

Coeficiente de Viscosidade da água - lei de Poiseuille

Afonso Vieira, 202105020

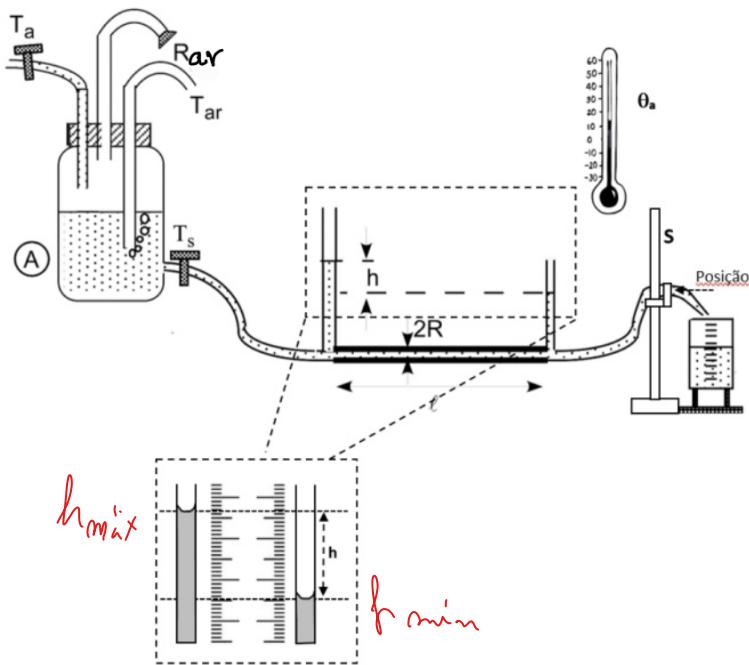
T1

13

→ Objetivos:

- Determinação do Coeficiente de Viscosidade da água usando o escoamento num tubo capilar cilíndrico.

→ Esquema experimental:



→ Procedimento experimental:

Faltam 2 passos
não implementados
ou círculos
não implementados
método

- Abrir a torneira T_s e atingir o regime estacionário de fluxo (bolhas no interior da água)

- Registrar os valores de R e L .

. Para cada posição do suporte S, registar h e V de água recolhida num intervalo de tempo t

. Calcular o caudal Q correspondente a cada ensaio, usando a expressão $Q = V/t$

. Através do cálculo da análise gráfica $Q(P)$, calcular o my
ou

* . Através do cálculo das médias de Q e P correspondentes a um elevado n de ensaios para uma determinada posição intermédia no suporte S, calcular o my

$$P = \gamma \frac{8 Q}{\pi R^4}$$



→ Análise de dados obtidos:

. Temperatura ambiente:

Ao longo da experiência em cada ensaio registávamo a temperatura ambiente, verificando - se que esta variou entre os $23,4^\circ C$ e os $25,1^\circ C$, tudo uma incerteza associada de $\pm 0,5^\circ C$.

. Dados do tubo capilar:

Tubo capilar	
R(m)	3,960E-04
u(R) (m)	5E-06
l(m)	0,325
u(l) (m)	0,0005

g($m s^{-2}$)	9,80665
$\rho (kg m^{-3})$	997,98

. l foi medido com uma fita-métrica de ero associado a $\pm 0,0005 m$

Ensaios	Vh20(m³)	t(s)	hmin(cm)	hmáx(cm)	Δh (m)	P(Pa)	Q(m³/s)	u(Q) (m³/s)	Q _{aj} (m³/s)	Resíduos (m³/s)
1	5	49,97	1,3	33,4	0,321	3147,9347	1,0006E-07	0,002002402	1,19524E-07	1,94641E-08
	10	106,77	1,3	33,4	0,321	3147,9347	9,3659E-08	0,000877206	1,19524E-07	2,58648E-08
	15	166,2	1,3	33,4	0,321	3147,9347	9,0253E-08	0,000543037	1,19524E-07	2,92714E-08
	20	225,21	1,3	33,4	0,321	3147,9347	8,8806E-08	0,000394325	1,19524E-07	3,07181E-08
	25	284,97	1,3	33,4	0,321	3147,9347	8,7729E-08	0,000307852	1,19524E-07	3,17956E-08
2	5	82,22	13,4	34,6	0,212	2079,0098	6,0812E-08	0,000739631	5,6484E-08	-4,32843E-09
	10	163,84	13,4	34,6	0,212	2079,0098	6,1035E-08	0,000372529	5,6484E-08	-4,55113E-09
	15	251,82	13,4	34,6	0,212	2079,0098	5,9566E-08	0,000236543	5,6484E-08	-3,08233E-09
	20	336	13,4	34,6	0,212	2079,0098	5,9524E-08	0,000177154	5,6484E-08	-3,03978E-09
	25	422,6	13,4	34,6	0,212	2079,0098	5,9158E-08	0,000139985	5,6484E-08	-2,67357E-09
3	5	121,48	20,9	35,3	0,144	1412,1576	4,1159E-08	0,000338813	1,71563E-08	-2,40028E-08
	10	251,3	20,9	35,3	0,144	1412,1576	3,9793E-08	0,000158349	1,71563E-08	-2,26368E-08
	15	378,03	20,9	35,3	0,144	1412,1576	3,9679E-08	0,000104964	1,71563E-08	-2,25231E-08
	20	503,84	20,9	35,3	0,144	1412,1576	3,9695E-08	7,87852E-05	1,71563E-08	-2,25389E-08
	25	629,32	20,9	35,3	0,144	1412,1576	3,9725E-08	6,31244E-05	1,71563E-08	-2,25691E-08
4	5	59,96	3,2	33,6	0,304	2981,2216	8,3389E-08	0,001390743	1,09692E-07	2,63032E-08
	10	120,98	3,2	33,6	0,304	2981,2216	8,2658E-08	0,000683239	1,09692E-07	2,70339E-08
	15	180,17	3,2	33,6	0,304	2981,2216	8,3255E-08	0,00046209	1,09692E-07	2,64375E-08
	20	240,14	3,2	33,6	0,304	2981,2216	8,3285E-08	0,000346817	1,09692E-07	2,64074E-08
	25	300,36	3,2	33,6	0,304	2981,2216	8,3233E-08	0,000277112	1,09692E-07	2,64587E-08
5	5	49,84	9,6	46,8	0,372	3648,0738	1,0032E-07	0,002012862	1,4902E-07	4,86989E-08
	10	98,57	9,6	46,8	0,372	3648,0738	1,0145E-07	0,001029225	1,4902E-07	4,75692E-08
	15	147,68	9,6	46,8	0,372	3648,0738	1,0157E-07	0,000687777	1,4902E-07	4,7449E-08
	20	199,66	9,6	46,8	0,372	3648,0738	1,0017E-07	0,000501704	1,4902E-07	4,88496E-08
	25	251,14	9,6	46,8	0,372	3648,0738	9,9546E-08	0,000396377	1,4902E-07	4,94739E-08
6	5	59,94	16,8	47	0,302	2961,6083	8,3417E-08	0,001391671	1,08535E-07	2,51187E-08
	10	120,62	16,8	47	0,302	2961,6083	8,2905E-08	0,000687324	1,08535E-07	2,56305E-08
	15	181,93	16,8	47	0,302	2961,6083	8,2449E-08	0,000453192	1,08535E-07	2,60862E-08
	20	244,88	16,8	47	0,302	2961,6083	8,1673E-08	0,000333521	1,08535E-07	2,68628E-08
	25	306,93	16,8	47	0,302	2961,6083	8,1452E-08	0,000265376	1,08535E-07	2,70837E-08
7	5	65,65	6,2	33,7	0,275	2696,8288	7,6161E-08	0,001160114	9,292E-08	1,67586E-08
	10	132,72	6,2	33,7	0,275	2696,8288	7,5347E-08	0,000567711	9,292E-08	1,75734E-08
	15	202,35	6,2	33,7	0,275	2696,8288	7,4129E-08	0,00036634	9,292E-08	1,87911E-08
	20	267,76	6,2	33,7	0,275	2696,8288	7,4694E-08	0,000278958	9,292E-08	1,82263E-08
	25	335,81	6,2	33,7	0,275	2696,8288	7,4447E-08	0,000221693	9,292E-08	1,84732E-08

Incertezas	
u(proveta) (m³)	0,00000025
u(cronómetro) (s)	1
u(régua) (m)	0,0005
u(h) (m)	0,0005
u(P) (Pa)	5

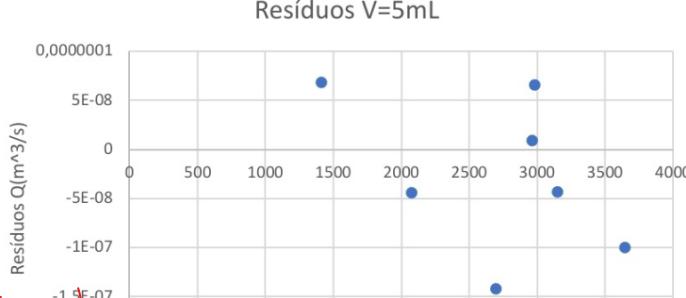
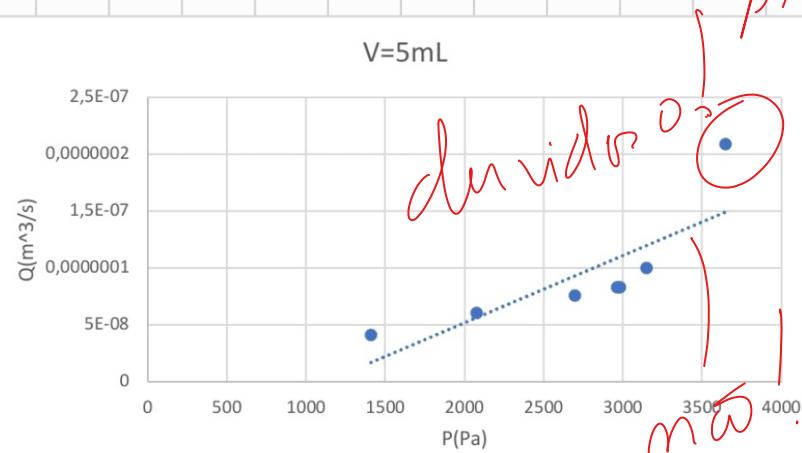
alg. rigido
errado

Todos os dados a sair em tempo real → visualização do gráfico?

Passámos agora a analisar o caudal para cada volume de água na roseta. através dos graficos $Q(P)$ com os respetivos resíduos.

$$V = 5 \text{ cm}^3$$

utilizar gráfico de resíduos p/ todos os volumes



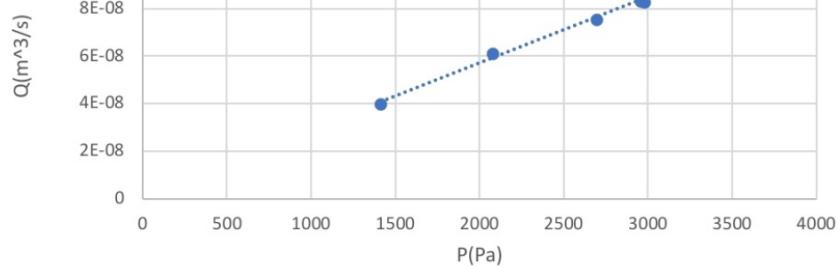
Podemos verificar que vários pontos estão afastados da linha de tendência e que invalida a análise destes pontos. Isto deve-se provavelmente à acumulação de gotas nas paredes da roseta.

Não viam

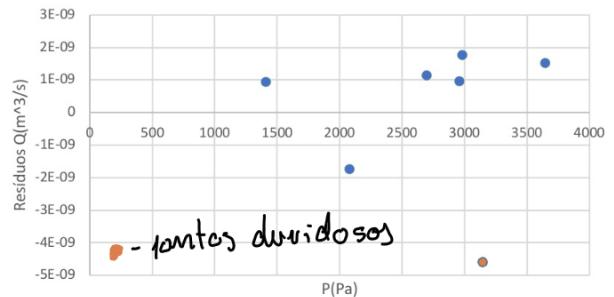
$$V = 10 \text{ cm}^3$$

Daqui em diante o comportamento é o mesmo

$$V=10\text{mL}$$

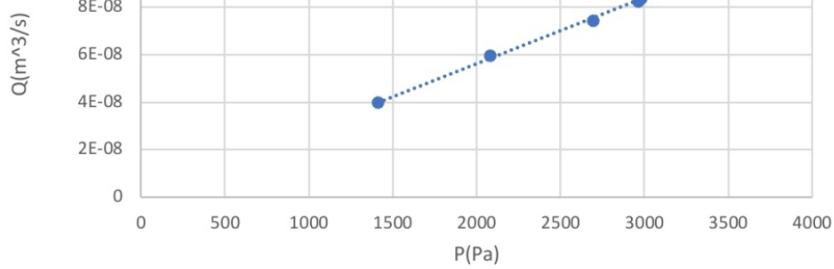


$$\text{Resíduos } V=10\text{mL}$$

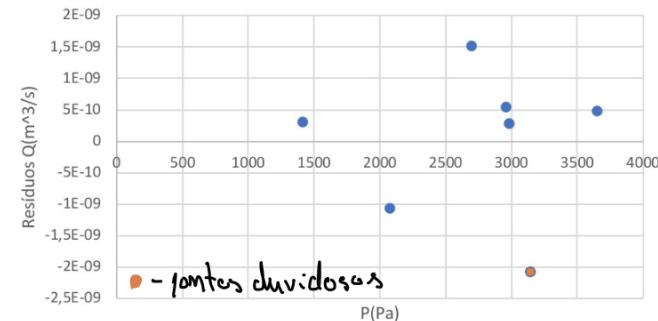


$$V = 15 \text{ cm}^3$$

$$V=15\text{mL}$$

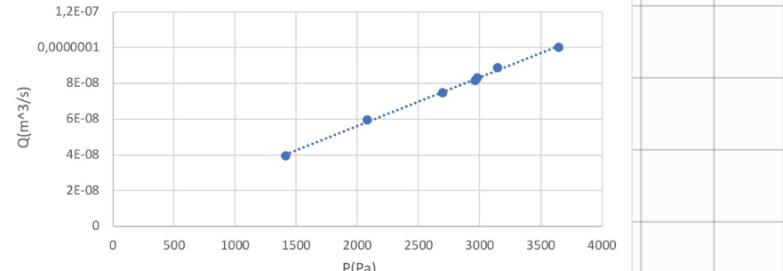


$$\text{Resíduos } V=15\text{mL}$$

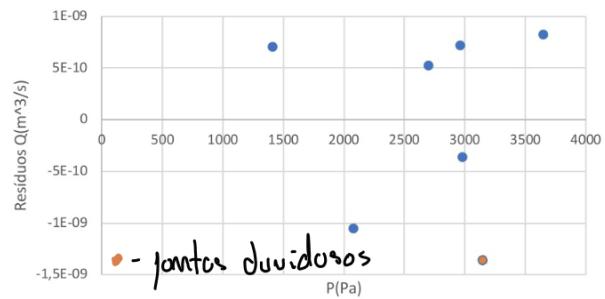


$$V = 20 \text{ cm}^3$$

$$V=20\text{mL}$$



$$\text{Resíduos } V=20\text{mL}$$



m	2,71007E-11	2,13095E-09	b
u(m)	5,54862E-13	1,54774E-09	u(b)
R^2	0,997908437	1,0066E-09	u(y)

$$V = 25 \text{ cm}^3$$

$$V=25\text{mL}$$

m	2,68127E-11	2,54425E-09	b
u(m)	4,59641E-13	1,28213E-09	u(b)
R^2	0,998532806	8,33851E-10	u(y)

• Ao analisar os gráficos obtidos concluímos que o 6 ensaios foi duvidoso. Como tal será retirado na análise som valores médios.

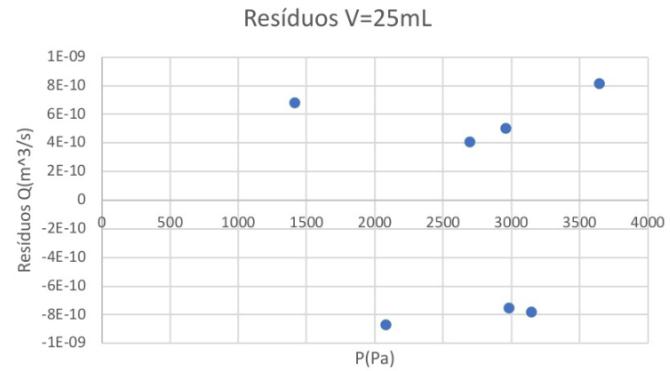
• As barras de erro não foram colocados pois não eram bem visíveis.

→ Pelo declive da reta de ajuste podemos calcular a viscosidade da água, η , a partir da seguinte expressão

$$\bullet Q = \frac{\alpha}{\eta} P \quad , \quad \alpha = \frac{\pi R^4}{8 L}$$

$$\bullet \eta = \frac{\alpha}{m} \quad \text{declive do ajuste}$$

$$\bullet u(\eta) = \sqrt{\left(\frac{1}{m^2}\right) u^2(\alpha) + \left(-\frac{\alpha}{m^2}\right)^2 u^2(m)}$$

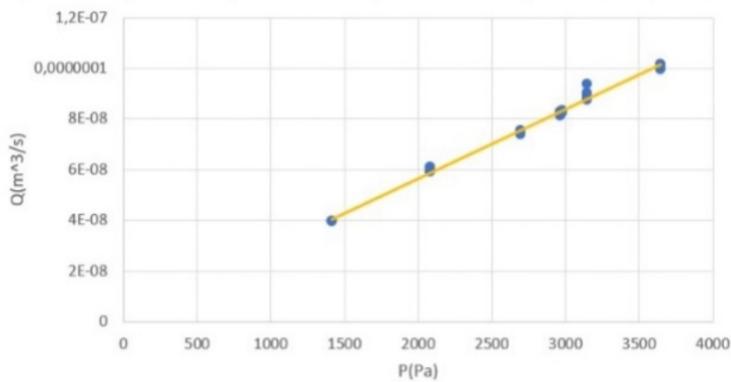


Obtendo assim os seguintes valores:

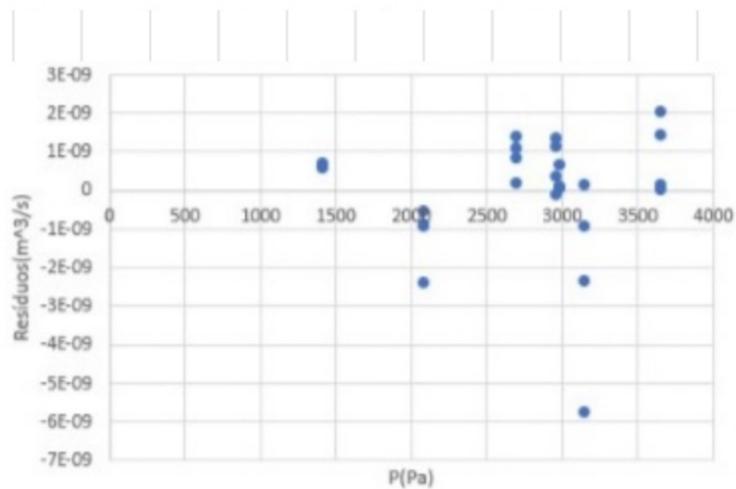
$V(m^3/s)$	$\eta_{exp}(Pa\ s)$	$\eta_{ref}(24,1^{\circ}C)$	erro(%)
5	5,038E-04	9,11E-04	4,47E+01
10	1,067E-03	9,11E-04	1,72E+01
15	1,071E-03	9,11E-04	1,76E+01
20	1,096E-03	9,11E-04	2,04E+01
25	1,108E-03	9,11E-04	2,17E+01

- Seria de esperar que para o volume $V=5\ cm^3$ fosse obtido um grande erro percentual.
- Podemos ainda concluir que a melhor gamma experimental é quando $V=10\ cm^3$ $V=15\ cm^3$.
- Mesmo assim o erro é grande o que mostra pouca exatidão na execução da experiência.

Passando agora à análise de valores médios:



m	$2,737 \times 10^{-11}$	$1,7226 \times 10^{-9}$	b
$m (m)$	$1,289 \times 10^{-13}$	$1,1958 \times 10^{-9}$	$m(b)$
a^2	0,993665	$1,554 \times 10^{-9}$	$m(u)$



A partir do declive determinaremos a viscosidade (η) e o respetivo erro

$$\gamma = 1,085 \times 10^{-3}$$

$$\text{erro}(\%) = 19,1\%$$

→ Conclusão

• Concluimos assim que os resultados foram mais precisos quando estes estavam associados a volumes 10 cm^3 e 15 cm^3 .

• Mesmo na gamma experimental que foi considerada a melhor obtivemos um erro de 17%, o que se deve a difícil destreza experimental pois a temperatura não é controlada e é difícil de evitar a aglomeração de gotas de água nas imredes da prancha.