

Explique sempre as aproximações utilizadas. Entregue os diagramas identificados.

Parte A

- 1 Um sistema de ambientação importa ar exterior a $T = 5^{\circ}\text{C}$, $RH = 70\%$ e distribui-o a $T = 22^{\circ}\text{C}$, $RH = 50\%$. O processo dá-se à pressão constante $P = 1015\text{hPa}$. O sistema dispõe de um reservatório de água líquida com $T = 20^{\circ}\text{C}$.
 - a. Represente no diagrama de fases: estados inicial e final, processo de transformação.
 - b. Calcule a energia gasta no processamento de cada kg de ar importado.
 - c. Admita que o sistema processa 1kg/min. Calcule a sua potência e a taxa de consumo de água líquida em kg/h.

- 2 Considere a seguinte sondagem. Use o tefigrama.

P	1000	900	800	600	300
T	20	15	7	-9	-25
Td	17	10	5	-20	-55

- a. Localize o nível de condensação e o nível de convecção livre (pressão).
 - b. Estime a altitude do nível de condensação.
 - c. Calcule a CAPE.
 - d. Se uma partícula atingir o nível de convecção livre com uma velocidade ascensional de 0.5 m/s, que velocidade máxima poderá atingir, e a que nível de pressão?
- 3 Um balão de ar quente flutua sem movimento vertical à pressão de 950hPa, com uma temperatura exterior de 9°C e uma temperatura interior de 90°C , transportando uma massa total (excluindo o ar) de 100kg.
 - a. Admita que o ar é seco. Calcule o volume do balão.
 - b. Repita o cálculo anterior admitindo que o ar exterior está saturado, e que o ar interior resulta do aquecimento do ar exterior.

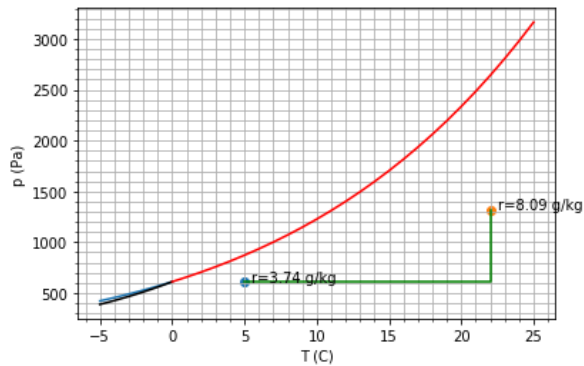
Parte 2

- 4 Uma depressão circular aos 35N apresenta um gradiente horizontal de pressão de 2hPa/100 km a 500 km do seu centro e um ângulo de 10° entre o vento e as isóbaras. Considere a isóbara dos 1000 hPa à temperatura de 15°C .
 - a. Calcule o vento admitindo que se trata de uma situação estacionária.
 - b. Calcule a velocidade vertical aos 1000 m, admitindo que as condições referidas são constantes nessa camada.
 - c. Calcule a divergência horizontal média.
 - d. Calcule a vorticidade relativa e a vorticidade absoluta médias.
- 5 Num ponto aos 35N observa-se um vento de SW com 10 m s^{-1} , aos 1000 hPa. Na camada 1000-650hPa observa-se um gradiente de temperatura de 2K/100km, com a temperatura a diminuir para Norte. Na camada 650-300 observa-se um gradiente de temperatura de 0.5K/100km com a mesma direção e sentido.
 - a. Estime o vento aos 650hPa e aos 300hPa
 - b. Estime a tendência da temperatura média nas camadas 1000-650 e 650-300.
 - c. Represente graficamente o vento nos três níveis (1000,650,300).
 - d. Discuta qualitativamente a evolução da estabilidade de coluna de ar descrita,
- 6 Um escoamento atmosférico com uma velocidade constante de 12 m/s aos 50m, atravessa uma transição entre uma zona de relva com $z_0 = 0.2\text{ cm}$ e uma zona de arbustos com $z_0 = 20\text{ cm}$. Admita que as medidas em cada zona são feitas depois de atingido o equilíbrio, i.e. a alguma distância a jusante da interface.
 - a. Estime a velocidade de atrito em cada superfície.
 - b. Estime o vento aos 10m em cada superfície.

Resolução esquemática

1.

a.



b. Energia

$$\frac{Q}{m} = c_p(T_2 - T_1) + c_w(T_2 - T_w) + l_v(r_2 - r_1) \approx 36.3 \times 10^3 J kg^{-1}$$

c. Potência e consumo

Caudal: $\dot{m} = 1 kg min^{-1} \approx 16.7 \times 10^{-3} kg s^{-1}$

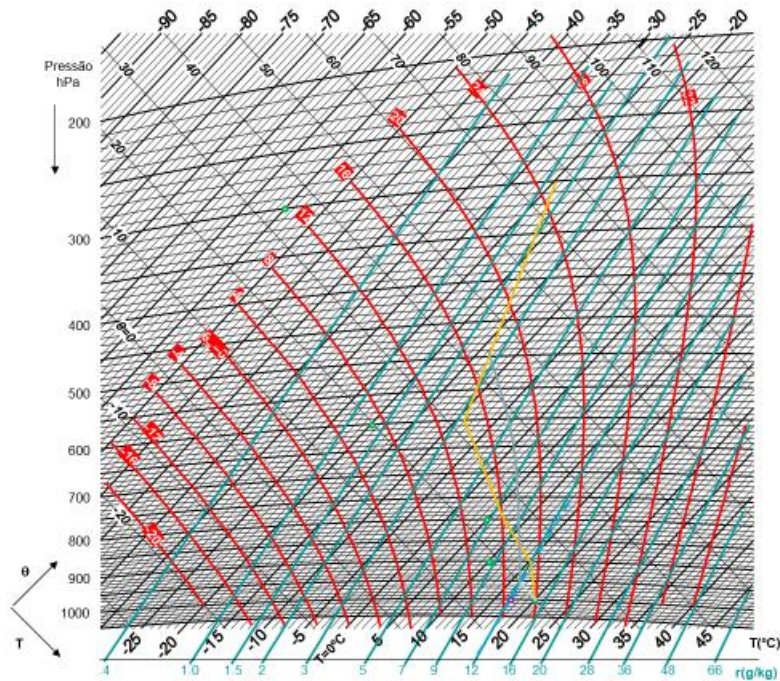
$$\dot{Q} = \frac{Q}{m} \dot{m} \approx 606 W$$

Consumo de água /h:

$$\dot{w} = (r_2 - r_1) \dot{m} \approx 0.26 kg/h$$

2.

a. Nível de condensação: $\approx 950 hPa$, Nível de convecção livre: $\approx 855 hPa$



b. Altitude do nível de condensação:

Pressão $p_{cond} \approx 950 hPa$

$$h \approx \frac{T_{cond} - T_{1000}}{-\frac{g}{cp}} \approx 400m$$

- c. A camada que dá origem a CAPE encontra-se entre o nível de convecção livre (855hPa) e o nível de flutuação nula (500hPa).

Em cada camada será:

$$CAPE = \int_{z_0}^{z_1} \frac{g\Delta T}{T} dz = - \int_{p_0}^{p_1} R_d \Delta T \frac{dp}{p} = R_d \overline{\Delta T} \ln\left(\frac{p_0}{p_1}\right)$$

$$CAPE = CAPE_{855-800} + CAPE_{800-600} + CAPE_{600-500}$$

$$= R_d \left\{ \frac{0+2}{2} \ln\left(\frac{855}{800}\right) + \frac{2+5}{2} \ln\left(\frac{800}{600}\right) + \frac{5+0}{2} \ln\left(\frac{600}{500}\right) \right\} \approx 440 J kg^{-1}$$

- d. Velocidade no nível de flutuação nula (500 hPa)

$$w_{500} \approx \sqrt{0.5^2 + 2 \times CAPE} \approx 30 ms^{-1}$$

3. Balão de ar quente

- a. O balão está em equilíbrio com flutuação nula.

$$Peso = Impulsão$$

$$\rho_{int} V g + m g = \rho_{ext} V g$$

$$\frac{P}{R_d T_{int}} V g + m g = \frac{P}{R_d T_{ext}} V g \Rightarrow V = \frac{m}{\frac{P}{R_d T_{ext}} - \frac{P}{R_d T_{int}}} \approx 382 m^3$$

- b. Efeito da humidade.

$$\rho_{ext} = \frac{P}{R_d T_{v_{ext}}} \approx \frac{P}{R_d T_{ext} (1 + 0.61 r_{ext})}$$

$$r_{ext} \approx \frac{\epsilon e_9^{sat}}{P} \approx 7.5 \times 10^{-3}$$

Sendo o ar interior o ar exterior aquecido: $r_{int} = r_{ext}$

Logo

$$V = \frac{m}{\frac{P}{R_d T_{ext} (1 + 0.61 r_{ext})} - \frac{P}{R_d T_{int} (1 + 0.61 r_{ext})}} \approx 384 m^3$$

4. Depressão

- a. $\rho = \frac{P}{R_d T} \approx 1.21 kg m^{-3}$. Solução do vento do gradiente com atrito:

$$v = -\frac{fR}{2} + \frac{R}{2} \sqrt{f^2 + \frac{r}{\rho R} |\nabla P| \cos(\alpha)} \approx 14.5 ms^{-1}$$

- b. Velocidade vertical

$$w = \frac{2hv \sin(\alpha)}{R} \approx +1.0 cm s^{-1}$$

- c. $\zeta = \frac{2v \cos(\alpha)}{R} \approx 5.7 \times 10^{-5} s^{-1}$; $\delta = -\frac{2v \sin(\alpha)}{R} \approx -1.0 \times 10^{-5} s^{-1}$

5. Vento térmico. Só existe gradiente na direção Norte (yy).

- a. Vento

$$u_{1000} = v_{1000} = 10 \cos 45^\circ \approx 7.07 ms^{-1}$$

$$u_{650} = u_{1000} - \frac{R_d \partial T}{f \partial y_{1000-650}} \ln\left(\frac{1000}{650}\right) \approx 36.6 ms^{-1}$$

$$u_{300} = u_{650} - \frac{R_d \partial T}{f \partial y_{650-300}} \ln\left(\frac{650}{300}\right) \approx 49.9 ms^{-1}$$

$$v_{300} = v_{650} = v_{1000}$$

b. Tendência da temperatura

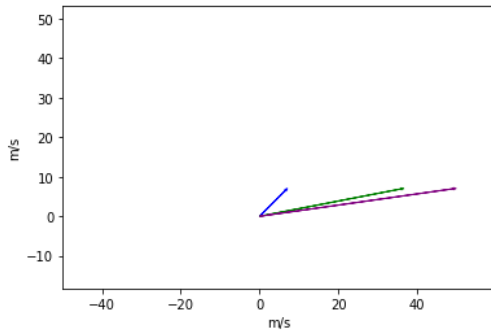
$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\bar{v} \frac{\partial T}{\partial y}$$

$$\bar{v} = 7.07 \text{ m s}^{-1}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}_{1000-650} \approx 0.5 \text{ K h}^{-1}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}_{650-300} \approx 0.13 \text{ K h}^{-1}$$

c. Ventos



d. Ambas as camadas estão a aquecer, mas a camada inferior aquece mais rapidamente (área varrida maior, cálculo em c), logo a coluna vai instabilizar.

6. Camada de superfície

a. $u = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$

$$u_{*1} \approx 0.47 \text{ m s}^{-1}; u_{*2} \approx 0.87 \text{ m s}^{-1}$$

b. Usando a mesma fórmula

$$u_{110} \approx 10.1 \text{ m s}^{-1}; u_{210} \approx 8.5 \text{ m s}^{-1}$$