo da densidade

Foi medido o peso do picnômetro vazio e em seguida o peso do picnômetro com fluido dentro, cheio até a borda. O mesmo procedimento foi realizado para as quatro soluções de sacarose e repetido três vezes para cada solução.

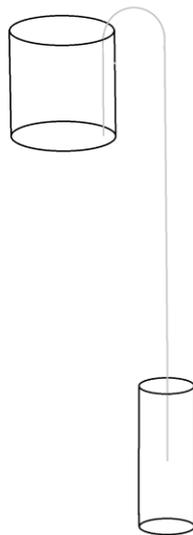


Figura 1- Ilustração do módulo experimental

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obtiveram-se para os resultados de cada solução o gráfico de tensão cisalhante pela taxa de deformação, considerando primeiramente a variação de altura sendo da saída do capilar até base do recipiente e em um segundo momento considerou-se como a diferença de altura entre a saída do capilar e o nível da solução contida no recipiente inicialmente.

Para solução de 30%, considerando a variação de altura da saída do capilar até a base do recipiente inicial:

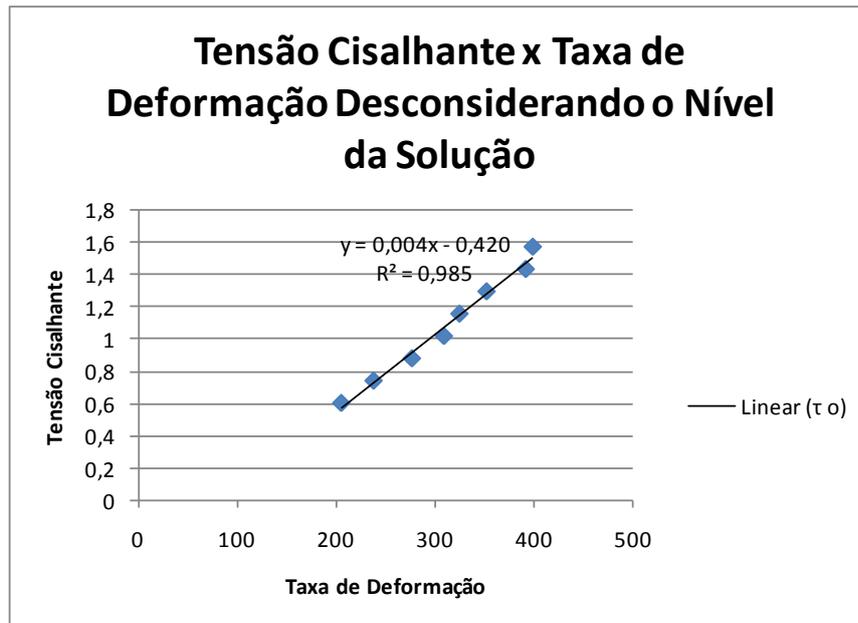


Figura 2- Gráfico reológico para solução de 30% para variação de altura da saída do capilar até a base do recipiente inicial

Para solução de 30%, considerando a variação de altura da saída do capilar até o nível de fluido do recipiente inicial:

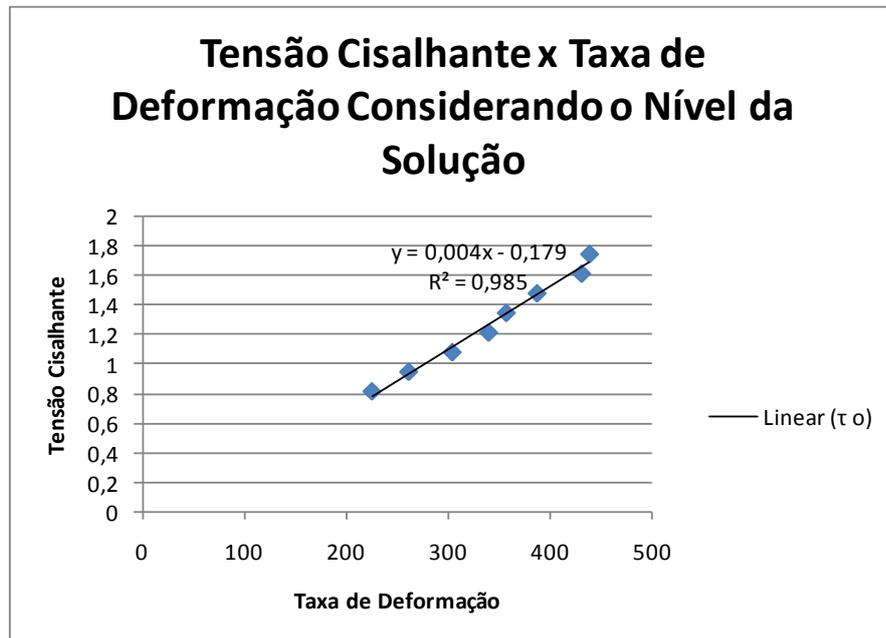


Figura 3- Gráfico reológico para solução de 30% para variação de altura da saída do capilar até o nível de fluido do recipiente inicial.

Para solução de 20%, considerando a variação de altura da saída do capilar até a base do recipiente inicial:

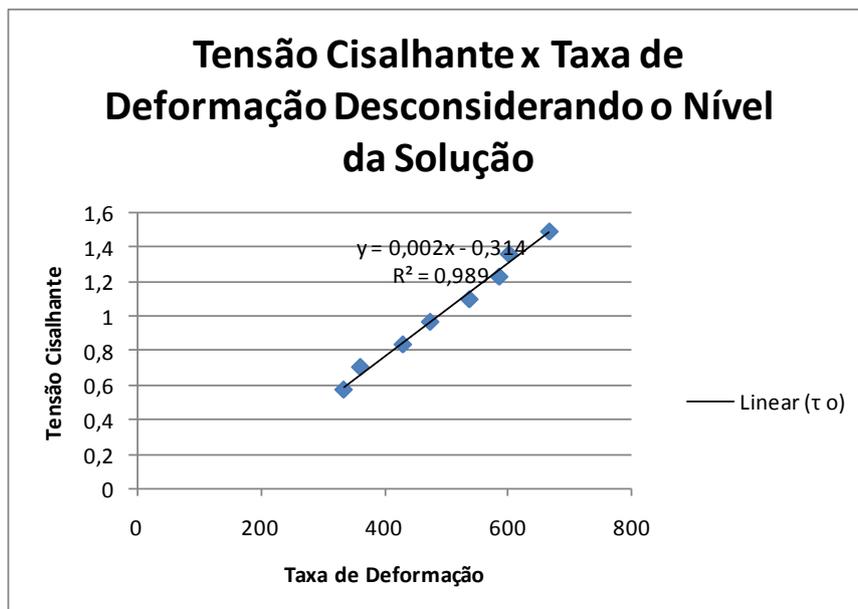


Figura 4- Gráfico reológico para solução de 20% para variação de altura da saída do capilar até a base do recipiente inicial

Para solução de 20%, considerando a variação de altura da saída do capilar até o nível de fluido do recipiente inicial:

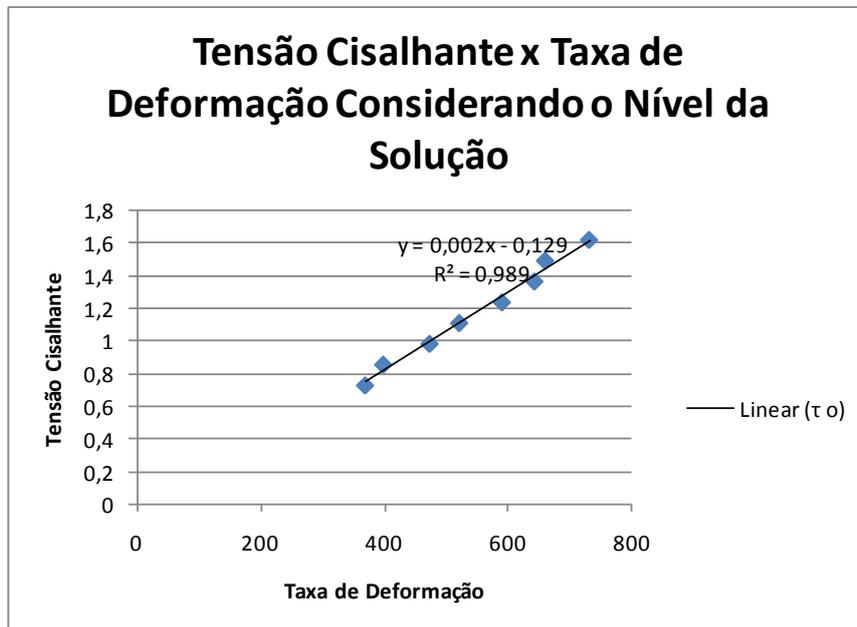


Figura 5- Gráfico reológico para solução de 20% para variação de altura da saída do capilar até o nível inicial do fluido.

Para solução de 15%, considerando a variação de altura da saída do capilar até a base do recipiente inicial:

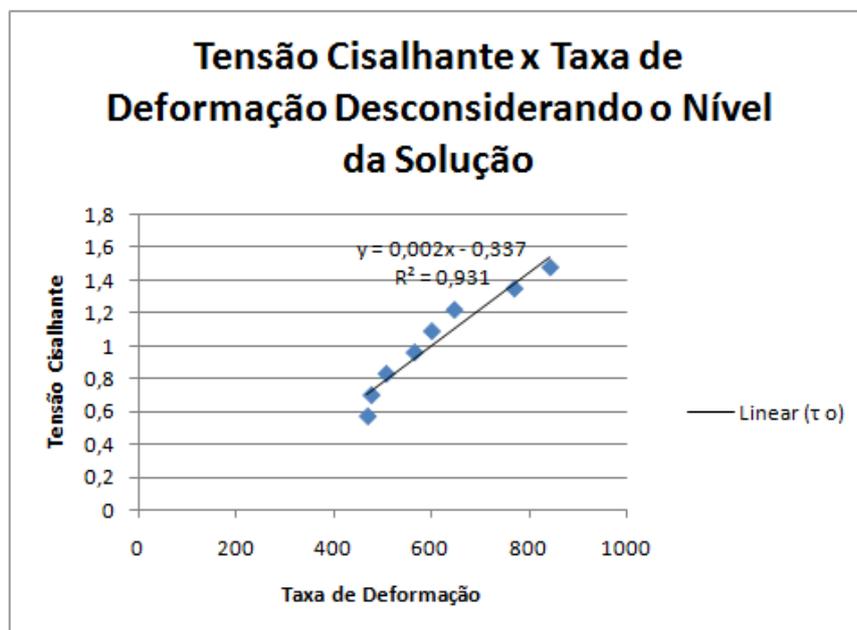


Figura 6- Gráfico reológico para solução de 15% para variação de altura da saída do capilar até a base do recipiente inicial.

Para solução de 15%, considerando a variação de altura da saída do capilar até o nível de fluido do recipiente inicial:

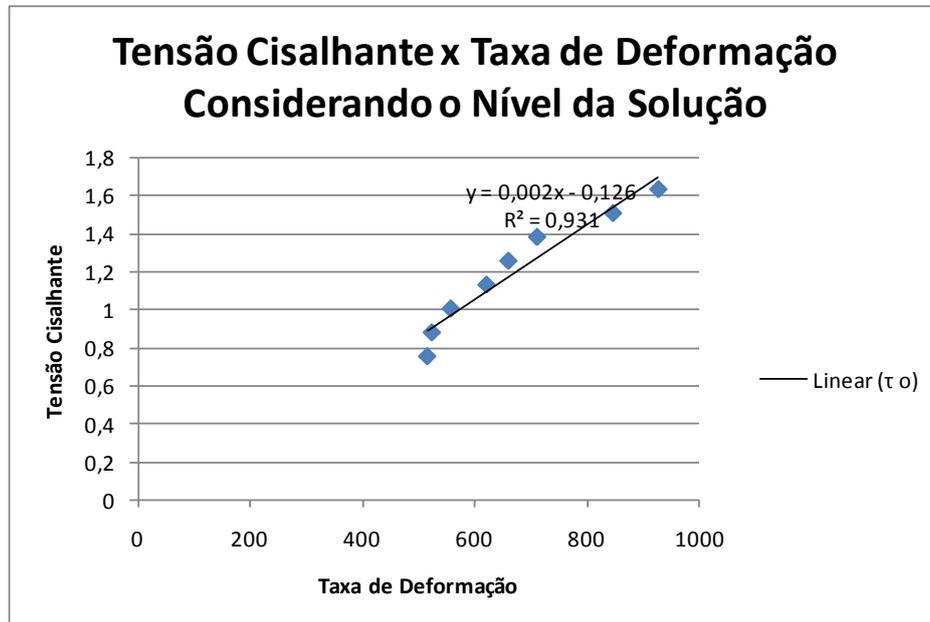


Figura 7- Gráfico reológico para solução de 15% para variação de altura da saída do capilar até o nível inicial do fluido.

Para solução de 5%, considerando a variação de altura da saída do capilar até a base do recipiente inicial:

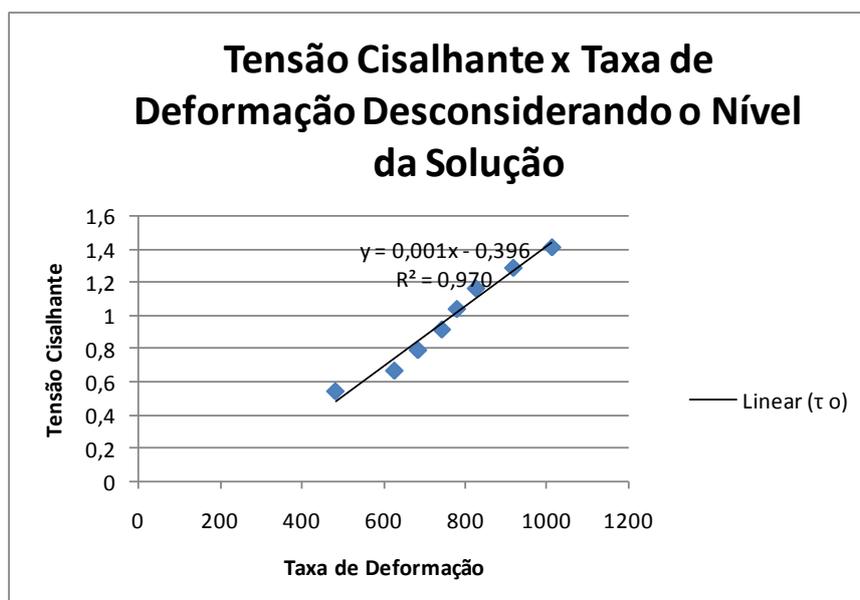


Figura 8- Gráfico reológico para solução de 5% para variação de altura da saída do capilar até a base do recipiente inicial

Para solução de 5%, considerando a variação de altura da saída do capilar até o nível de fluido do recipiente inicial:

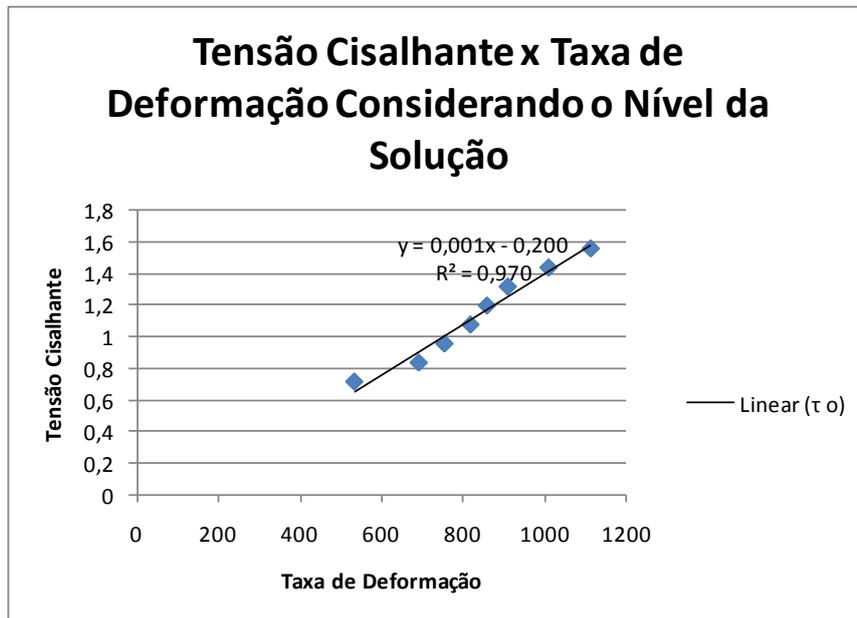


Figura 9- Gráfico reológico para solução de 5% para variação de altura da saída do capilar até o nível inicial do fluido.

Visto que a viscosidade é dada pela inclinação do gráfico, de acordo com a Eq. 1, temos que o coeficiente angular na equação da reta é a própria viscosidade dada em unidade de acordo com o Sistema Internacional de Medidas. Não houve diferença entre as viscosidades medidas para diferentes referenciais de altura para uma mesma solução, sendo elas para as soluções de 5%, 15%, 20% e 30%, respectivamente 0,001; 0,002; 0,002 e 0,004 kg/m.s, o que pode ser devido à utilização de intervalos de tempos pequenos com pouca variação de massa, logo, tem-se vazões mássicas pequenas, não dando margem para que a diferença do referencial de altura seja expressiva para o cálculo da viscosidade. É possível observar, também, que a viscosidade obtida para as soluções de 15% e de 20% são iguais, podendo-se justificar pelo mesmo motivo.

As viscosidades, de acordo com Hofmann (1977), a 20°C são de 0,001144; 0,001589; 0,001941 e 0,003181 kg/m.s para 5%, 15%, 20% e 30% respectivamente. Os valores experimentais para a viscosidade foram inferiores ao se tratar da solução de 5%, devendo-se a temperatura maior das soluções em relação à literatura. Apesar de ser possível observar o aumento da viscosidade com o aumento da concentração das soluções, as soluções de 15%, 20% e 30% obtiveram um resultado superior em relação à literatura, que pode ser dado devido ao desvio na densidade e possíveis erros aleatórios.

Tabela 1- Densidades das soluções

Solução	Experimento	Massa Picnômetro Vazio (g)	Massa Picnômetro Vazio (g)	Variação mássica (g)	Densidade da solução (kg/m ³)
5%	1	28,7333	54,97	26,2367	1050,52
	2	28,7333	54,9963	26,263	1050,52
	3	28,7333	54,9871	26,2538	1050,152
15%	1	28,7333	56,0718	27,3385	1093,54
	2	28,7333	56,0466	27,3133	1092,532
	3	28,7333	56,1011	27,3678	1094,712
20%	1	26,1765	53,6912	27,5147	1100,588
	2	26,7176	54,0981	27,3805	1095,22
	3	26,1216	54,3705	28,2489	1129,956
30%	1	28,7333	57,8578	29,1245	1164,98
	2	28,7333	57,8844	29,1511	1166,044
	3	28,7333	57,8743	29,141	1165,64

A densidade para soluções de 5%, 15%, 20% e 30%, de acordo com Sucrana (s/d), a 20°C são de 1019,68; 1061,11; 1082,97 e 1129,13 kg/m³ respectivamente. As densidades obtidas experimentalmente, 1050,4 kg/m³ para solução de 5%, 1093,6 kg/m³ para a solução de 15%, 1108,6 kg/m³ para a solução de 20% e 1165,5 kg/m³ para a solução de 30% foram superiores aos encontrados na literatura, contrariando o que era esperado, pois a temperatura do laboratório esteve em média em 24°C. Este desvio pode ser atribuído às variações de temperatura no mesmo ambiente de execução do experimento e resíduos no picnômetro devido ao transbordamento do mesmo.

Substituindo na equação de Hagen-Poiseuille os valores de densidade média encontrados para cada solução, o comprimento do capilar de 1,4 m, densidade da água de 997,4 Kg/m³ e viscosidade da água, ambas na temperatura de 23°C, de acordo com Fox (2011), tem-se que o diâmetro do capilar é 1,69 x 10⁻³ m. O valor encontrado condiz com as expectativas, dada as dimensões do tubo e experiência dos participantes em relação à unidade de medida utilizada.

4. CONCLUSÃO

O valor encontrado para o diâmetro do capilar foi satisfatório e condizente com a realidade de acordo com as dimensões do mesmo e da experiência dos participantes no experimento.

Das viscosidades encontradas, apenas a da solução de 5% correspondeu ao encontrado em fontes confiáveis. Os desvios nos valores de viscosidade obtidos para as demais soluções foram atribuídos aos valores da densidade que não coincidiram com a literatura e possíveis erros aleatórios. Apesar disso, foi possível observar o aumento da viscosidade nas soluções de maiores concentrações

5. REFERENCIAS

- BIRD, R. Byron; STEWART, Warren E.; LIGHTFOOT, Edwin N. (2011) “*Fenômenos de Transporte*”. Rio de Janeiro, Brasil.
- FOX, Robert W.; PRITCHARD, Philip J.; MCDONALD, Alan T. (2011) “*Introdução à Mecânica dos Fluidos*”. Rio de Janeiro, Brasil.
- HOFMANN, Gregory. (1977) “*ISCOTABLES: a handbook of data for biological and physical scientists*”, 7o ed. Lincoln, Estados Unidos.
- SUCRANA. (s/d) “Densidade de Soluções Açucaradas”.
- WHITE, Frank M. (2011) “*Mecânica dos Fluidos*”, 6º ed., Porto Alegre, Brasil.

APPENDIX A

DETERMINATION OF VISCOSITY BY DISCHARGE OF SUCROSE SOLUTIONS BY CAPILLARY TUBES

Abstract. *The practice of viscosity determination was made with a fluid flowing through a capillary where flow values were calculated for different height variations of the ends of the capillary, resulting in tensions and deformations of each fluid, to then reach the viscosity thereof. In this experiment, sucrose solutions with 5%, 15%, 20% and 30% weight concentrations were used. Calculations of the densities of each were performed using data obtained experimentally using the pycnometer that did not correspond to the expected values as consulted in the literature. The capillary diameter was also calculated using liquid water, since the values of viscosity and density are known in the literature. The value found for the diameter showed to be adequate for the capillary used. A satisfactory viscosity value was obtained only for the 5% solution.*

Keywords: *Viscosity, Sucrose, Pycnometer, Capillary*