A collage of several Earth globes and a sun-like planet. The sun is on the left, glowing orange and red. The globes are arranged in a path, showing different atmospheric and climate models. One globe is a standard blue and white Earth, another is a blue and white globe with a red band across the equator, and another is a globe with a rainbow color gradient. The background is a dark space with a nebula or galaxy.

ACA-115

Introdução a Ciências Atmosféricas

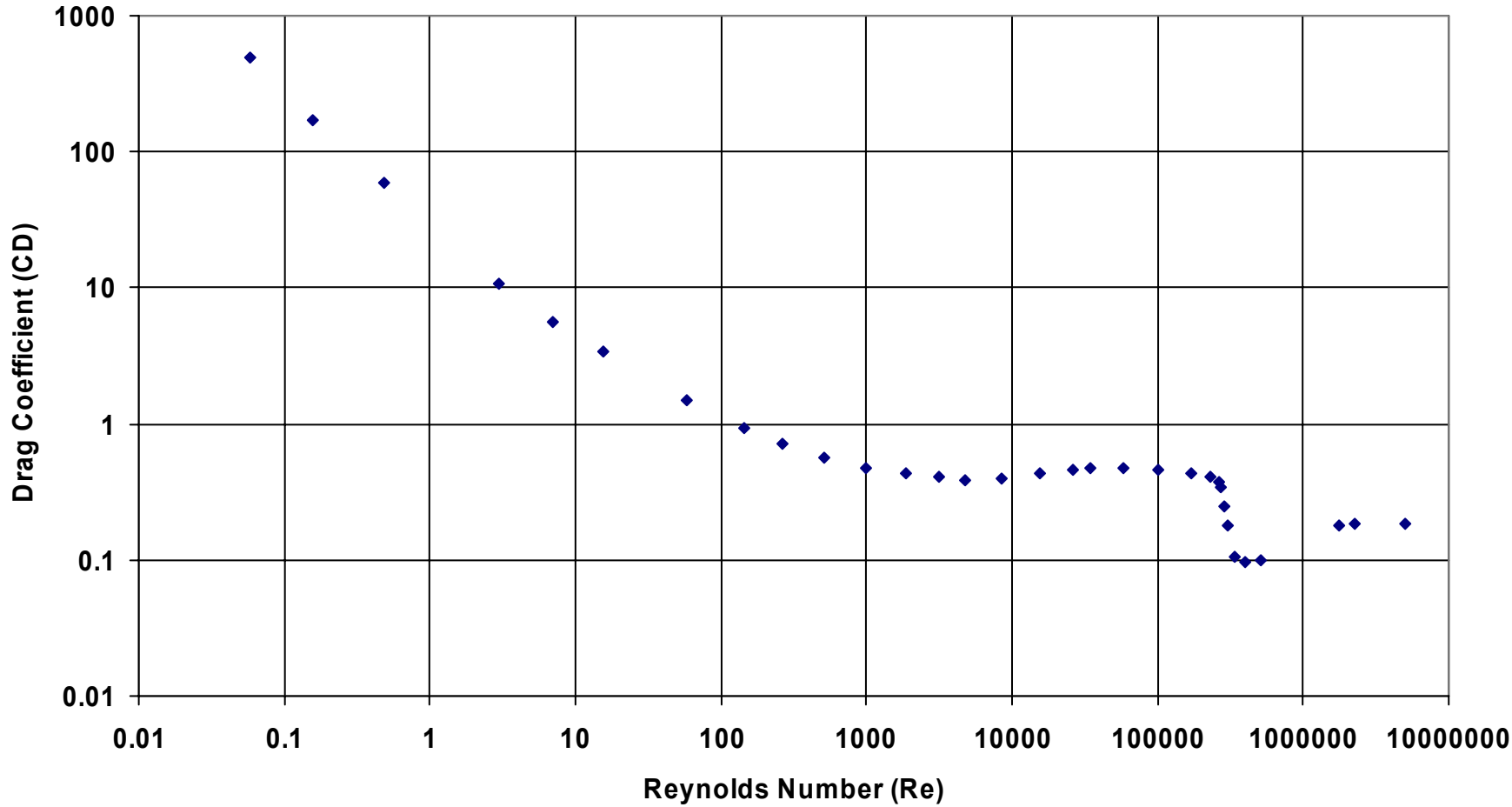
Os Movimentos da Atmosfera

Aula 6

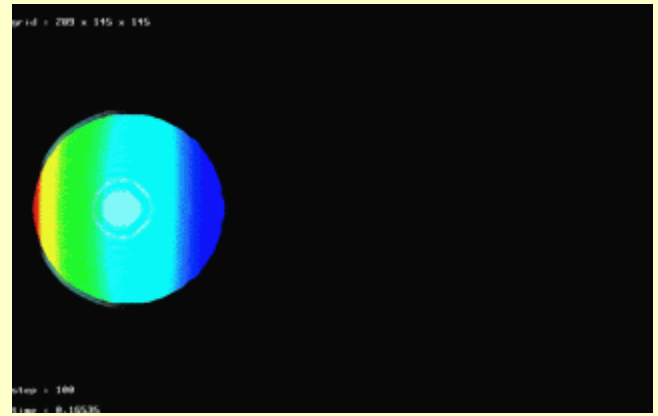
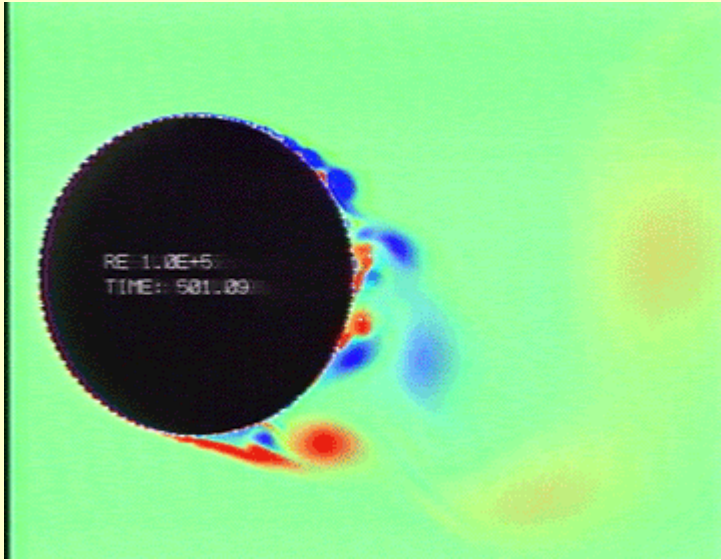
Turbulência Atmosférica

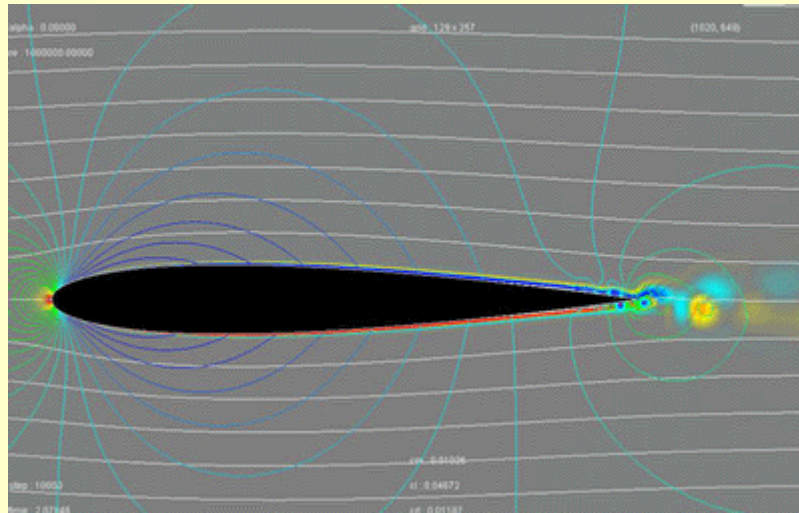
$$C_D = \frac{F_D 2g_c}{A\rho u_\infty^2} = \frac{8}{\pi} \left(\frac{F_D g_c}{D^2 \rho u_\infty^2} \right) = f''(\text{Re}).$$

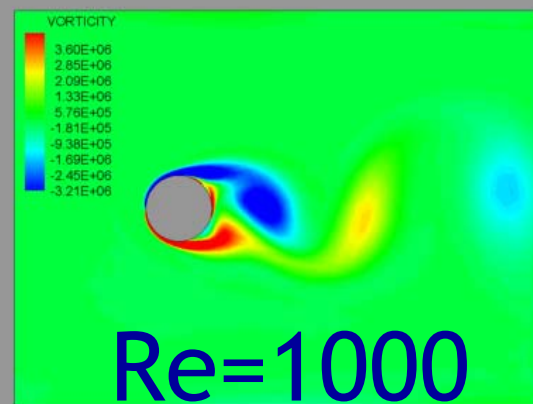
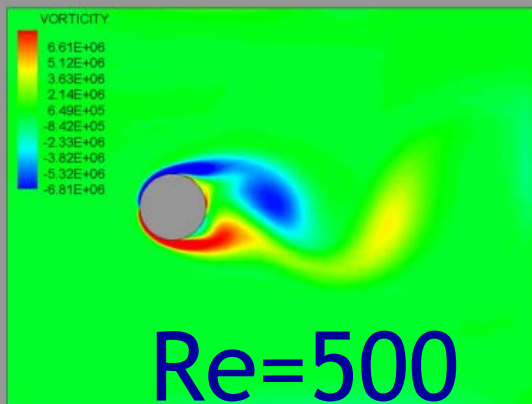
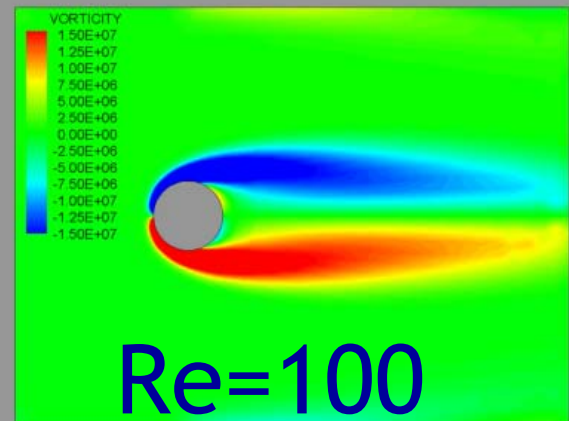
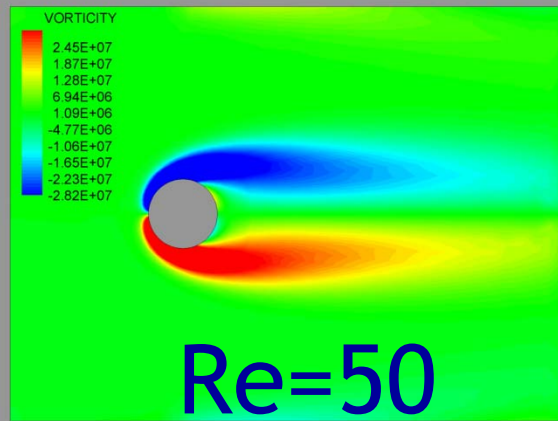
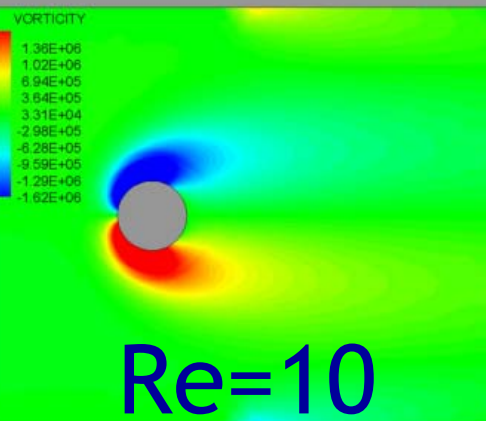
Drag Coefficient vs. Reynolds Number for a Sphere



$$\frac{u_\infty D \rho}{\mu}$$







 */IAG

 PPI

 Z_TAF

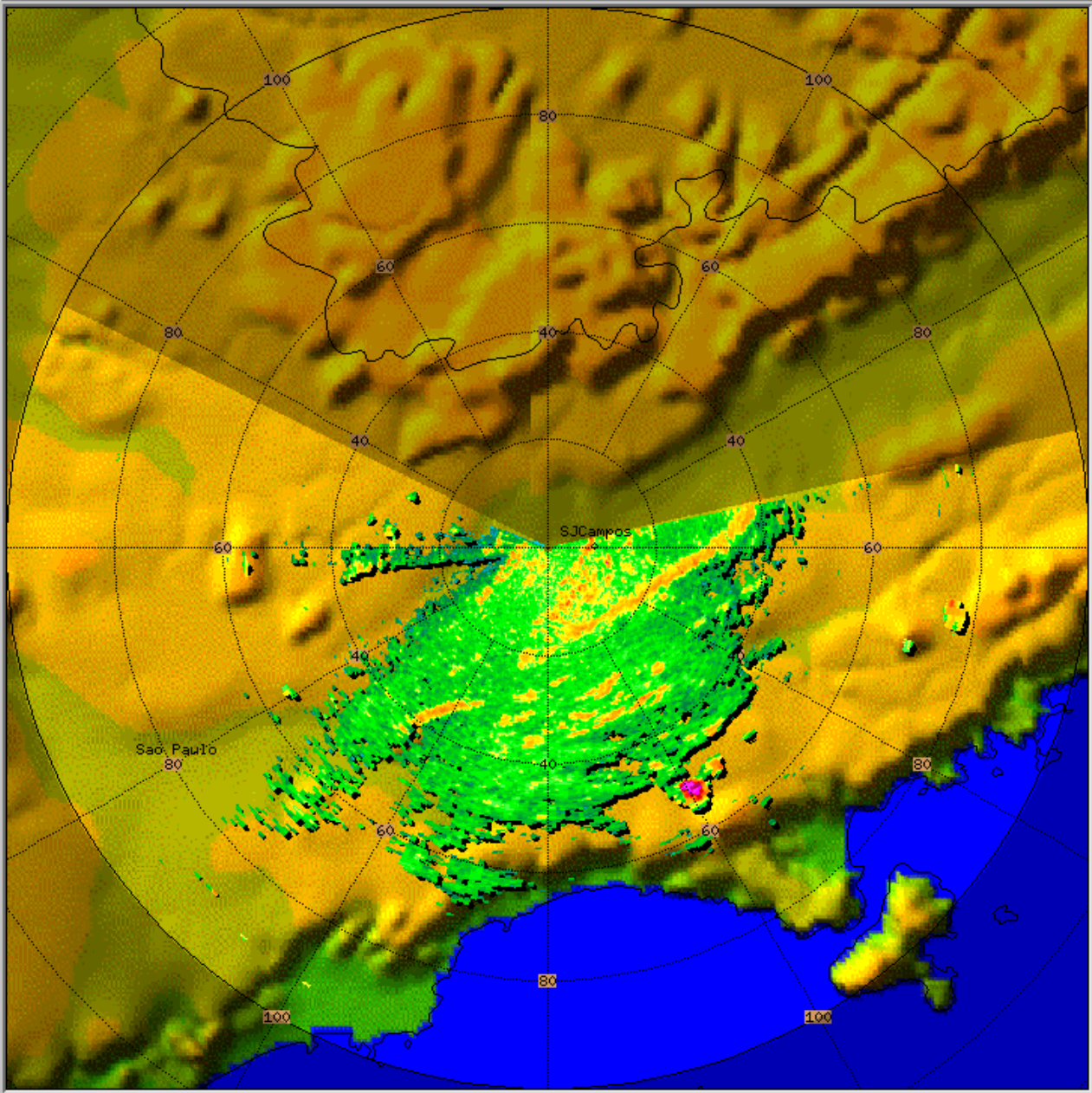
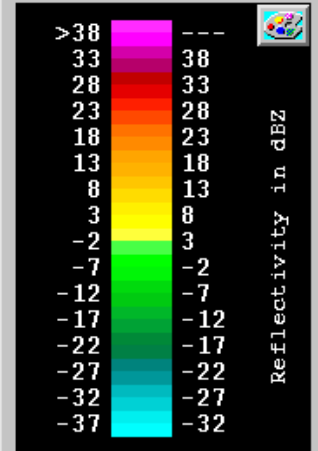
 El: 1.0

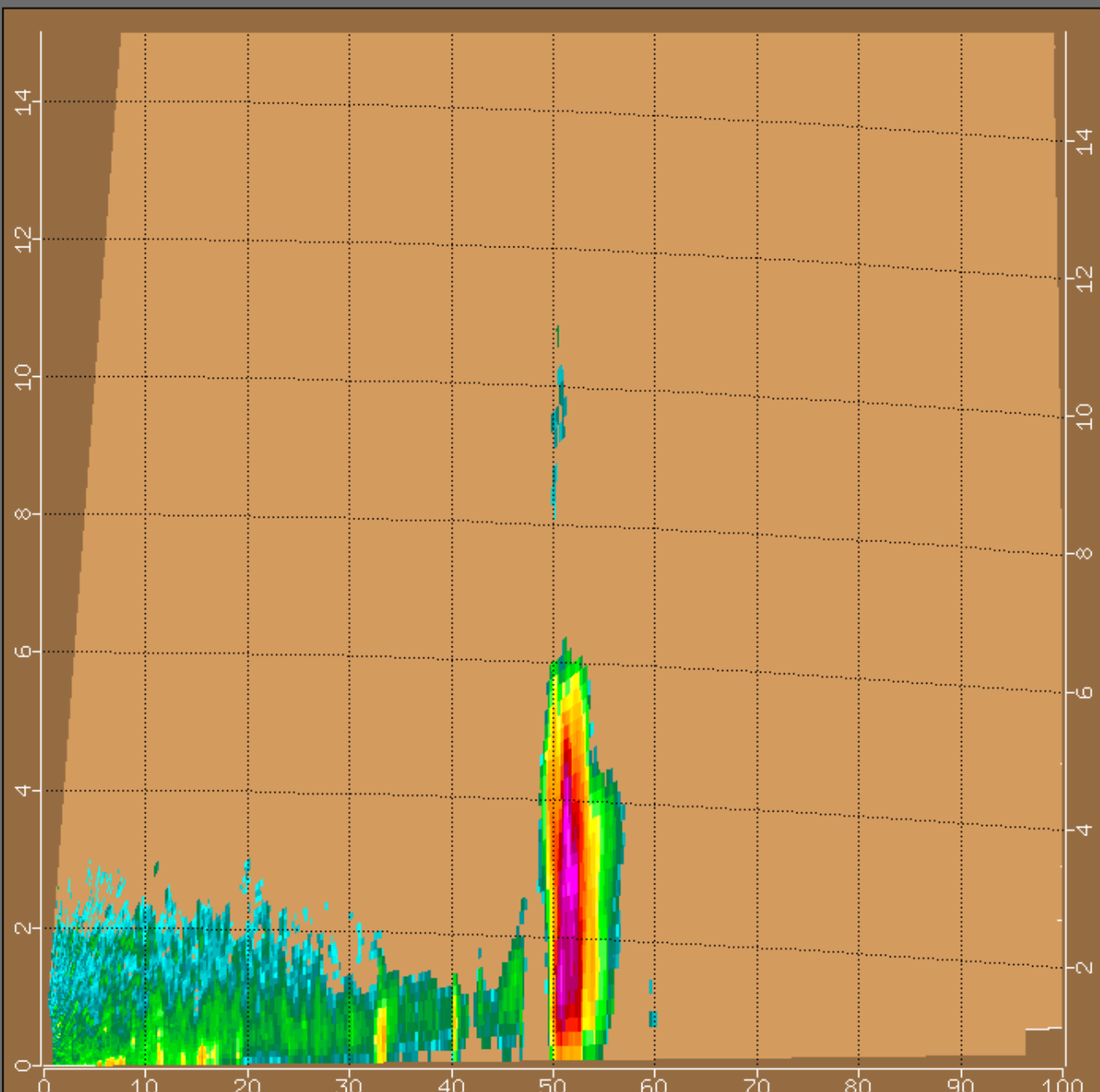
 Range: 100 km

 POL_VOL_TAF

16:08:12 Z
16 FEB 2007





IAG

16 FEB 2007

16:17:07

150.0

1.4

AZ

EL

100

km

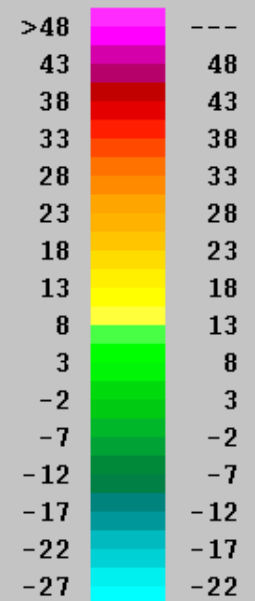
dBZ

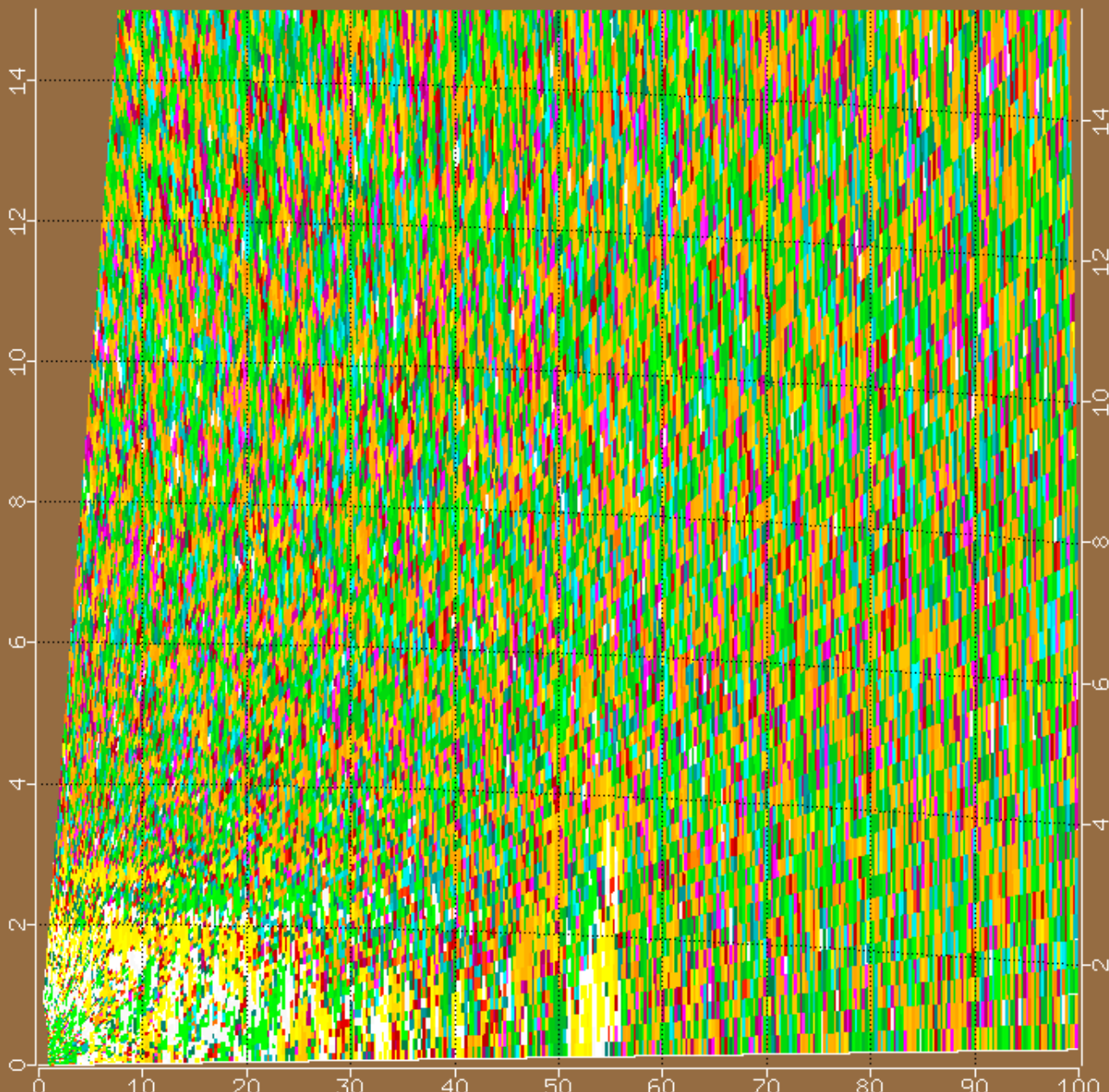
dBZ

Overlays



Colors





IAG

16 FEB 2007

16:18:22

150.0

-0.3

AZ

EL

100

km

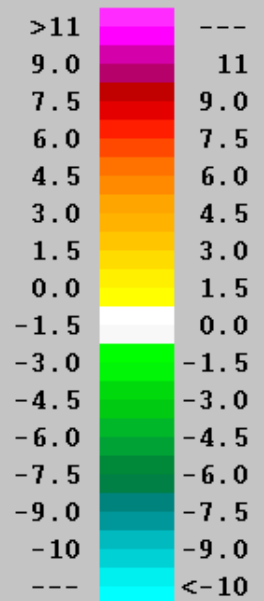
V

m/s

Overlays



Colors



Atrito na Camada Limite Planetária

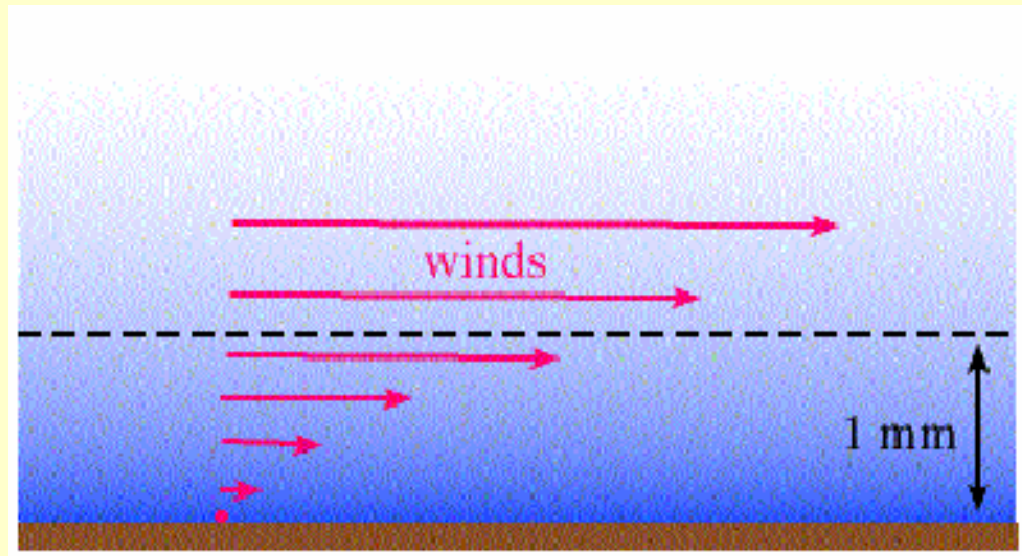
Atrito interno

- ② Atrito interno está relacionado a viscosidade molecular
- ② Viscosidade é o “freio” de um fluido devido ao movimento molecular
- ② Esse tipo de atrito é dominante em uma camada rasa da atmosfera, muito perto do solo

Atrito na Camada Limite Planetária

Atrito interno

- Ⓢ Moléculas de ar se movem mais lentamente quando estão muito próximas a uma superfície parada

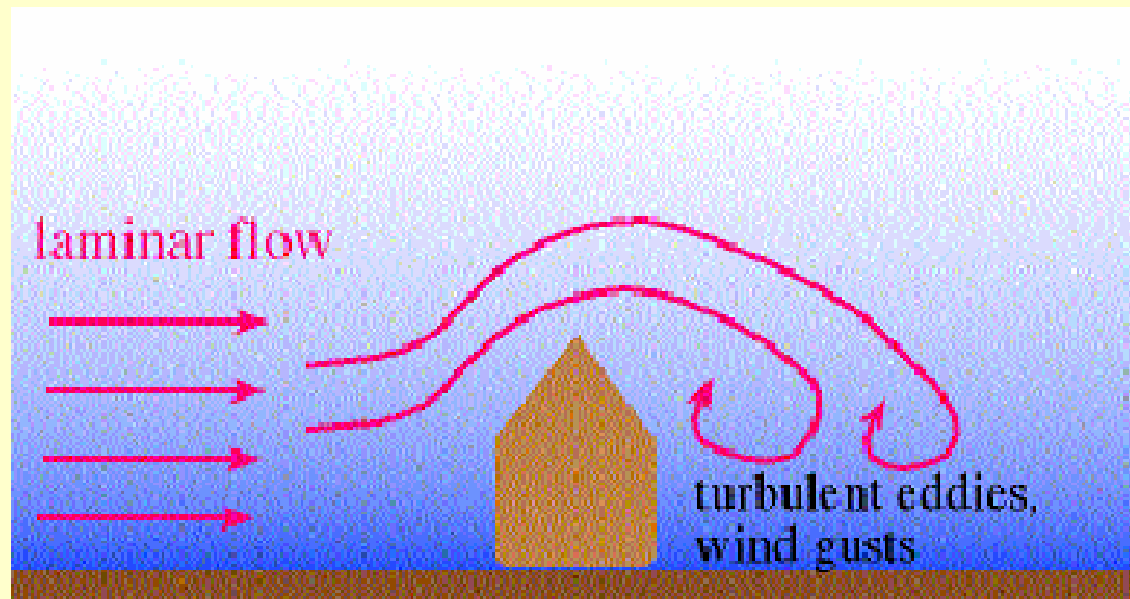


- Ⓢ Grandes mudanças na velocidade do vento ocorrem perto da superfície, nos primeiros milímetros

Atrito na Camada Limite Planetária

Viscosidade turbulenta

- ① Viscosidade turbulenta = atrito interno gerado quando um escoamento laminar (suave, estacionário) torna-se irregular e turbulento ao passar sobre superfícies irregulares



Atrito na Camada Limite Planetária

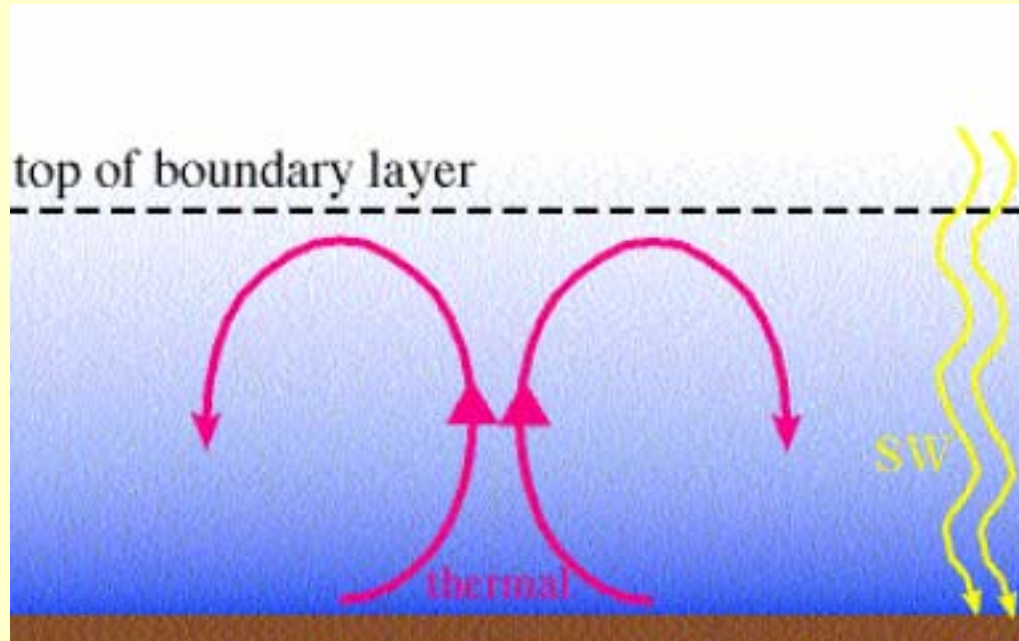
Turbulência mecânica

- © Turbulência criada por obstáculos (prédios, montanhas, etc...) é geralmente chamada de turbulência mecânica
- © Turbulência mecânica produz um atrito (arrasto) no escoamento muito maior do que aquele causado pela viscosidade molecular

Turbulência na Camada Limite

Turbulência térmica

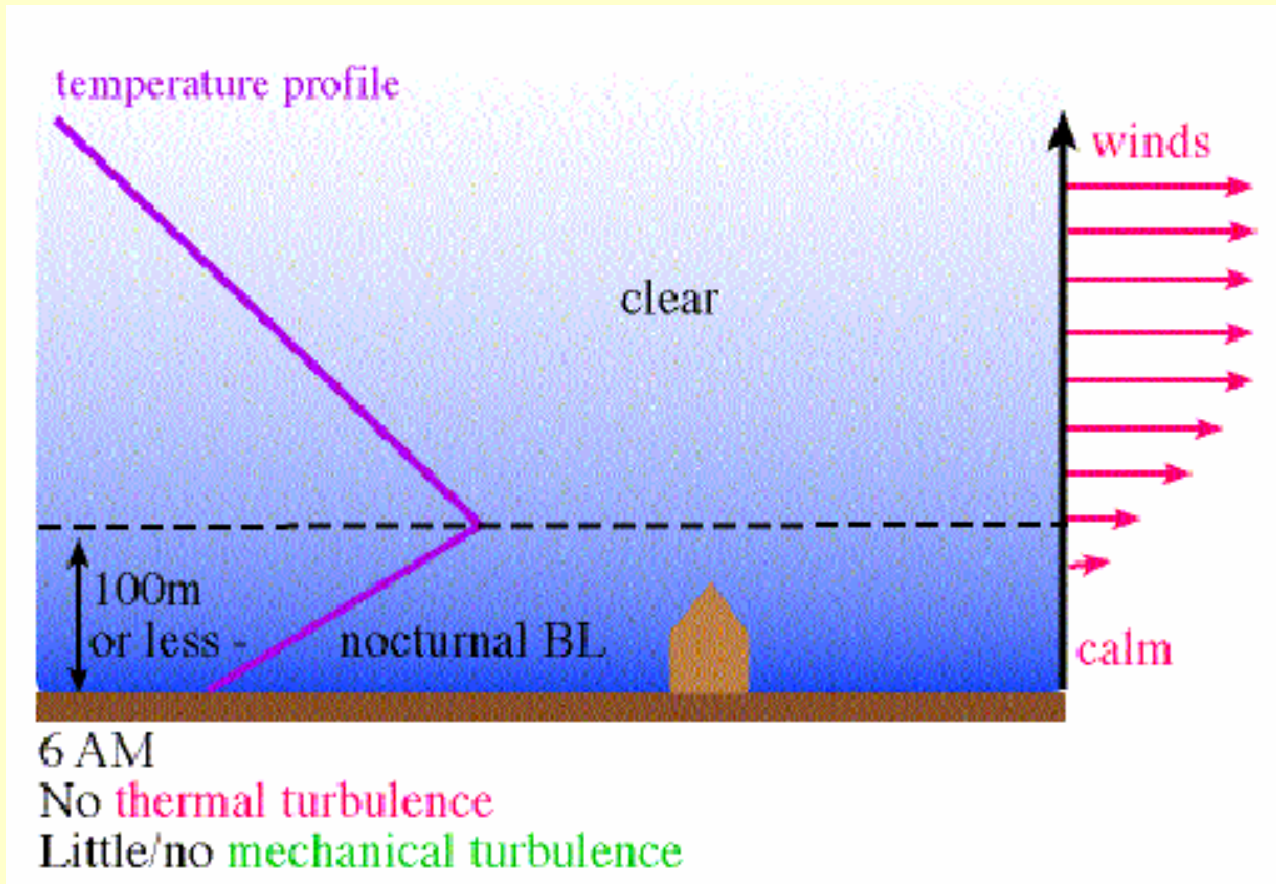
- ⊗ Turbulência térmica também ocorre na CLP e, é essencialmente gerada pelo aquecimento da superfície



- ⊗ É máxima durante o máximo aquecimento da superfície (do meio para o fim da tarde)

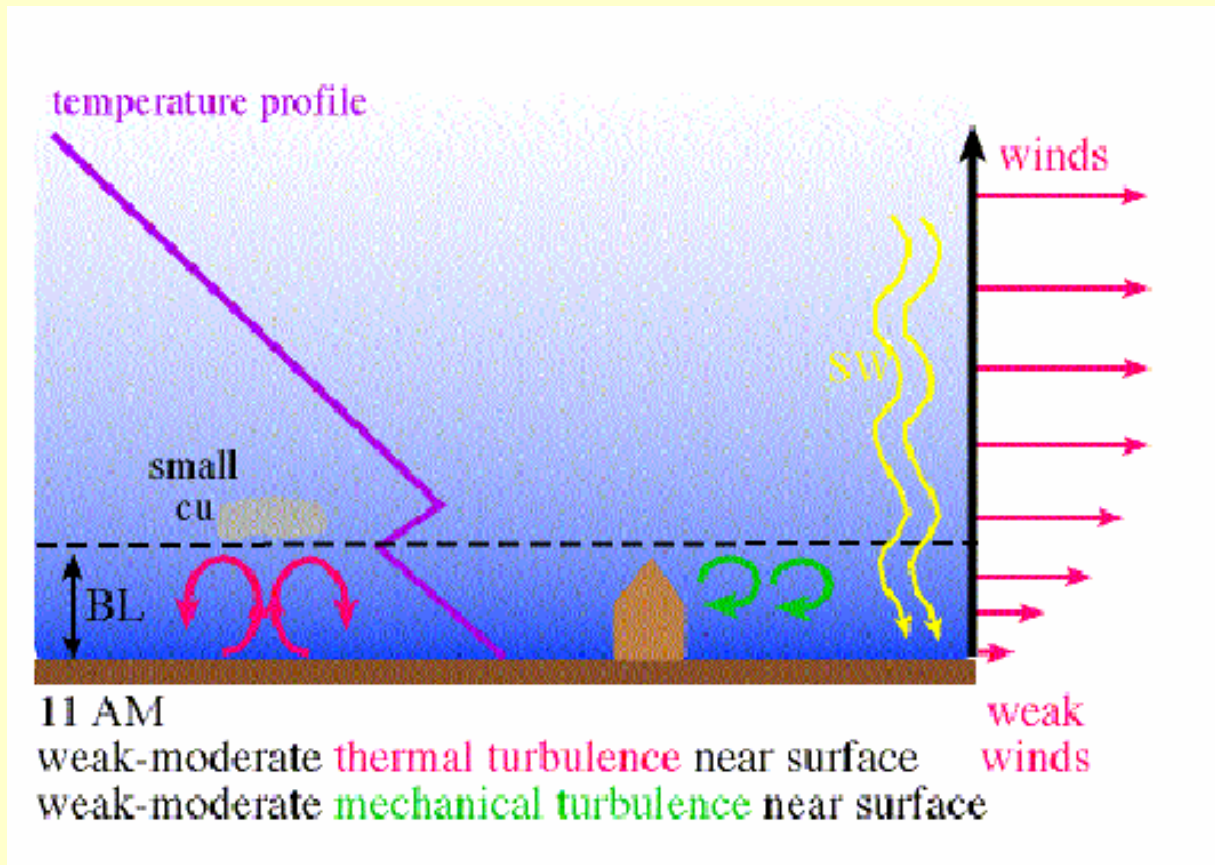
Evolução da CLP - 6h

- Ⓒ A região da superfície ao topo da camada de inversão é chamada de camada limite noturna (CLN)



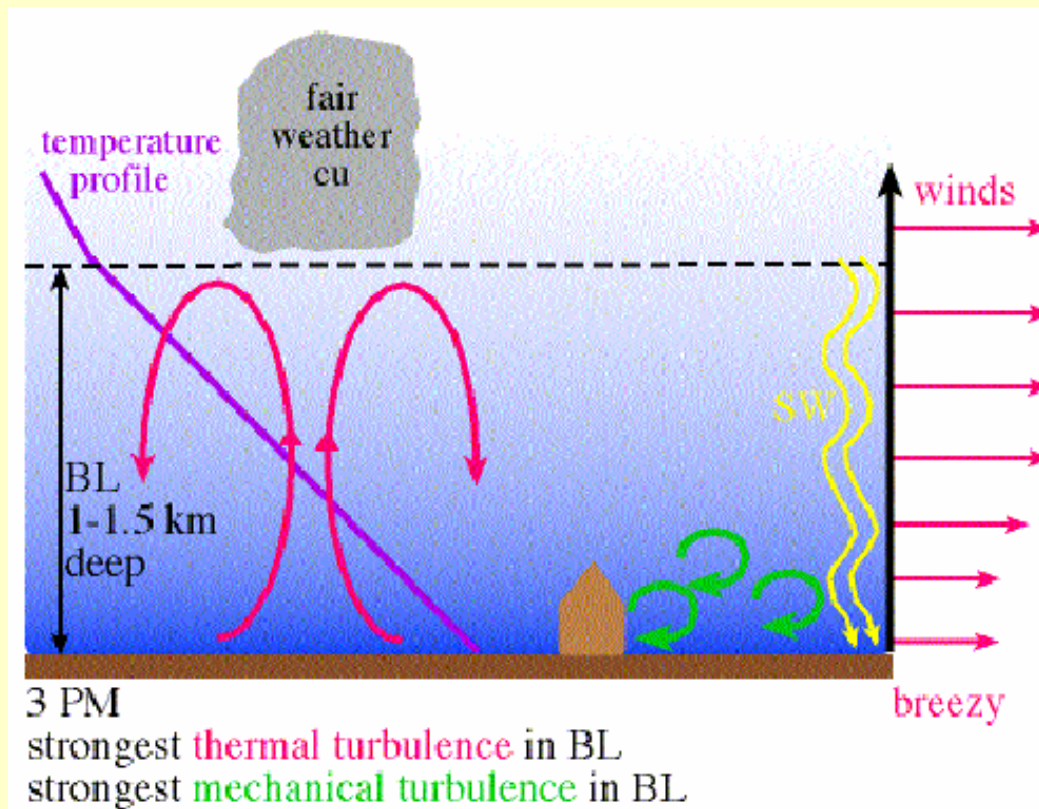
Evolução da CLP - 11h

- ⓐ O aquecimento da superfície gera térmicas
- ⓑ Cria turbulência térmica, pequenos cúmulos e permite o desenvolvimento vertical da CLP



Evolução da CLP - 15h

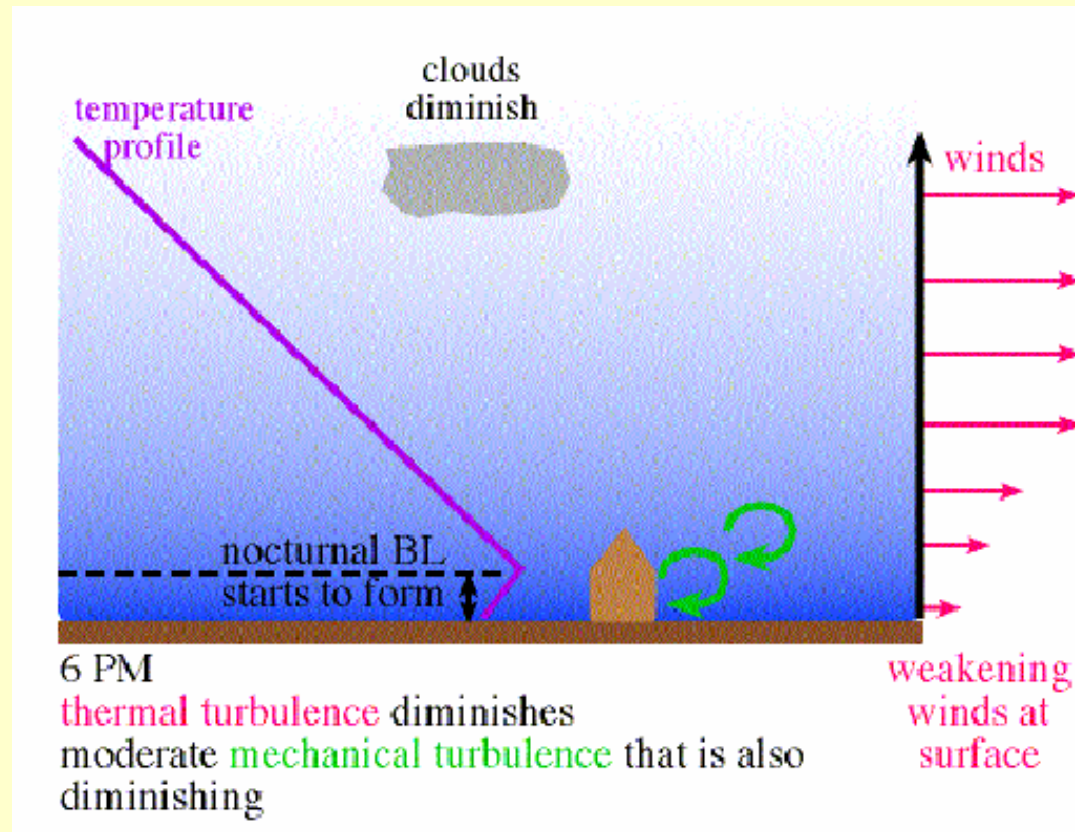
- Ⓢ Aquecimento máximo → turbulência térmica máxima
- Ⓢ Mistura dos ventos intensos (níveis altos) com os ventos fracos (superfície) - intensificação da turbulência mecânica
- Ⓢ Altura CLP \cong 1-2km
- Ⓢ O ar na CLP é bem misturado devido aos efeitos de turbulência térmica e mecânica



Evolução da CLP - 18h

- ⓐ Aquecimento e $T_{\text{superfície}}$ da superfície diminuem
- ⓑ Diminui o número de nuvens e começa a se desenvolver a CLN

ⓐ A intensidade da turbulência térmica e mecânica dependem: temperatura, vento e rugosidade da superfície



Circulação térmica

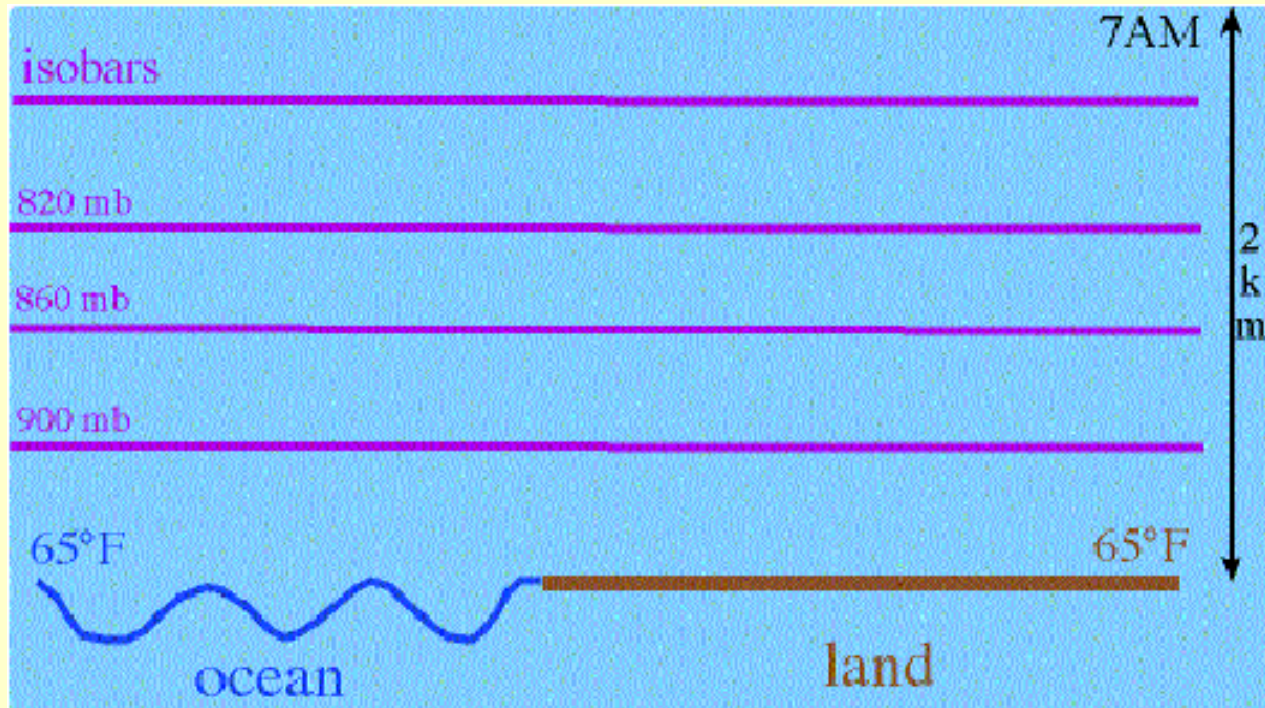
- ④ Circulação térmica é a circulação gerada pelos gradientes de pressão produzidos por aquecimento diferencial da superfície. Tendem a ser verticalmente rasas (não se estendem sobre toda a troposfera)
- ④ Muitos fenômenos são resultantes da circulação térmica como, por exemplo:
 - ④ Brisa marítima
 - ④ Brisa terrestre
 - ④ Brisa vale-montanha

**Como é gerada
uma circulação
térmica?**

Brisa marítima - Manhã

- ④ Interface entre terra/mar durante o período da manhã
- ④ Supõe-se que:
 - ④ O oceano e o continente têm a mesma temperatura
 - ④ Não há ocorrência de fenômenos de escala sinótica
- ④ Assim, a distribuição de pressão apresenta a seguinte configuração:

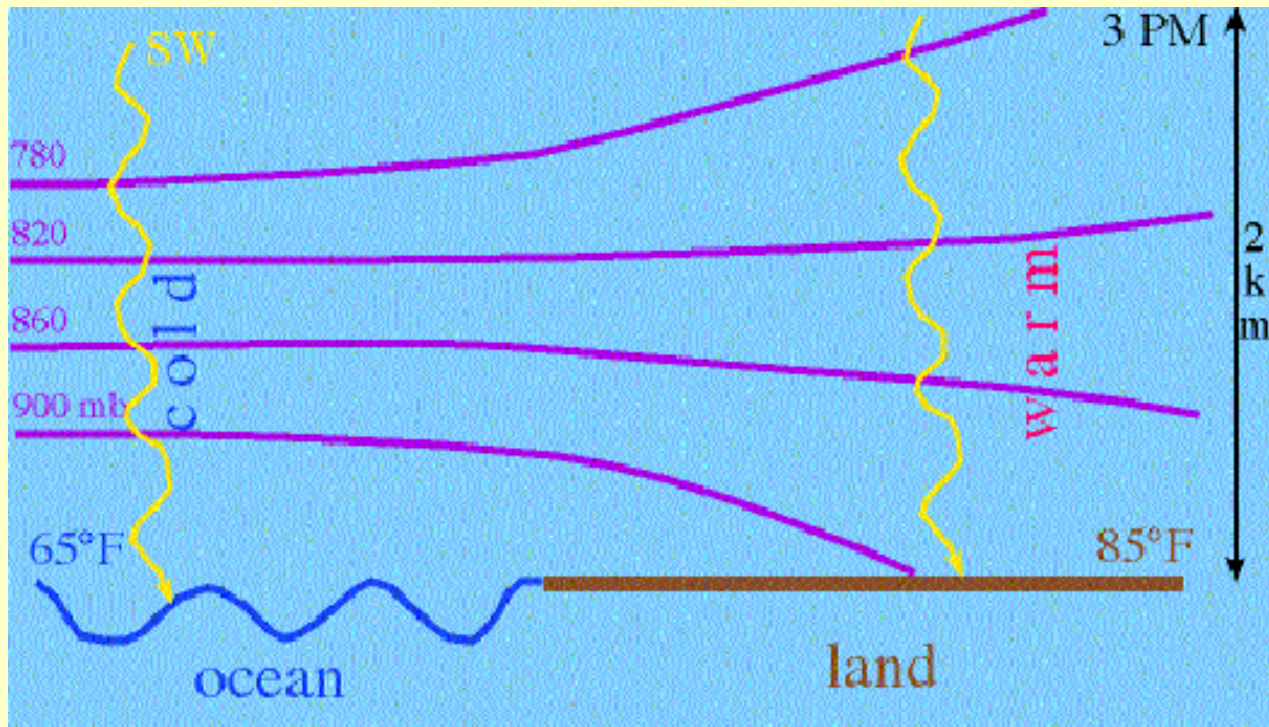
Brisa marítima - Manhã



Brisa marítima - Tarde

- ⓐ À tarde (15 HL), o continente está mais quente que a superfície do oceano
- ⓐ O ar sobre o continente irá se aquecer e expandir em resposta ao aquecimento da superfície
- ⓐ Em baixos níveis haverá, então, uma coluna de ar mais fria sobre o oceano e mais quente sobre o continente
- ⓐ Esse aquecimento diferencial gera a seguinte distribuição de pressão:

Brisa marítima - Tarde

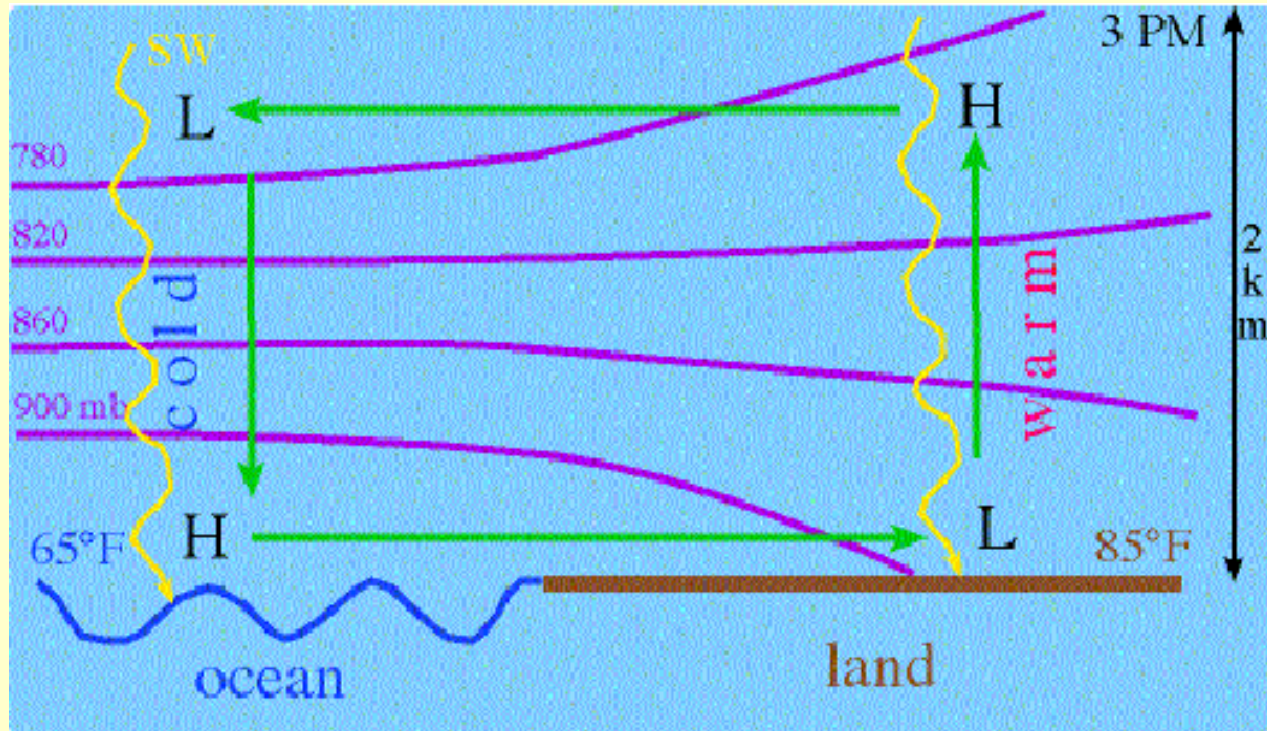


Brisa marítima - Tarde

ⓐ Escoamento resultante

- ⓐ Baixos níveis, em direção ao continente - brisa marítima
- ⓐ Níveis superiores, em direção ao mar - escoamento de retorno
- ⓐ Movimento ascendente sobre o continente devido a convecção (baixa em superfície)
- ⓐ Movimento descendente sobre o oceano (alta em superfície)

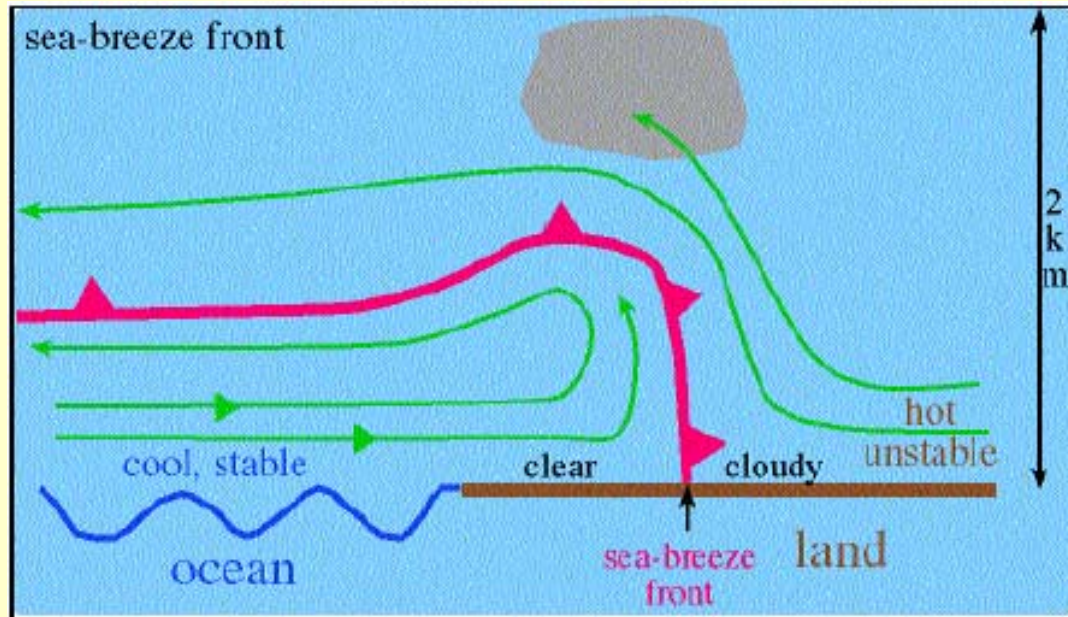
Brisa marítima - Tarde



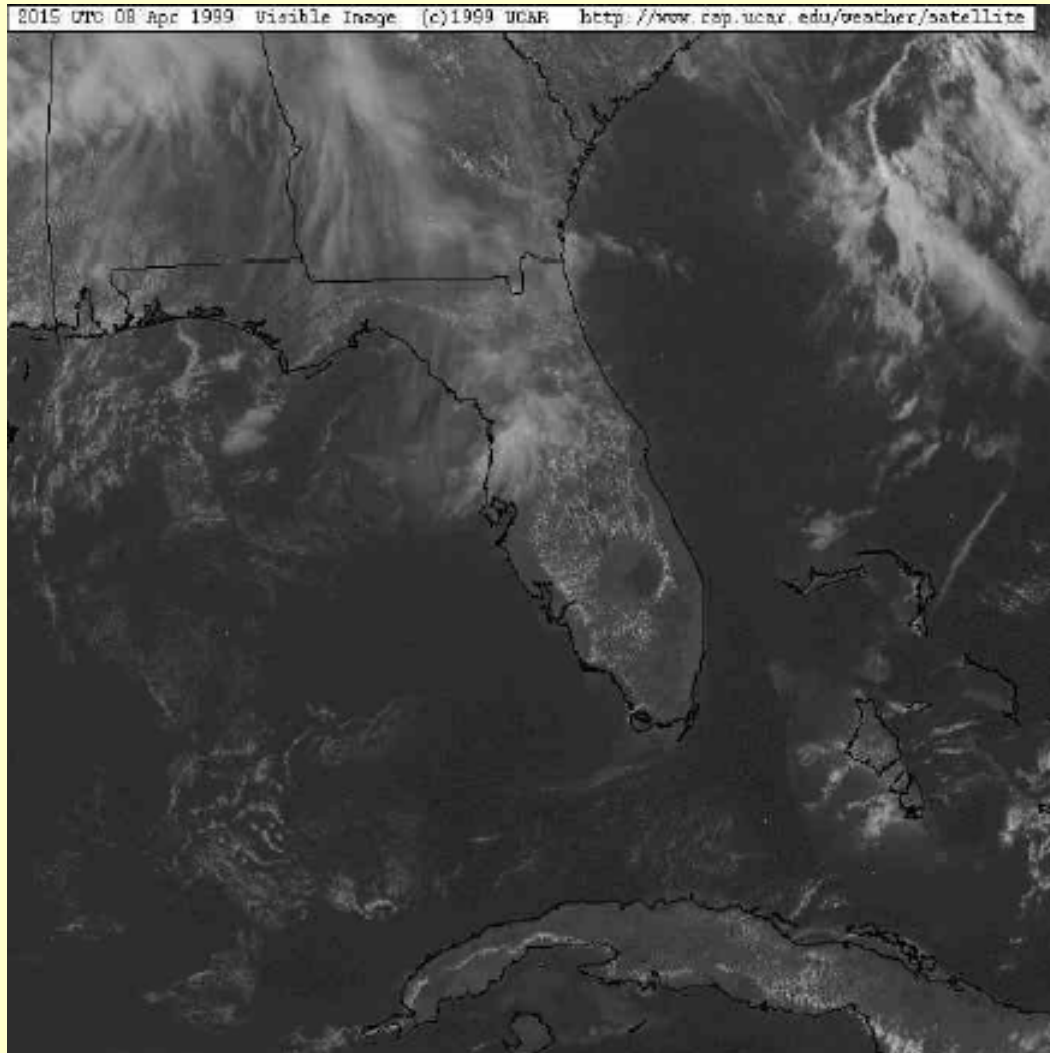
Frente da brisa marítima

- Ⓢ Fronteira entre o escoamento frio e estável proveniente do oceano e o ar quente e instável sobre o continente
- Ⓢ Com a passagem frontal da brisa marítima:
 - Ⓢ Mudança na velocidade e direção do vento
 - Ⓢ Diminuição da temperatura
 - Ⓢ Aumento da umidade
- Ⓢ Verifica-se um máximo de temperatura exatamente antes da passagem frontal
- Ⓢ Frequentemente há formação de nuvens ao longo da frente

Frente da brisa marítima

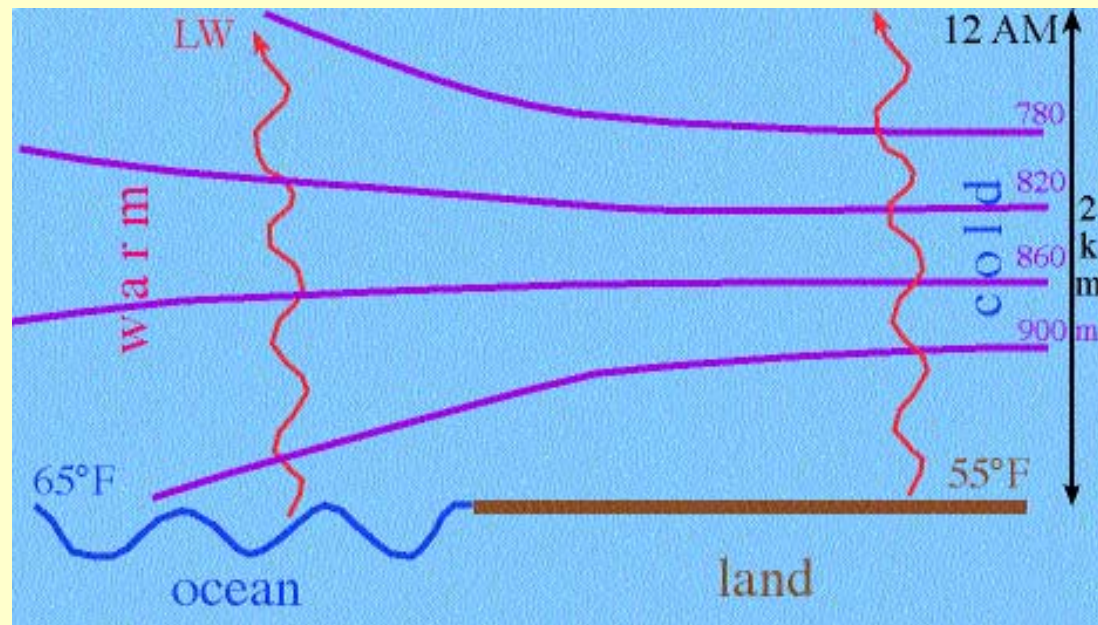


Frente da brisa marítima



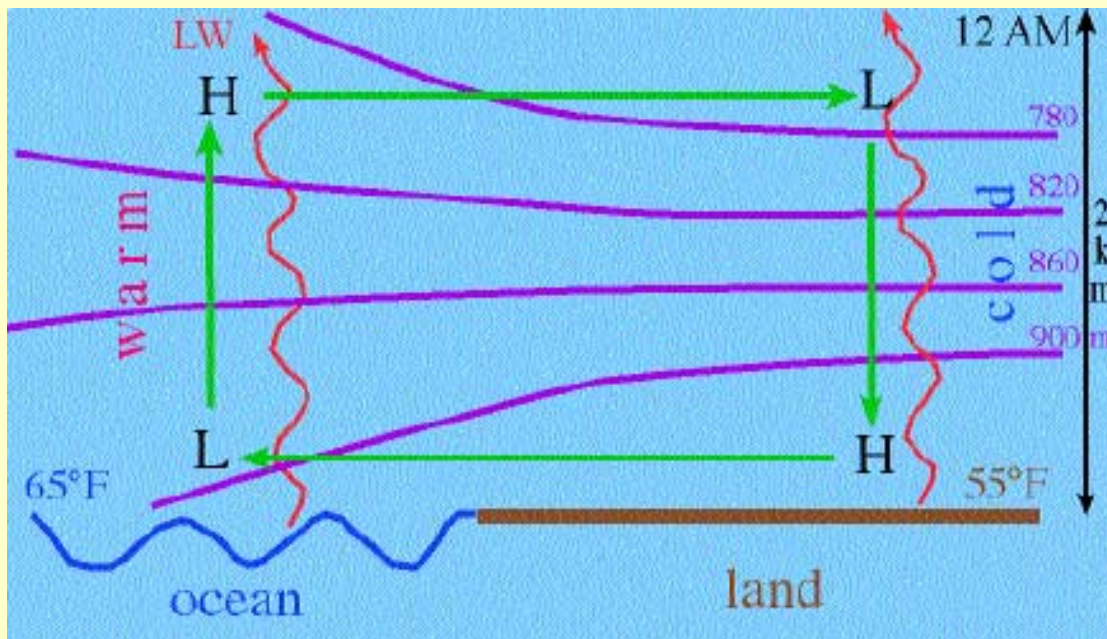
Brisa terrestre

- ② Ocorre a noite devido ao resfriamento radiativo do continente ser mais rápido do que o do oceano
- ② Tal resfriamento produz a distribuição de pressão:



Brisa terrestre

- Ⓢ Brisa terrestre tende a ser mais fraca que a brisa marítima devido à ΔT entre o continente e o oceano, à noite, em geral, ser menor do que durante o dia

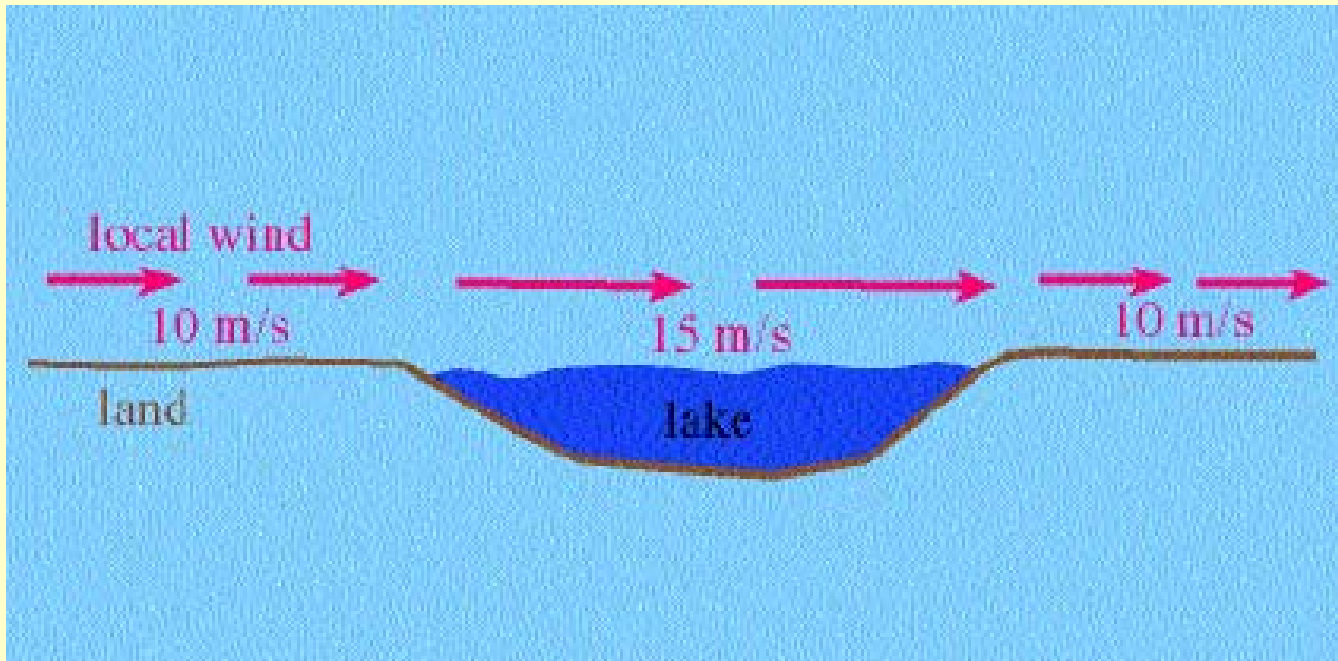


Vento local e água

- ④ Os ventos freqüentemente mudam de direção e velocidade quando se movem da água para o continente e vice-versa. Por quê?
- ④ Quando ar move-se sobre um lago:
 - ④ Os ventos aceleram da terra para o lago
 - ④ Os ventos desaceleram do lago para a terra
- ④ Isso ocorre devido ao fato de o atrito sobre a terra ser maior que sobre a água

Vento local e água

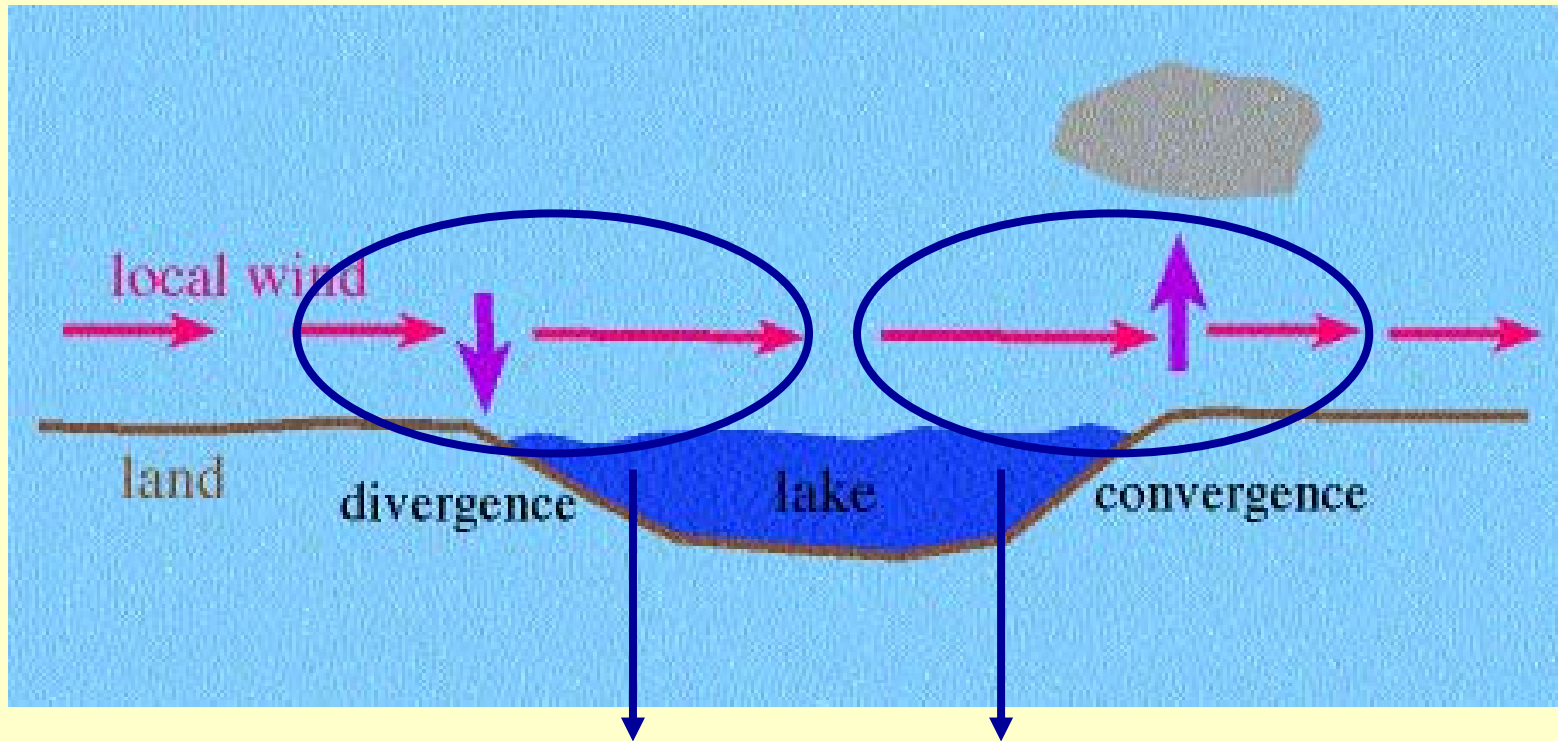
- Qual movimento vertical é produzido por esse padrão?



Vento local e água

- ④ **Intensificação dos ventos (terra-lago)**
 - ④ Uma área de divergência é gerada (movimento descendente)
- ④ **Desintensificação dos ventos (lago-terra)**
 - ④ Uma área de convergência é gerada (movimento ascendente). Se o movimento ascendente for forte pode haver geração de nuvens

Vento local e água

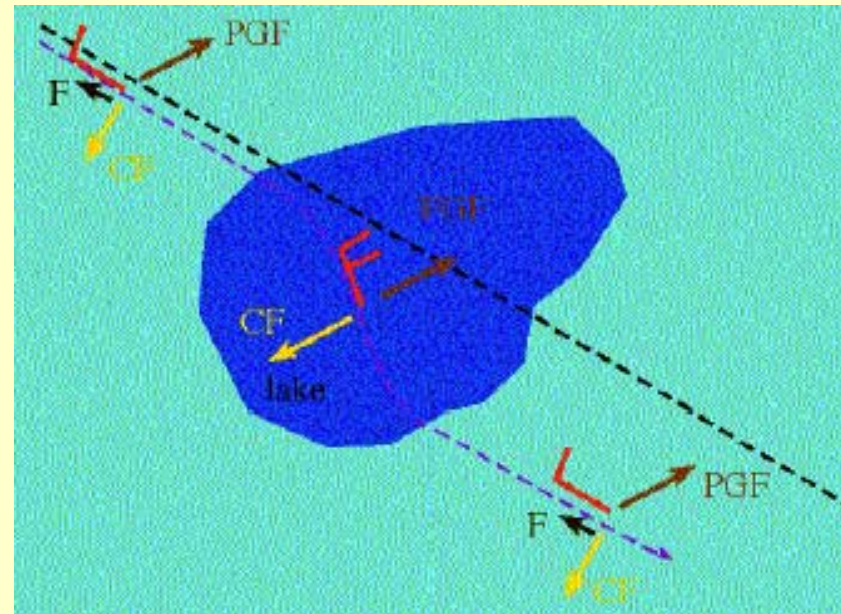


Divergência: Vetor vento tem sua intensidade aumentada (terra-lago)

Convergência: Vetor vento tem sua intensidade diminuída (lago-terra)

Mudança de direção

- ⓐ Porque quando o ar se move da terra para a água (ou vice versa) ocorre uma mudança de direção?
- ⓐ Considere o balanço de forças para os ventos
- ⓐ Note que conforme as parcelas se movem sobre o lago, o atrito fica muito menor
- ⓐ Dessa forma, há uma intensificação dos ventos
- ⓐ Dessa maneira, a força de Coriolis fica maior que a força gradiente de pressão e os ventos mudam para a direita (HN)



FIM