

Justifique todas as respostas.

Parte 1

1. Duas massas de ar ao mesmo nível sofrem um processo de mistura adiabático e isobárico, à pressão de 1005 hPa. Antes da mistura essas massas de ar encontram-se às temperaturas de 5 e 30 °C, ambas com a humidade relativa de 95%.
 - a. Represente o estado inicial das massas de ar no diagrama de fases.
 - b. Calcule, nesse estado, as razões de mistura.
 - c. Calcule (justificando) o estado final da massa de ar que resulta da mistura. Mostre que são agora necessárias 3 variáveis.
 - d. Calcule a quantidade de calor que foi entregue ao ar seco no processo de mistura (J/kg).
 - e. Estime o aumento de temperatura final resultante da condensação.

2. Represente a seguinte sondagem no tefigrama:

p (hPa)	1000	800	650	400
T (°C)	20	9	-5	-5
T _d (°C)	17	5	-8	-15

- a. Estime a razão de mistura aos 1000 hPa.
- b. Discuta a estabilidade estática da camada 1000-800. Calcule a sua frequência de Brunt-Vaisala.
- c. Calcule a CAPE para uma partícula que ascenda a partir dos 1000 hPa.
- d. Classifique a sondagem quanto à estabilidade latente. Justifique.
- e. Uma partícula que atinge o nível de convecção livre com 0.5 m/s de velocidade ascensional que velocidade máxima poderá atingir. A que nível?

Justifique todas as respostas.

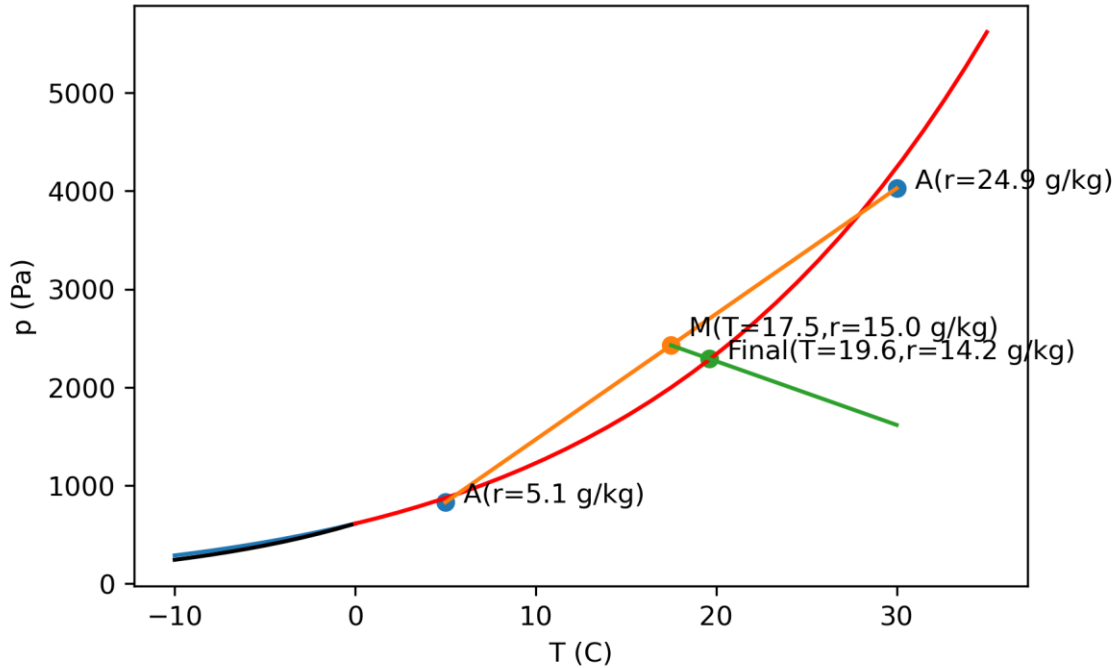
Parte 2

3. Uma depressão circular aos 40N, apresenta um gradiente de pressão de $1.5 \text{ hPa}/100 \text{ km}$, a 500 km do seu centro, com uma densidade de $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$, e um vento atravessando as isóbaras com um ângulo de 20° . Essas condições são observadas nos primeiros 1000 m.
 - a. Calcule a velocidade do vento.
 - b. Calcule a velocidade vertical média aos 1000m.
 - c. Calcule a vorticidade vertical e divergência horizontal médias.
 - d. Esquematize o equilíbrio de forças observado.
 - e. Estime a magnitude das forças consideradas em d,

4. Fez-se a seguinte observação de vento aos 40N:
1000 hPa, 5 m/S de Sul
800 hPa, 15 m/s de Oeste
600 hPa, 25 m/s de Sudoeste
gradiente de temperatura de $-6.5 \text{ K}/\text{km}$ em toda a atmosfera, com 0°C aos 800 hPa
 - a. Calcule os gradientes médios de temperatura nas camadas 1000-800 e 800-600.
 - b. Calcule os vento médios nessas camadas.
 - c. Calcule a tendência da temperatura média nas mesmas camadas, sob escoamento horizontal em K/h .
 - d. Como irá evoluir a estabilidade da camada 900-700?
 - e. No caso da camada 1000-800 ter uma subsidência de $0.1 \text{ m}/\text{s}$, qual será a tendência da sua temperatura média?

Sugestões de resolução

1. Mistura horizontal



(a) Inicial A (2 pontos), Final

(b) r_A : 5.1, 24.9 $\left(\frac{g}{kg}\right)$; Final 14.2 g/kg

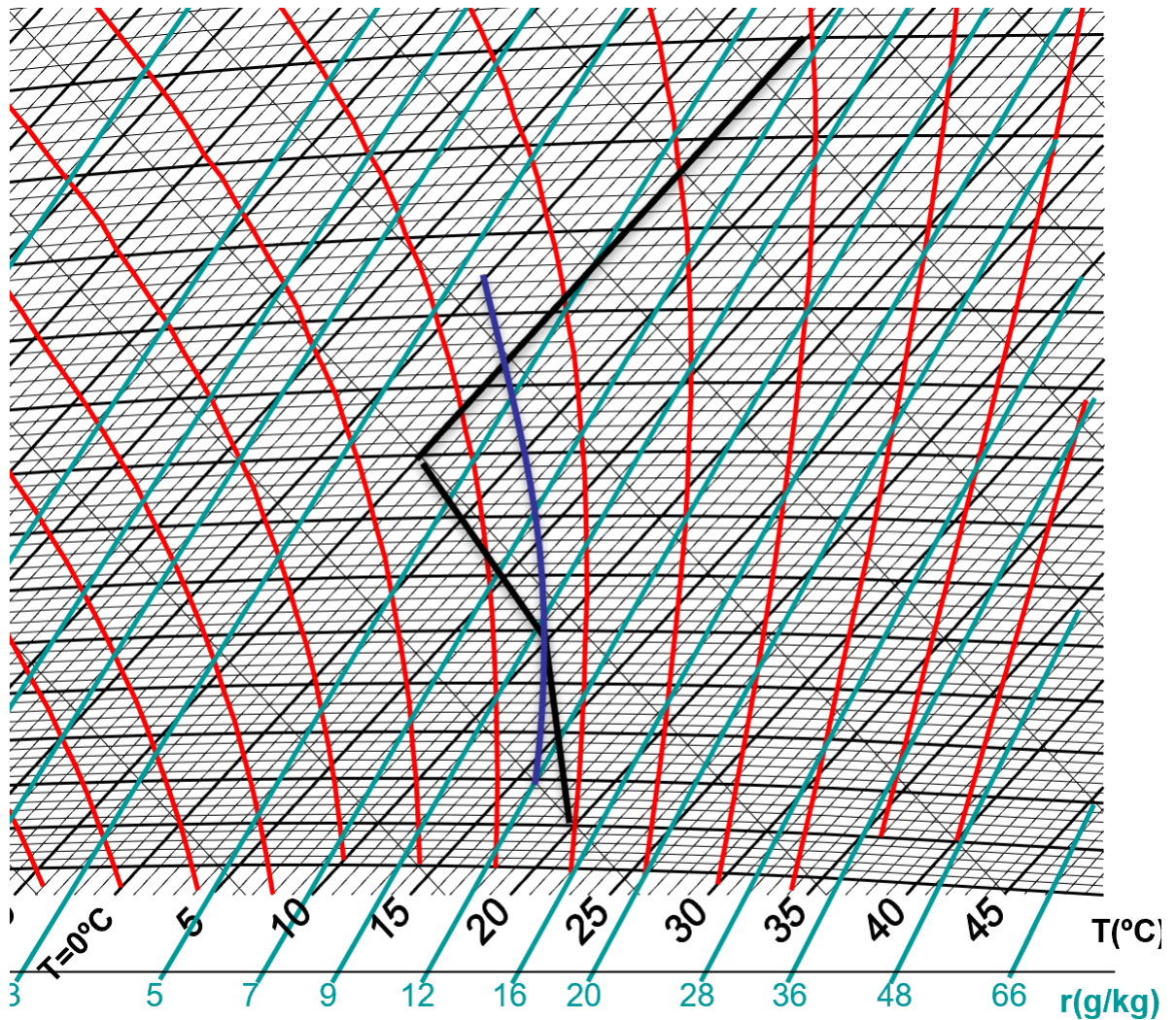
(c) As massas misturam-se no ponto M ($T_M = \frac{T_{A1} + T_{A2}}{2} \approx 17.5^\circ\text{C}$; $r_M = \frac{r_{A1} + r_{A2}}{2} \approx 15 \text{ g/kg}$). De M seguem um processo isentálpico (fórmula psicrométrica) até atingir a curva de saturação. Traçou-se a linha verde do processo psicrométrico até a uma temperatura (arbitraria de 30°C) o estado final está na interseção dessa curva com a curva de saturação. Cálculo da reta verde:

$$T_X = 30; e_X = e_M - P * c_p / (l_v * \epsilon) * (T_X - T_M)$$

(d) $Q = l_v * (r_M - r_F) \approx 2130 \text{ J kg}^{-1}$

(e) $\Delta T = T_F - T_M \approx 2.1 \text{ K}$

2. Sondagem



(a) $r = \frac{\epsilon}{p} e^{sat}(17) \approx 12 \text{ g/kg}$

(b) A camada 1000-900 é condicionalmente instável (perfil entre a adiábica seca e a adiábica saturada). $N^2 = \frac{g}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} \approx \frac{g}{\theta} \frac{\theta_{800} - \theta_{1000}}{\Delta z} \approx 1.3 \times 10^{-4} \text{ s}^{-2}$

$$\theta_{1000} = T_{1000} = 293.15 \text{ K}; \theta_{800} = T_{800} \left(\frac{1000}{800} \right)^{\kappa} \approx 300.7 \text{ K}$$

$$\Delta z \approx \frac{R_d}{g} \frac{T_{1000} + T_{800}}{2} \log \left(\frac{1000}{800} \right) \approx 1879 \text{ m}$$

(c) $CAPE = \int \frac{g(T - T_{amb})}{T_{amb}} dz = \int \frac{g \Delta T}{P / (R_d \rho)} dz = - \int R_d \Delta T \frac{dP}{P}$

Usando o método do trapézio:

$$CAPE = R_d \left\{ \frac{0 + 5}{2} \log \left(\frac{800}{650} \right) + \frac{5 + 0}{2} \log \left(\frac{650}{580} \right) \right\} \approx 899 \text{ J kg}^{-1}$$

(d) Existe instabilidade latente: existe um nível de convecção livre (~930 hPa), $CAPE > CIN$

(e) $w_{MAX}(580 \text{ hPa}) \approx \sqrt{0.5^2 + 2 CAPE} \approx 42.4 \text{ ms}^{-1}$.

3. Depressão circular.

(a)

$$v = -\frac{fR}{2} + \frac{R}{2} \sqrt{f^2 + \frac{4}{\rho R} |\nabla P| \cos 20^\circ} \approx 10.3 \text{ ms}^{-1}$$

(b) a conservação da massa implica:

$$\pi R^2 w = 2\pi R h v \sin \alpha \Rightarrow w = \frac{2h}{R} v \sin \alpha \approx 1.4 \text{ cm s}^{-1}$$

(c) $\zeta = \frac{2v \cos \alpha}{R} \approx 0.39 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$, $\delta = \frac{2v \sin \alpha}{R} \approx -1.4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$

(d) NA

(e)

$$-\frac{1}{\rho} \nabla P \sim 1.25 \text{ mm s}^{-3}; -fv \sim 0.96 \text{ mms}^{-2}; -\frac{v^2}{R} \sim 0.2 \text{ mm s}^{-2}; F_{\text{atrito}} \sim 0.4 \text{ mms}^{-2}$$

4. vento térmico

(a)

$$\frac{\partial T}{\partial x_{1000-800}} = \frac{f(v_{800} - v_{1000})}{\left(R_d \log\left(\frac{1000}{800}\right)\right)} \approx -7.32 \times 10^{-5} K m^{-1}$$

$$\frac{\partial T}{\partial y_{1000-800}} = -\frac{f(u_{800} - u_{1000})}{\left(R_d \log\left(\frac{1000}{800}\right)\right)} \approx -2.2 \times 10^{-5} K m^{-1}$$

$$\frac{\partial T}{\partial x_{800-600}} = \frac{f(v_{600} - v_{800})}{\left(R_d \log\left(\frac{800}{600}\right)\right)} \approx 2.0 \times 10^{-5} K m^{-1}$$

$$\frac{\partial T}{\partial y_{800-600}} = -\frac{f(u_{600} - u_{800})}{\left(R_d \log\left(\frac{800}{600}\right)\right)} \approx -0.304 \times 10^{-5} K m^{-1}$$

(b) $\bar{v}_{1000-800} = 7.5 \vec{e}_x + 2.5 \vec{e}_y$; $\bar{v}_{800-600} = 16.3 \vec{e}_x + 8.84 \vec{e}_y$

(c) $\frac{\partial T}{\partial t_{900}} = -\bar{u}_{900} \frac{\partial T}{\partial x_{1000-800}} - \bar{v}_{900} \frac{\partial T}{\partial y_{1000-800}} \approx 0.11 \times 10^{-3} K s^{-1} \approx 0.395 K h^{-1}$

$$\frac{\partial T}{\partial t_{700}} = -\bar{u}_{700} \frac{\partial T}{\partial x_{800-600}} - \bar{v}_{700} \frac{\partial T}{\partial y_{800-600}} \approx -0.35 \times 10^{-3} K s^{-1} \approx -1.3 K h^{-1}$$

(d) a camada vai instabilizar porque vai aquecer por baixo e arrefecer por cima.

(e) A camada 1000-800 vai aquecer por subsidência:

$$\frac{\partial T}{\partial t_{900}} \approx 0.11 \times 10^{-3} - w \frac{\partial \theta}{\partial z} \approx 0.11 \times 10^{-3} + 0.1 \times 3.5 \times 10^{-3} \approx 1.7 K h^{-1}$$