EXERCÍCIO 2

Descrição do problema: Considere o escoamento laminar de um fluido incompressível com transferência de calor no interior de um tubo horizontal reto de seção circular (comprimento L = 5 mm e diâmetro D = 1 mm). O fluido entra no tubo com temperatura uniforme de 30 °C e é submetido a um fluxo de calor constante de 1000 W/m^2 na superfície do tubo. Sabendo que o fluido deixa o tubo na condição termicamente completamente desenvolvida e que suas propriedades são: densidade ρ = 100 kg/m^3, viscosidade μ = 0,1 Pa.s, condutividade térmica k = 1 W/m.K e calor específico a pressão constante c_p = 1000 J/kg.K, determine o campo de temperatura do fluido dentro do tubo utilizando o método dos volumes finitos. Nessas condições ($Pr = \mu c_p / k$ = 100), pode-se assumir que a camada-limite hidrodinâmica se desenvolve muito mais rápido do que a térmica e a equação que rege o problema é dada por:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u T) = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{k}{c_p} r \frac{\partial T}{\partial r}\right) \quad ,$$

onde x e r são as coordenadas axial e radial, respectivamente, T é a temperatura e

$$\frac{u(r)}{u_m} = 2\left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right] \quad ,$$

é a velocidade axial, sendo u_m = 1 m/s a velocidade axial média do escoamento e $R = D/2$ o raio do tubo.

Utilize o método TDMA para resolver o sistema linear e valide o código com soluções analíticas para escoamento termicamente completamente desenvolvido considerando tubos mais longos, em que a região de entrada tem comprimento desprezível.