

5

Correlações entre viscosidade e temperatura

Correlações disponíveis na literatura mostraram-se inadequadas para representar os dados experimentais obtidos, como foi visto no capítulo anterior. Há grandes diferenças entre valores experimentais e calculados, e no comportamento da curva temperatura $\times$ viscosidade. Com o objetivo de construir um modelo empírico, nesta parte são analisadas diversas correlações e sua capacidade de representar a relação viscosidade-temperatura. Estas correlações possuem de dois a cinco coeficientes, que são ajustados aos dados pelo método dos mínimos quadrados.

São as seguintes correlações:

$$\ln \ln \mu = b_1 + b_2 \ln T \quad (5-1)$$

$$\ln \ln \mu = e^{-b_1 T} [1 + b_1 T + b_2 (b_1 T)^2] \quad (5-2)$$

$$\ln \ln \mu = e^{-b_1 T} [1 + b_1 T + b_2 (b_1 T)^2 + (b_1 T)^3 + (b_1 T)^4] \quad (5-3)$$

$$\ln \mu = b_1 + b_2 \tan^4 \beta + b_3 \tan^3 \beta + b_4 \tan^2 \beta + b_5 \tan \beta \quad (5-4)$$

onde,

$$\beta = \frac{268}{T} - \frac{268}{403}$$

$$\ln(b_1/\mu) = b_2/(T - b_3) \quad (5-5)$$

$$\ln \ln(\mu + b_1) = b_2 - b_3 \ln(T - b_4) \quad (5-6)$$

$$\log \log(\mu + 0,8) = \frac{b_1}{T + b_2} + b_3 \quad (5-7)$$

$$\log \log(\mu + 0,7) = b_1 + b_2 \log T \quad (5-8)$$

As correlações de (5-1) a (5-8) foram testadas por Svrcek e Mehrotra [45] em amostras de betume originário de Alberta, Canadá. A eq. (5-8) é similar à encontrada na norma ASTM D341 [4], para cálculo da viscosidade cinemática a partir de dois pontos conhecidos (temperatura, viscosidade cinemática).

5.1

Ajuste das correlações aos dados experimentais

Os coeficientes das correlações acima foram calculados para as sete amostras considerando a viscosidade dinâmica (μ) em mPa.s e a temperatura (T) em Kelvin. A tabela (5.1) mostra as diferenças médias entre os valores experimentais e os calculados.

Tabela 5.1: Dif. rel. (%) das correlações (5-1) a (5-8)

eq.	resíduo 1	resíduo 2	resíduo 3	resíduo 4	resíduo 5	resíduo 6	resíduo 7	média
5-1	1,6152	0,8249	1,1132	1,0651	0,5137	2,2015	2,0472	1,3401
5-2	5,9542	2,9724	3,8378	2,1725	1,2002	6,7382	6,9525	4,2611
5-3	5,4042	1,2072	1,2881	2,2169	5,7481	1,9520	6,2760	3,4418
5-4	0,5316	1,3120	0,8375	0,8336	0,7606	1,2132	0,8749	0,9091
5-5	0,7230	1,1268	1,3059	0,7915	0,5989	1,8663	1,7603	1,1675
5-6	0,5329	0,8433	3,9868	1,3194	3,3418	1,5230	9,8604	3,0582
5-7	0,7281	0,9064	1,0965	1,1366	0,9728	1,9381	0,9979	1,1109
5-8	0,4986	0,7523	0,6666	0,8214	0,4530	0,9037	0,6252	0,6744

onde,

$$dif, \% = \left(\frac{100}{N} \right) \sum_{i=1}^N \frac{|\mu_{exp} - \mu_{calc}|}{\mu_{exp}}$$

As correlações (5-1), (5-4), (5-5), (5-7) e (5-8) apresentaram ótimos resultados, sendo que a última (5-8) obteve melhor desempenho, possui uma forma simples e o menor número de coeficientes. No trabalho de Svrcek e Mehrotra [45] para o betume canadense todas as equações, exceto a eq. (5-3), apresentaram bons resultados.

O excelente ajuste significa que, havendo dois pontos experimentais, pode-se calcular a viscosidade em outras temperaturas com diferenças bem pequenas ($dif < 3\%$), como já havia sido mostrado na seção 4.1.4. A figura (5.1) mostra a relação linear entre $\log T$ e $\log \log \mu$.

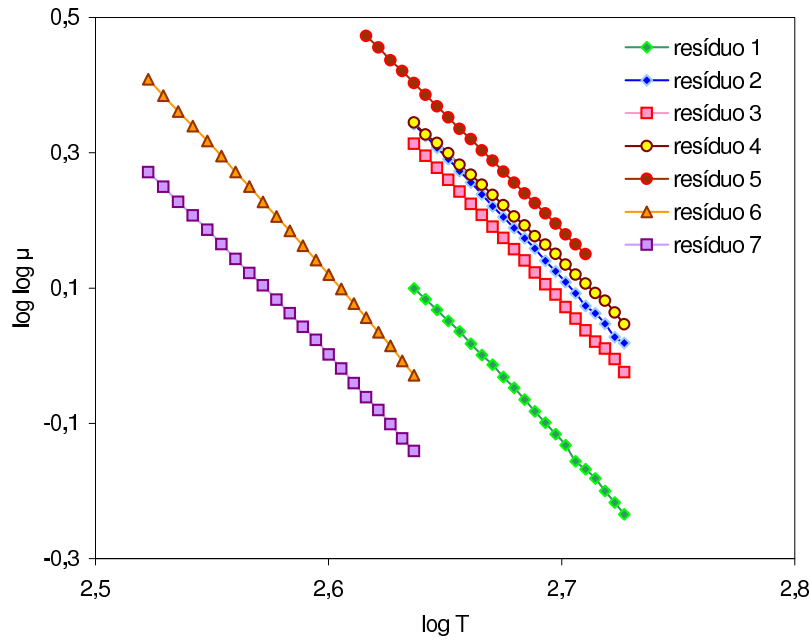


Figura 5.1: Relação linear entre $\log T$ e $\log \log \mu$

Para obter uma correlação que possa calcular a viscosidade a partir de um ponto experimental somente é necessário fixar o valor de um dos coeficientes. Portanto, se b_2 for igual à média dos valores obtidos para os

sete resíduos, a correlação modificada seria:

$$\log \log(\mu + 0,7) = b_1 - 3,4233 \log T \quad (5-9)$$

Os coeficientes b_1 recalculados, assim como a diferença entre os valores calculados pela correlação (5-9) e os experimentais estão na tabela (5.2).

Tabela 5.2: Resultados da eq. (5-9)

resíduo	b_1	diferença %
resíduo 1	9,1424	2,5
resíduo 2	9,3644	1,8
resíduo 3	9,3322	3,4
resíduo 4	9,3830	5,3
resíduo 5	9,4299	0,9
resíduo 6	9,0298	7,3
resíduo 7	8,9128	1,6
média		3,3

Entre todos os pontos calculados, a maior diferença foi de 17,9% para o resíduo 6. Enquanto que a maior diferença da correlação (5-8) foi de 2,85% para o resíduo 4. Comparando as correlações (5-8) e (5-9), pode-se perceber que o ajuste com dois coeficientes empíricos apresenta resultados melhores que no caso com um único coeficiente.