Para um processo politrópico, adiabático irreversível (PV^n = constante), pode-se escrever:

$$P_1 = \frac{P_{10}V_{10}^n}{V_1^n} = \frac{P_{10}V_{10}^n}{A_1^n}x^{-n} \qquad \text{e} \qquad P_2 = \frac{P_{20}V_{20}^n}{A_2^n}(L-x)^n \tag{1}$$

Aplicando a 2ª Lei de Newton ao sistema, pode-se escrever:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= v \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{1}{Mp}\left[P_1A_1 - P_2A_2 - bv - F(t)\right] \end{aligned} \tag{2}$$

Usando os parâmetros $Mp = 0{,}5\ \text{kg}; A_1 = 0{,}01\,\text{m}^2; A_2 = 0{,}008\text{m}^2; P_{10} = P_{20} = 0{,}1.10^6\,\frac{N}{m^2}$; $L = 0{,}5\text{m}; m_1 = 0{,}0025\,\text{kg}; m_2 = 0{,}002\,\text{kg}; b = 0{,}025\,\frac{N.s}{m}$ e $F(t) = 5\,\text{sen}(t)$; e as condições iniciais $x_0 = 0{,}2\,\text{m}; v_0 = 0\,\text{m}\,\text{s}^{-1}$, resolva o PVI formulado pela Eq. (2) com um dos métodos apresentados neste capítulo, com $\Delta t = 0{,}01$ até $t_f = 10\,\text{s}$ e represente graficamente os resultados para x e v.

Obs:

1. Apresente um relatório do seu trabalho (título, resumo, introdução, teoria, resultados e discussão, e conclusões), com todos os programas computacionais escritos no apêndice, e
2. Recomenda-se utilizar aritmética de dupla precisão em seus cálculos.

7.3) O chuveiro elétrico mostrado esquematicamente na Fig. Pj7.3 pode ser modelado matematicamente aplicando os princípios de conservação de massa e de energia ao sistema.

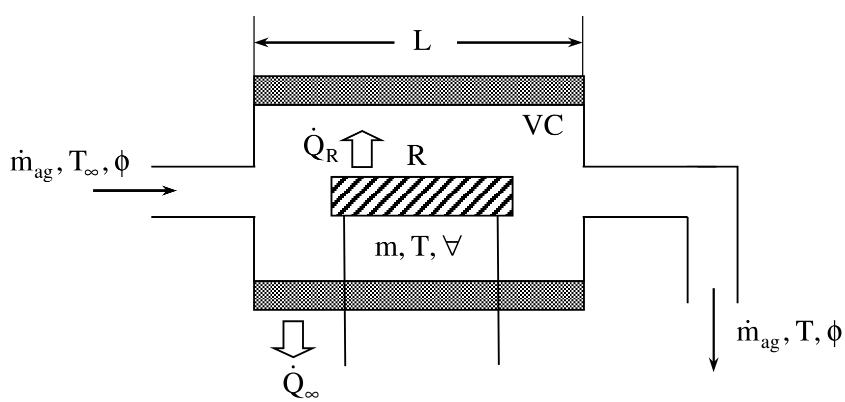

Figura Pj7.3 – Diagrama esquemático de um chuveiro elétrico.

Pelo princípio de conservação de massa e admitindo a água como líquido incompressível, verifica-se que $\frac{dm}{dt} \cong 0$, onde $m = \rho\forall$ é a massa de água no interior do volume de controle (VC), kg, t a variável tempo, ρ a densidade da água líquida, kg m^{-3}, e $\forall = \frac{\pi D^2}{4} \times L$ o volume de água dentro do invólucro, m^3, D o diâmetro do invólucro, m, e L o comprimento do invólucro, m. Portanto, a vazão mássica de água, kg s^{-1}, que entra e sai do VC obedece a relação:

$$\dot{m}_{entra} = \dot{m}_{sai} = \dot{m}_{ag} \tag{1}$$

Assim, aplicando o princípio de conservação de energia ao VC, levando em consideração as trocas de calor com o ambiente, $\dot{Q}_\infty$, e a geração de calor a partir de uma corrente elétrica que alimenta a resistência R, $\dot{Q}_R = \frac{V^2}{R}$, onde V é a tensão de alimentação em volts, e R a resistência elétrica em ohms, obtém-se:

$$\frac{dT}{dt} = \left\{\dot{Q}_R + \dot{Q}_\infty + \dot{m}_{ag} c_{ag} \left(T_\infty - T\right)\right\} \frac{1}{m c_{ag}} \tag{2}$$

onde $\dot{Q}_\infty = U A_L \left(T_\infty - T\right)$, com $\frac{1}{U} = \frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{iso}}{k_{iso}} + \frac{1}{h_{ext}}$, em que U é o coeficiente global de transferência de calor entre a água no interior do VC e o ambiente externo, desprezando o efeito da curvatura do invólucro do chuveiro, W m^{-2} K^{-1}; h_{int} o coeficiente de transferência de calor por convecção forçada no lado interno, W m^{-2} K^{-1}; e_{iso} a espessura do isolamento, m; k_{iso} a condutividade térmica do isolamento, W m^{-1} K^{-1}; h_{ext} o coeficiente de transferência de calor por convecção natural no lado externo em contato com o ambiente, W m^{-2} K^{-1}; c_{ag} o calor específico da água líquida, J kg^{-1} K^{-1}; $A_L = \pi D L + \pi \frac{D^2 - \phi^2}{2}$ a área lateral de troca de calor entre a água e o ambiente, m^2, e ϕ o diâmetro dos tubos de entrada e saída, m^2.
Para completar a formulação do PVI a ser resolvido, assuma como condição inicial que $T(t = 0) = T_\infty$, juntamente com a Eq. (2).

Neste projeto, pede-se escrever e implementar um código computacional utilizando um dos métodos de solução de EDOs apresentados no capítulo 7 para resolver o PVI formulado pela Eq. (2) juntamente com a condição inicial sugerida. Inicie a solução do problema adotando $\phi = 0{,}019\,\text{m}$; $D = 0{,}1\,\text{m}$; $L = 0{,}1$ m; $\dot{Q}_R = 5400\,\text{W}$; $h_{int} = 10\,\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$; $h_{ext} = 1\,\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$; $e_{iso} = 1\,\text{cm}$; $k_{iso} = 0{,}1\,\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, $T_\infty = 293{,}15\,\text{K}$, e $\dot{m}_{ag} = 0{,}08\,\text{kg s}^{-1}$, obtendo uma Tabela e um gráfico $T \times t$. A seguir, estenda seu estudo para uma análise paramétrica, verificando o impacto da variação dos parâmetros de projeto e de operação na resposta do sistema, i.e., no gráfico $T \times t$.

Obs:

1. Apresente um relatório do seu trabalho (título, resumo, introdução, teoria, resultados e discussão, e conclusões), com todos os programas computacionais escritos no apêndice, e
2. Recomenda-se utilizar aritmética de dupla precisão em seus cálculos.

7.4) Considere o sistema apresentado na Fig. Pj7.4, constituído por um compressor, um pós-resfriador e um reservatório. Ar é admitido à pressão atmosférica e, depois de comprimido, é resfriado antes de chegar ao reservatório. A seguir, apresenta-se um modelo matemático para simular o sistema, que permite obter a cada instante de operação do sistema a massa, m_4, e a temperatura do ar no interior do reservatório, T_4, e também a temperatura do ar na saída do compressor, T_2, e do pós-resfriador, T_3, bem como a temperatura da água que sai do pós-resfriador, $T_{ag,s}$, e a taxa de transferência de calor entre as correntes de água e de ar no pós-resfriador, $\dot{Q}$, sendo essas variáveis as incógnitas do modelo.

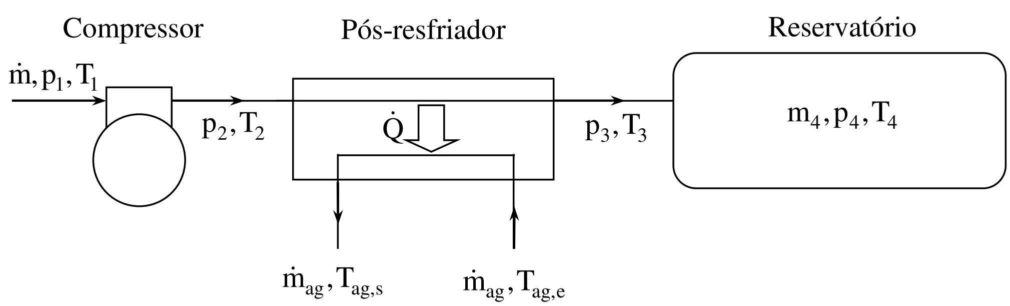

Figura Pj7.4 – Diagrama esquemático de sistema compressor, pós-resfriador e reservatório.

São adotadas as seguintes hipóteses para formular o modelo matemático: i) ar se comporta como gás ideal; ii) perda de carga desprezível no pós-resfriador; iii) processo politrópico no compressor; iv) a inércia térmica do compressor e do pós-resfriador são muito menores do que a do reservatório; v) o reservatório é aproximadamente adiabático (isolado termicamente), rígido, com uma entrada e sem vazamentos.
Em consequência, com base nos princípios de conservação de massa e de energia, o comportamento do sistema pode ser descrito pelas seguintes equações:

$$p_2 = \frac{m_4 R T_4}{V_4} = p_3 = p_4 \tag{1}$$

$$\frac{dm_4}{dt} = \dot{m} = \frac{p_1}{RT_1} V_c \text{ rps} \left\{ 1 - r \left\{ \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{1/n} - 1 \right\} \right\} \tag{2}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{(n-1)/n} \tag{3}$$

em que $r = V_c / V_s$; V_c e V_s são os volumes morto e varrido do compressor, respectivamente.