Meteorologia Fevereiro 2020

Exame 2

Explique sempre as aproximações utilizadas. Entregue os diagramas identificados.

Parte A

1. Numa estação meteorológica, às 18h, foi feita a seguinte observação: $T = 18°\text{C}, T_w = 14°\text{C}, P = 1015\ hPa$ (T_w é a temperatura do termómetro molhado). Às 6h do dia seguinte a temperatura observada foi $T_{final} = 7°\text{C}$. A pressão manteve-se constante e, na ausência de vento admite-se a manutenção da mesma massa de ar. Utilize o diagrama de fases.
   a. Estime: tensão de vapor, razão de mistura, temperatura do ponto de orvalho.
   b. Calcule a perda total de calor sofrida por cada kg de ar no processo referido.
   c. Calcule a concentração de água líquida do ar no estado final.
   d. Admitindo que esse calor foi perdido a taxa constante, estime a hora da formação de nevoeiro.

2. Uma massa de ar apresenta, antes de atravessar uma cadeia de montanhas os valores ($P_1 = 1000\ hPa, T_1 = 15°\text{C}, T_{d_1} = 10°\text{C}$). Na encosta a jusante dessa travessia, os valores são ($P_2 = 1000\ hPa, T_2 = 20°\text{C}$). Admita que o ponto mais alto da montanha se encontra aos 700 hPa e que se trata da mesma massa de ar transformada num processo adiabático.
   a. Estime (use o tefigrama) T_{d_2} (temperatura do ponto de orvalho a jusante). Justifique.
   b. Estime as razões de mistura inicial e final e a quantidade de água que precipitou nesse processo por cada kg de ar.
   c. Explique a origem do aquecimento do ar, uma vez que se trata de um processo adiabático.
   d. Calcule qual a temperatura mais alta que o ar a jusante poderia ter atingido nesse processo.

3. Um alpinista transporta um barómetro, um termómetro e um higrómetro. No início da escalada mede ($P = 950hPa, T = 10°\text{C}, RH = 50\%$), no topo mede ($P = 730\ hPa, T = -8°\text{C}, RH = 90\%$).
   a. Calcule a temperatura virtual a cada nível.
   b. Calcule o desnível em m.
   c. Estime o erro que resultaria da ausência do higrómetro.

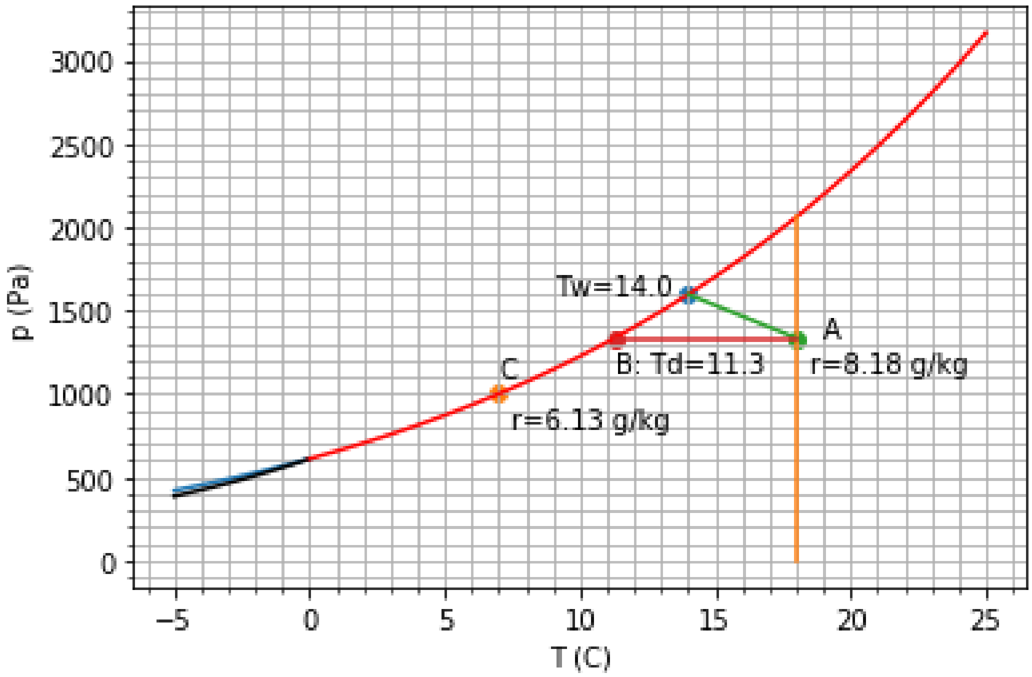
Parte 2

4. Num anticiclone circular aos 35N observa-se, num ponto a 2000 km do centro, à superfície, um vento de 5 ms^{-1}. Aos 500 m observa-se subsidência com uma velocidade de w=-1.5mms^{-1}. Considere $\rho = 1.3\ kg\ m^{-3}$.
   a. Esquematize o equilíbrio de forças que deve ser satisfeito por uma partícula de ar no ponto referido;
   b. Estime o ângulo entre o vento e as isóbaras;
   c. Estime o gradiente de pressão.

5. Num ponto à superfície (p=1000 hPa), aos 40N, observa-se um vento de 6 ms^{-1} de sudoeste. Aos 500 hPa observa-se um vento de 15 ms^{-1} de oeste. Admita que o vento é geostrófico e que a atmosfera está em equilíbrio hidrostático.
   a. Estime o gradiente médio de temperatura na camada 1000-500 hPa;
   b. Calcule o vento médio nessa camada;
   c. Calcule a tendência da sua temperatura média.

6. Uma frente à superfície, aos 50N, está alinhada na direção N-S. A massa de ar a W da frente apresenta uma temperatura de 15°C e um vento de 10 ms^{-1} de NW, a massa de ar a E da frente apresenta uma temperatura de 3°C e um vento de 13 ms^{-1} soprando de SSW.
   a. Esquematize a estrutura de frente nos planos horizontal e vertical;
   b. Classifique a frente;
   c. Estime o declive da frente e o ângulo com a horizontal em graus.

1.



a. Ver diagrama. Resolvendo a equação psicrométrica:

$$e_A = e_w - P\frac{c_p}{l_v \varepsilon}(T_A - T_w) = 1334\ Pa$$

$$r_A = \frac{\varepsilon e_A}{P} \approx 8.18 \times 10^{-3}$$

$T_d \approx 11.4$°C, encontra-se na curva de saturação à tensão de vapor e_A.

b. $Q = c_P(T_C - T_A) + l_v(r_C - r_A) \approx -16.17 \times 10^3\ J\ kg^{-1}$

c. $r_{l_C} = r_A - r_C \approx 2.05 \times 10^{-3}$

d. $\Delta t = \frac{Q_{AB}}{\dot{Q}} \approx \frac{c_P(11.3-18)}{\dot{Q}} \approx 5.02\ h$: nevoeiro às 23:01

$$\dot{Q} = \frac{Q}{12 \times 3600} \approx -0.37\ W\ kg^{-1}$$

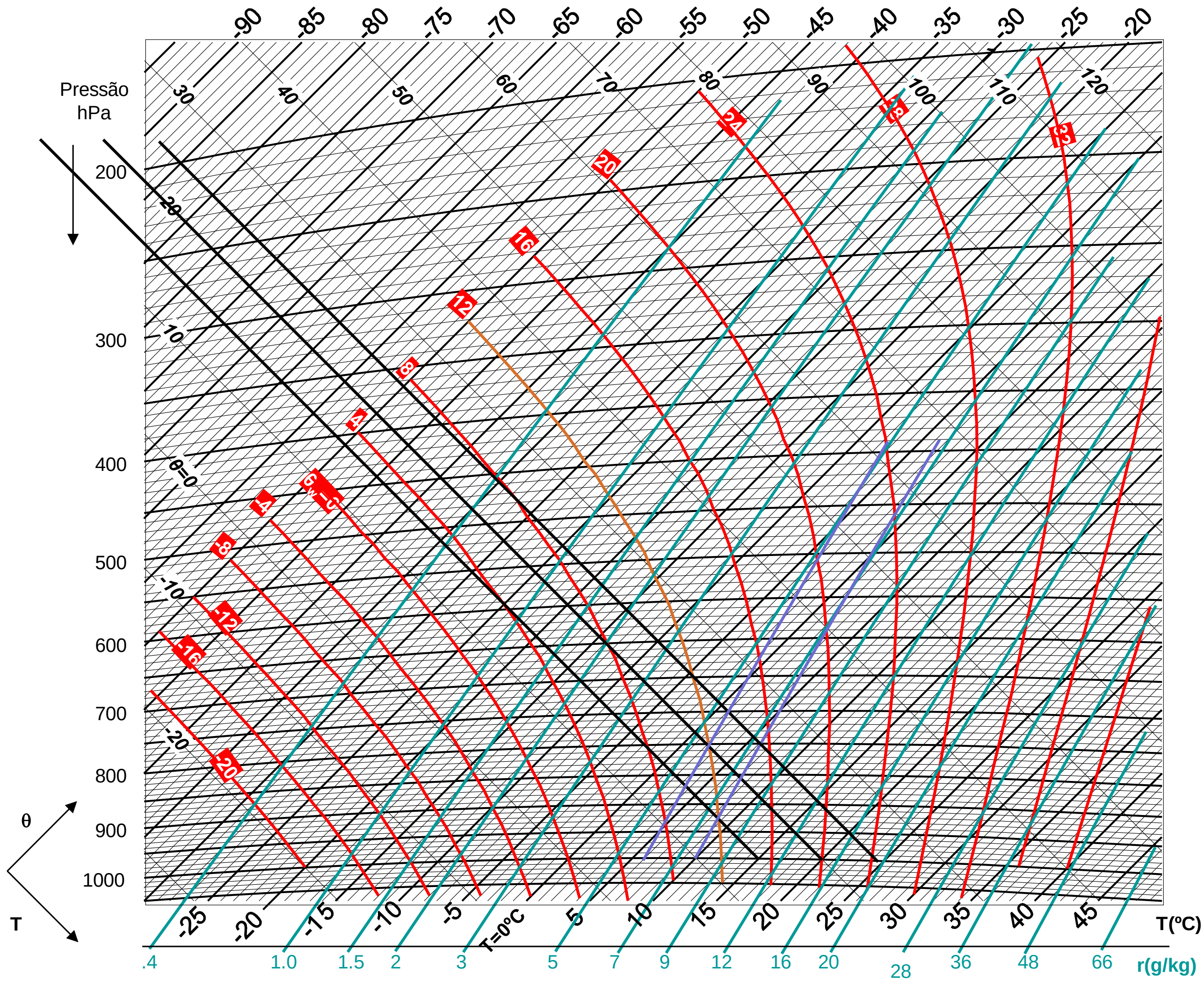
2. Tefigrama

a. Tratando-se de transformação adiabática possivelmente com condensação existe conservação da temperatura potencial do termómetro molhado ($\theta_w \approx 12$°C, curva castanha). Por essa razão ($\theta_w = const$), $T_{d_2} \approx 6$°C. O ponto de orvalho obtém-se seguindo pela linha de igual razão de mistura que cruza parte do ponto ($\theta_w = 12$°C, $\theta = 20$°C).

b. $r_1 = \frac{\varepsilon}{P} e^{sat}(T_{d_1}) \approx \frac{\varepsilon}{P} e^{sat}(10°C) \approx \frac{\varepsilon}{P} 1226 \approx 7.6 \times 10^{-3}; r_2 = \frac{\varepsilon}{P} e^{sat}(6°C) \approx 5.8 \times 10^{-3}; r_{prec} = r_1 - r_2 \approx 1.8 \times 10^{-3}$.

c. Calor latente libertado na ascensão é inferior ao absorvido na compressão, pois parte da água condensada precipita.

d. A temperatura mais alta seria atingida se todo o vapor condensado na ascensão até aos 700 hPa precipitasse (ver figura) $T_{Max} \approx 24.5$°C. (notar que $\theta = 24.5$°C intercepta a curva $\theta_w = 12$°C aos 700 hPa).



3. Altimetria
   a. $T_{v_1} = T_1(1 + 0.61r_1) = 283.15(1 + 0.61 \times 4 \times 10^{-3}) \approx 283.84K \approx 10.7°\text{C}$

$$T_{v_2} = T_2(1 + 0.61r_2) = 265.15(1 + 0.61 \times 2.6 \times 10^{-3}) \approx 265.6K \approx -7.6°\text{C}$$

   b. Desnível

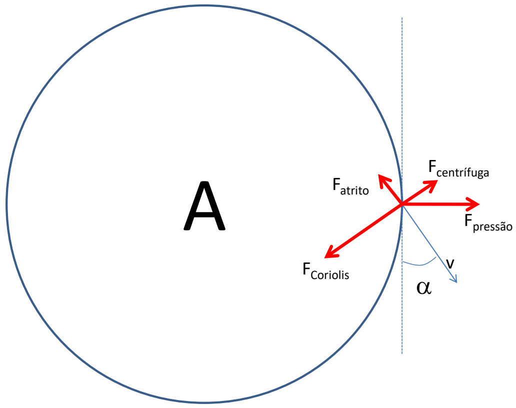
$$\Delta z = \frac{R_d \overline{T_v}}{g} \ln\left(\frac{p_0}{p_1}\right) \approx 2117.8\,m$$

   c. Neste caso seria

$$\Delta z = \frac{R_d \overline{T}}{g} \ln\left(\frac{p_0}{p_1}\right) \approx 2113.5m$$

O que corresponde a um erro de 4.3m.

4. Anticiclone



a. Ver figura

b. Condição de conservação da massa: $\rho w \pi R^2 = \rho v_\perp 2\pi R h$, onde $v_\perp = \frac{wR}{2H} \approx 3\ ms^{-1}$ é a componente do vento (horizontal) perpendicular às isóbaras. Ângulo entre o vento e as isóbaras: $\alpha = \sin^{-1}(v_\perp / v) \approx 36.9°$

c. Equação de equilíbrio: $-\frac{v^2}{R} - fv - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial n} = -\frac{v^2}{R} - fv + \frac{1}{\rho}|\nabla P|\cos\alpha = 0$. Logo:

$$|\nabla P| = \frac{\left(\frac{v^2}{R} + fv\right)\rho}{\cos\alpha} \approx 6.1 \times 10^{-4} Pa\, m^{-1} \approx 0.61\ hPa/100km$$

5. Vento térmico

a. $\vec{v}_{1000} = 6\cos(45°)\vec{\imath} + 6\sin(45°)\vec{\jmath};\ \vec{v}_{500})15\ \vec{\imath}$

$u_T = u_{500} - u_{1000} \approx 10.57\ ms^{-1}$; $v_T = v_{500} - v_{1000} \approx -4.24\ ms^{-1}$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{v_T}{\left(\frac{R_d}{f}\ln\left(\frac{1000}{500}\right)\right)} \approx -0.2 \times 10^{-5} Km^{-1} = -0.2\ K/100km$$

$$\frac{\partial T}{\partial y} = -\frac{u_T}{\left(\frac{R_d}{f}\ln\left(\frac{1000}{500}\right)\right)} \approx -0.51 \times 10^{-5} Km^{-1} = -0.51\ K/100km$$

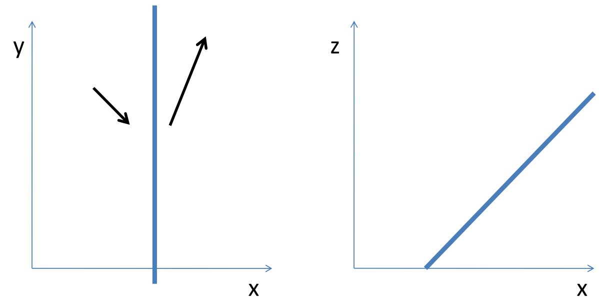
b. Vento médio

$$\bar{\vec{v}} = 9.62\ \vec{\imath} + 2.12\ \vec{\jmath}$$

c. Tendência da temperatura

$$\frac{\partial \bar{T}}{\partial t} = -\bar{u}\frac{\partial T}{\partial x} - \bar{v}\frac{\partial T}{\partial y} \approx 3.0 \times 10^{-5} Ks^{-1} \approx 0.11\ K/h$$

6. Frente
    a.



    b. Frente QUENTE.
    c. Aplicação direta da fórmula de Margules:

$$tan(\alpha) = \frac{\Delta z}{\Delta x} = \frac{f}{g}\frac{(\rho_1 v_1 - \rho_2 v_2)}{(\rho_1 - \rho_2)} = \frac{f}{g}\frac{(T_2 v_1 - T_1 v_2)}{(T_2 - T_1)} \approx \frac{5}{1000} \Longrightarrow \alpha \approx 0.3°$$

Notar que v_1 e v_2 são as componentes do vento horizontal <u>paralelo</u> à frente.(e.g., v_2=13 cos(22.5°)).