

# **Ventos Globais:**

## **A Circulação Geral da Terra**

ref: cap 15 Leslie Musk  
cap 8 Barry e Chorley

# As circulações da atmosfera e do oceano são, em última instância, provocadas pelo aquecimento solar.

Lembre-se:

- Radiação vinda do Sol que entra no sistema (onda curta ou radiação solar)
- Radiação que sai do sistema terra-atmosfera (onda longa ou radiação terrestre)

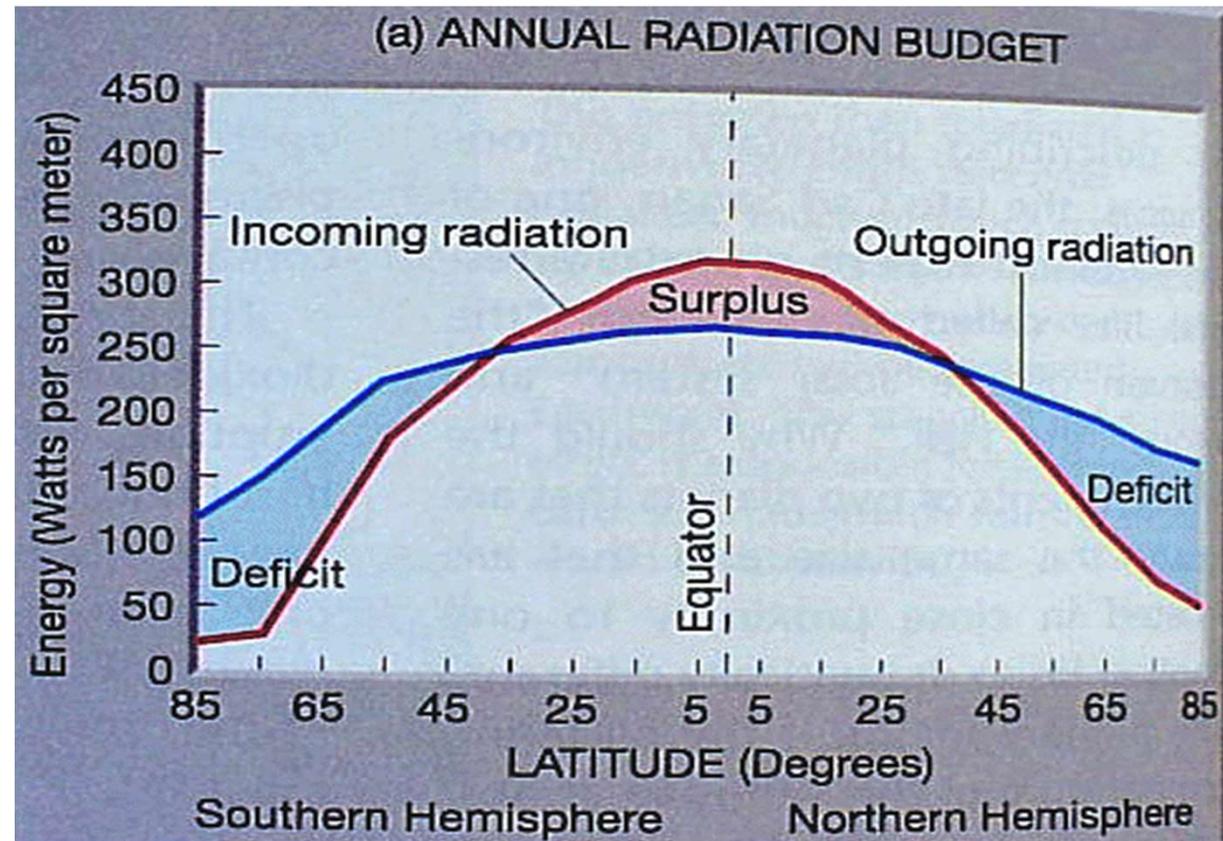
# Radiação Solar

- Os pólos recebem muito menos radiação solar do que as latitudes baixas
  - Diferenças no ângulo de incidência dos raios solares
  - A inclinação do eixo da Terra resulta em ausência de recebimento de radiação além dos círculos polares, por seis meses a cada ano
  - Gelo Ártico e Antártico refletem parte considerável da radiação solar de volta para o espaço

# Balanco de Radiação no topo da atmosfera terrestre

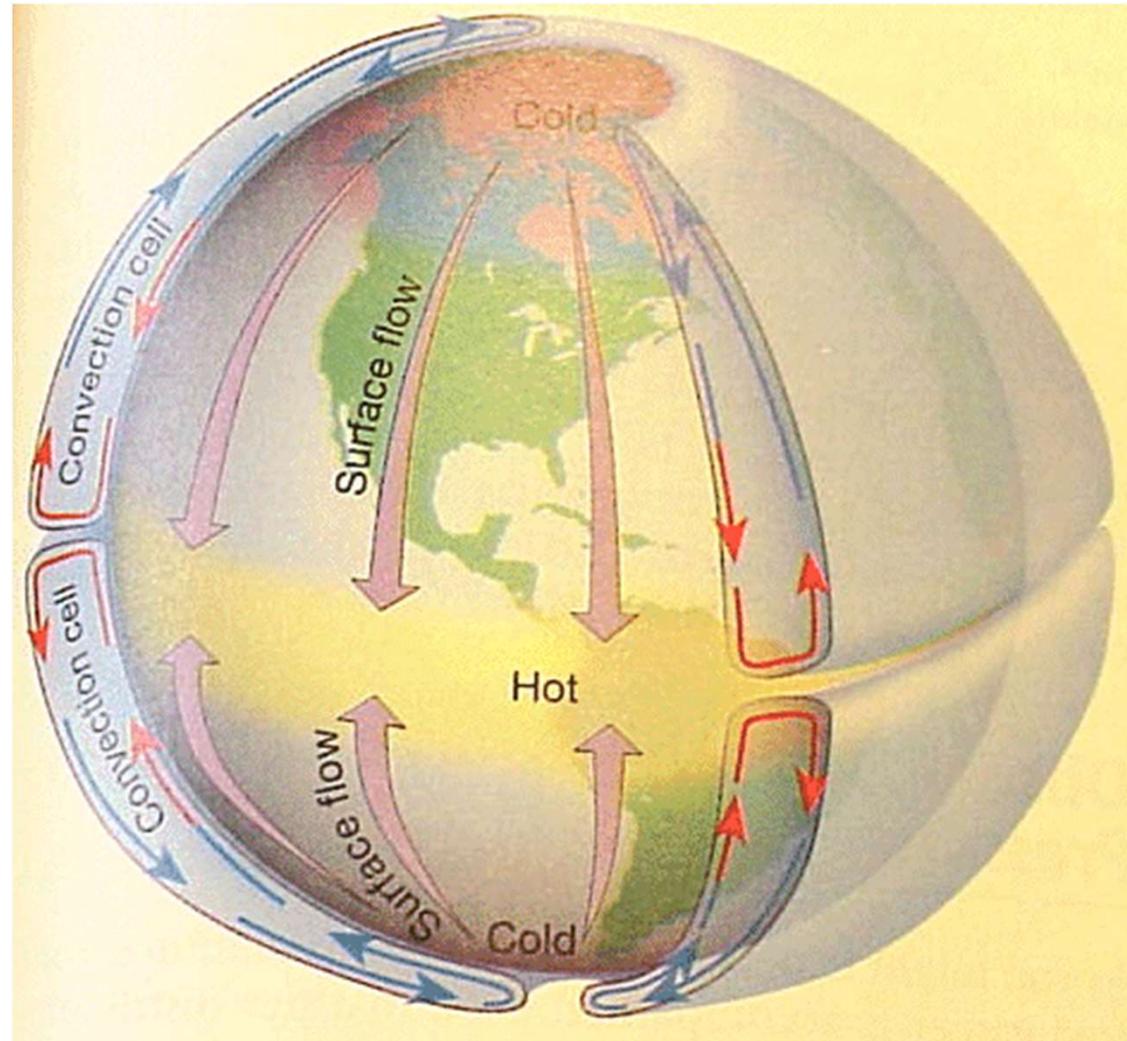
Linha vermelha  
é a radiação  
recebida do  
sol

Linha azul é a  
radiação  
emitida pela  
Terra



# O que seria um modelo de convecção uni-celular para uma terra sem rotação?

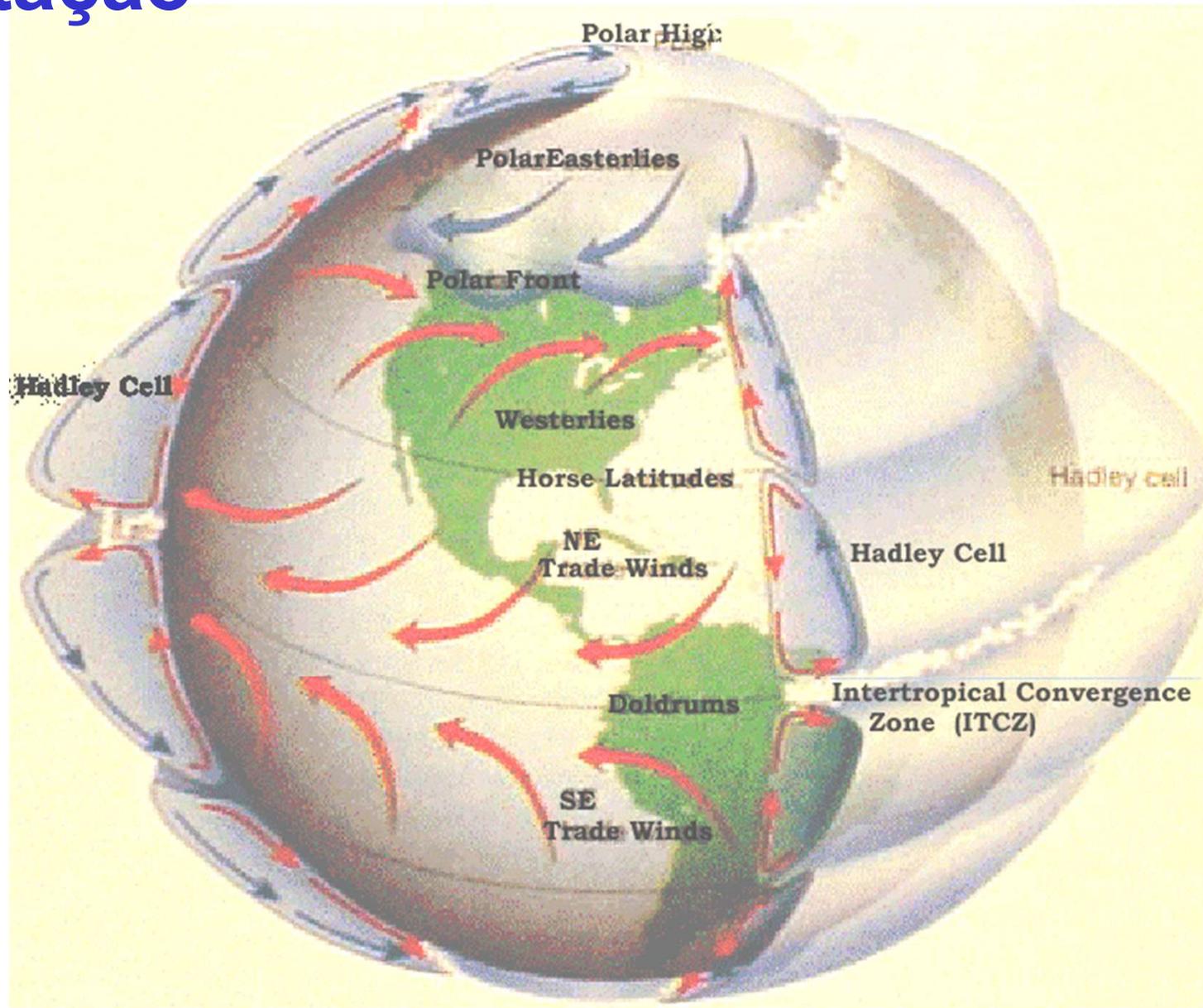
- A convecção térmica leva à formação de uma célula de convecção em cada hemisfério
- A energia é transportada do equador para os pólos
- Qual seria a direção predominante do vento sobre a Am. Sul com este padrão de escoamento em uma terra com rotação?



# O que há de errado com o modelo unicelular?

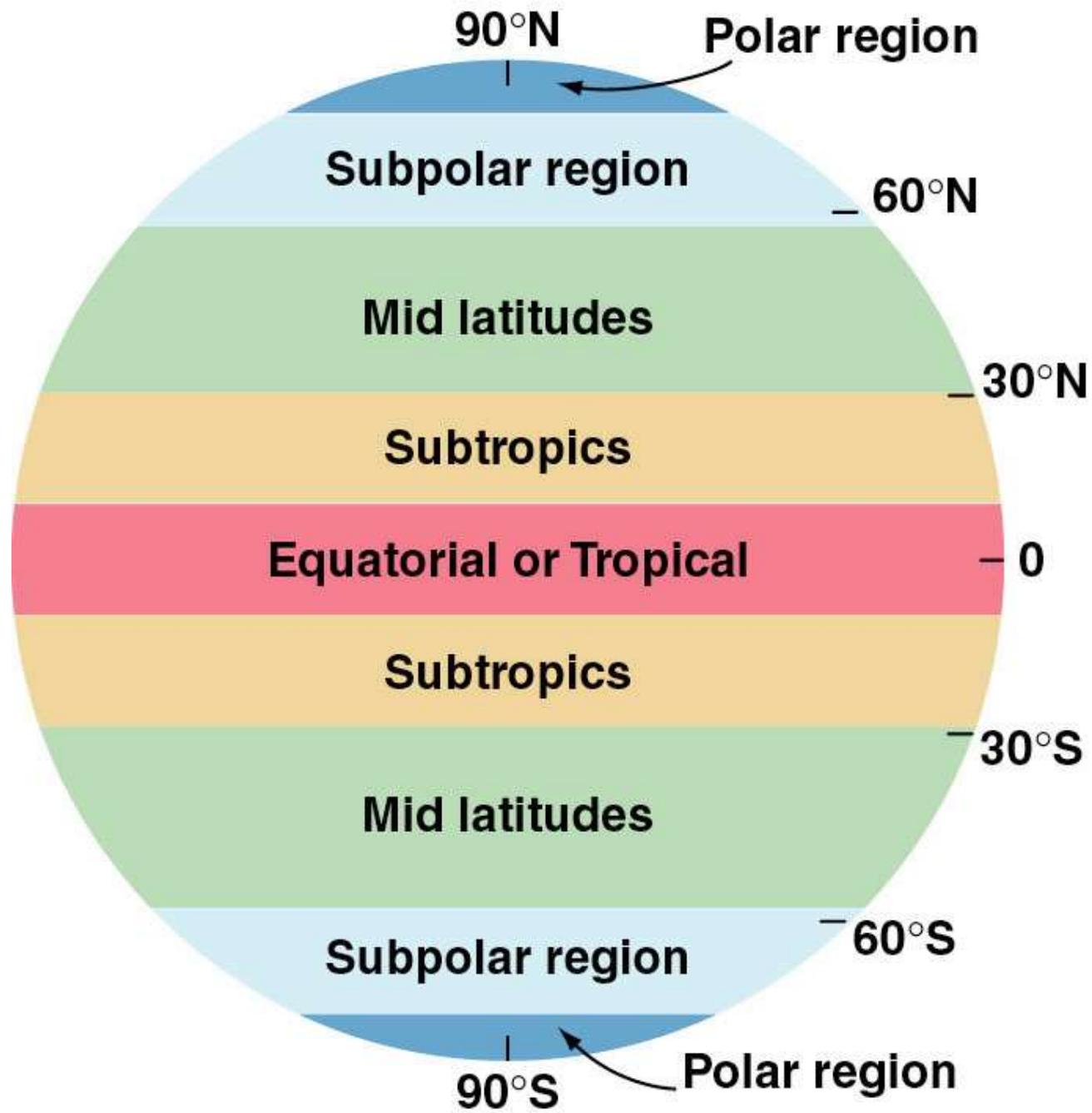
- Despreza o efeito da rotação
  - com a rotação, os ventos superficiais poderiam fazer a terra girar mais devagar
  - com a rotação, os ventos em níveis altos poderiam acelerar a velocidade irreais próximo aos pólos.

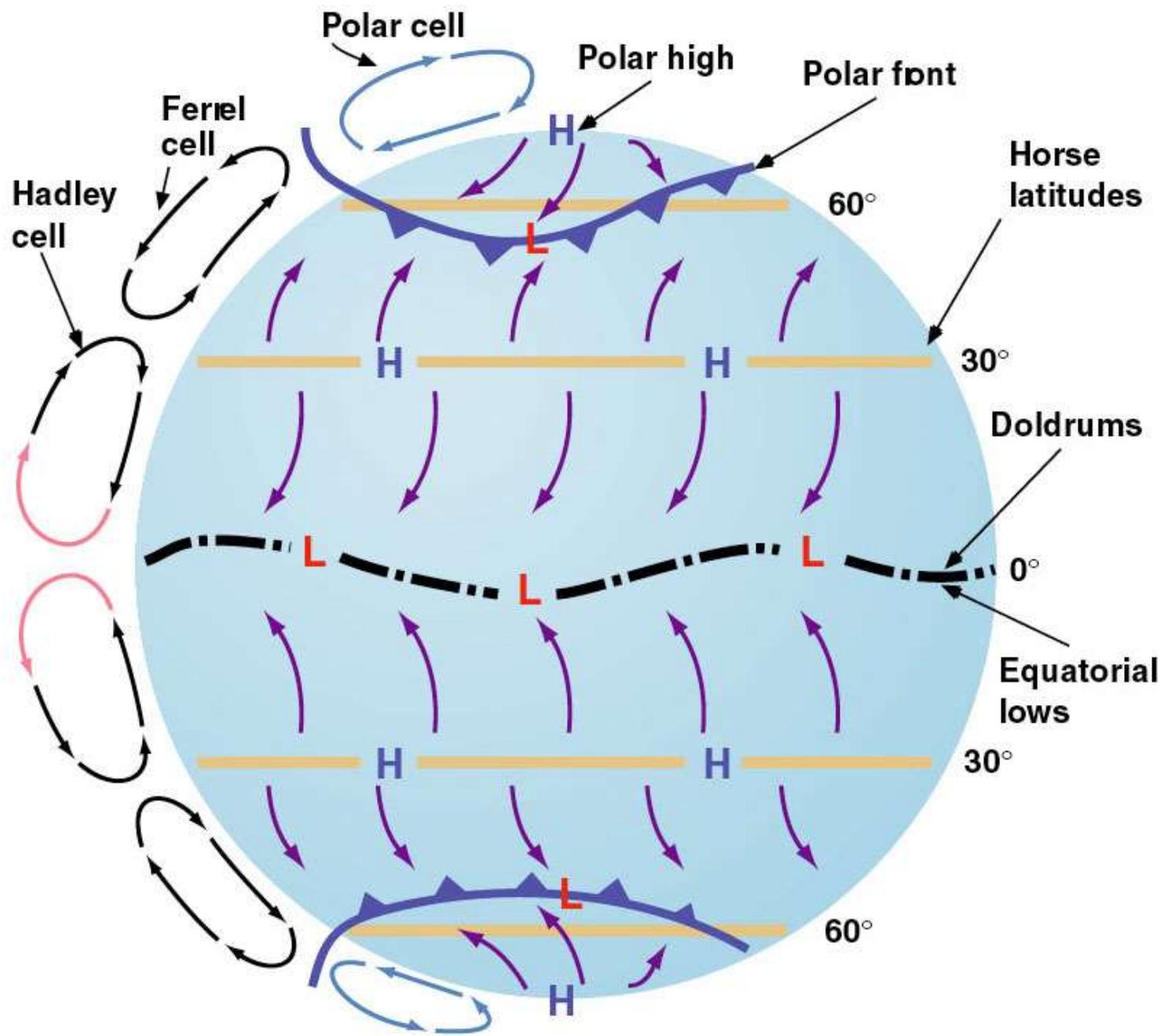
# Padrões de Vento sobre uma terra em rotação



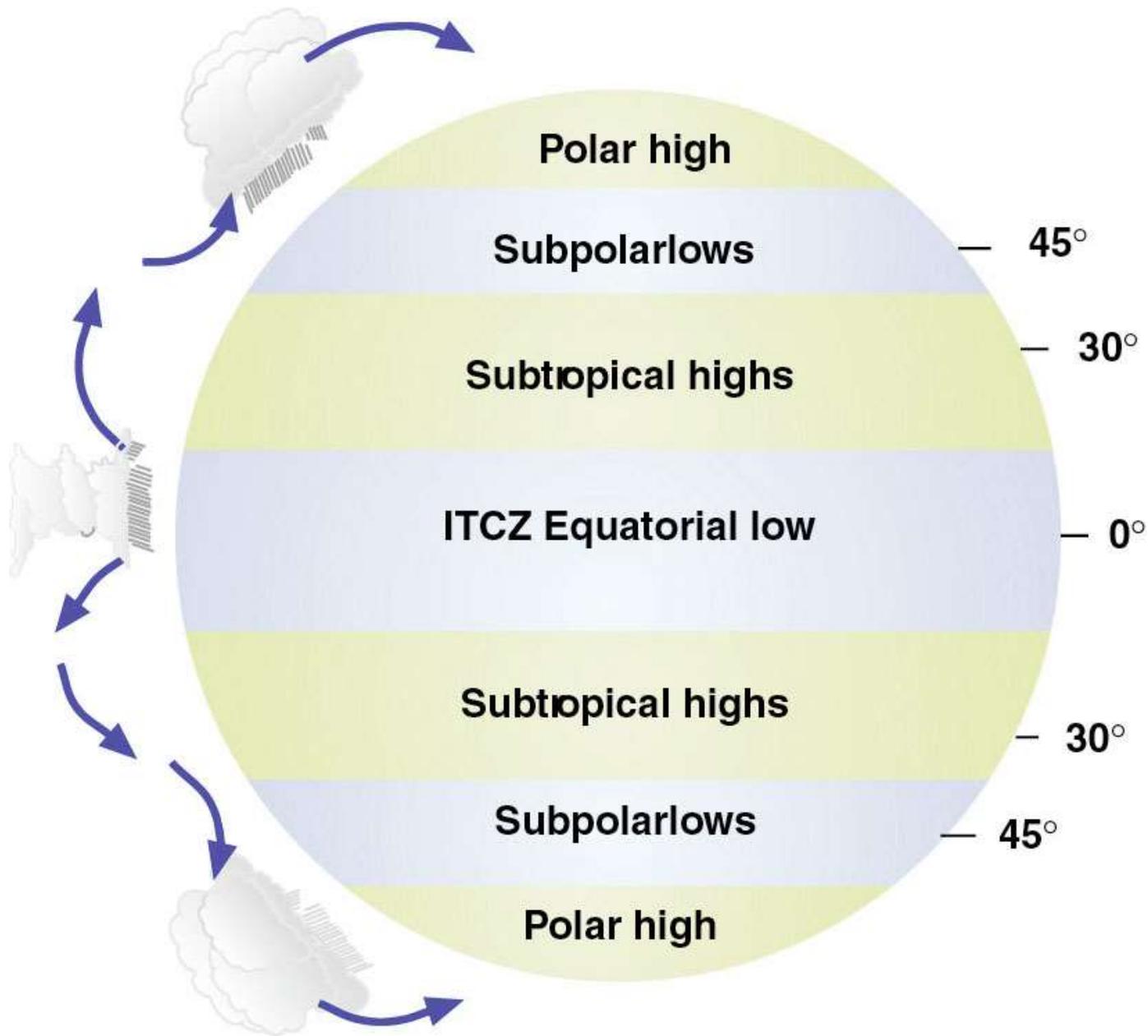
# Aspectos Importantes do modelo tri-celular

- **Célula de Hadley** (célula termicamente direta)
  - acionada pelo *gradiente meridional de aquecimento*
  - o ar sobe próximo ao equador e desce próximo a 30 graus
  - explica desertos; ventos alíseos; ZCIT
- **Célula de Ferrel** (termicamente indireta)
  - dirigida pelo transporte dos *eddies* (ciclones)
  - o ar sobe próximo a 60 graus e desce próximo a 30 graus
  - explica os ventos superficiais de oeste de 30 a 60 graus
- Ventos fracos são encontrados próximo
  - ao equador (doldrums)
  - a 30 graus (*horse latitudes* – latitudes dos cavalos)
- O limite entre o ar frio polar e o ar mais quente de latitudes médias é a *frente polar*



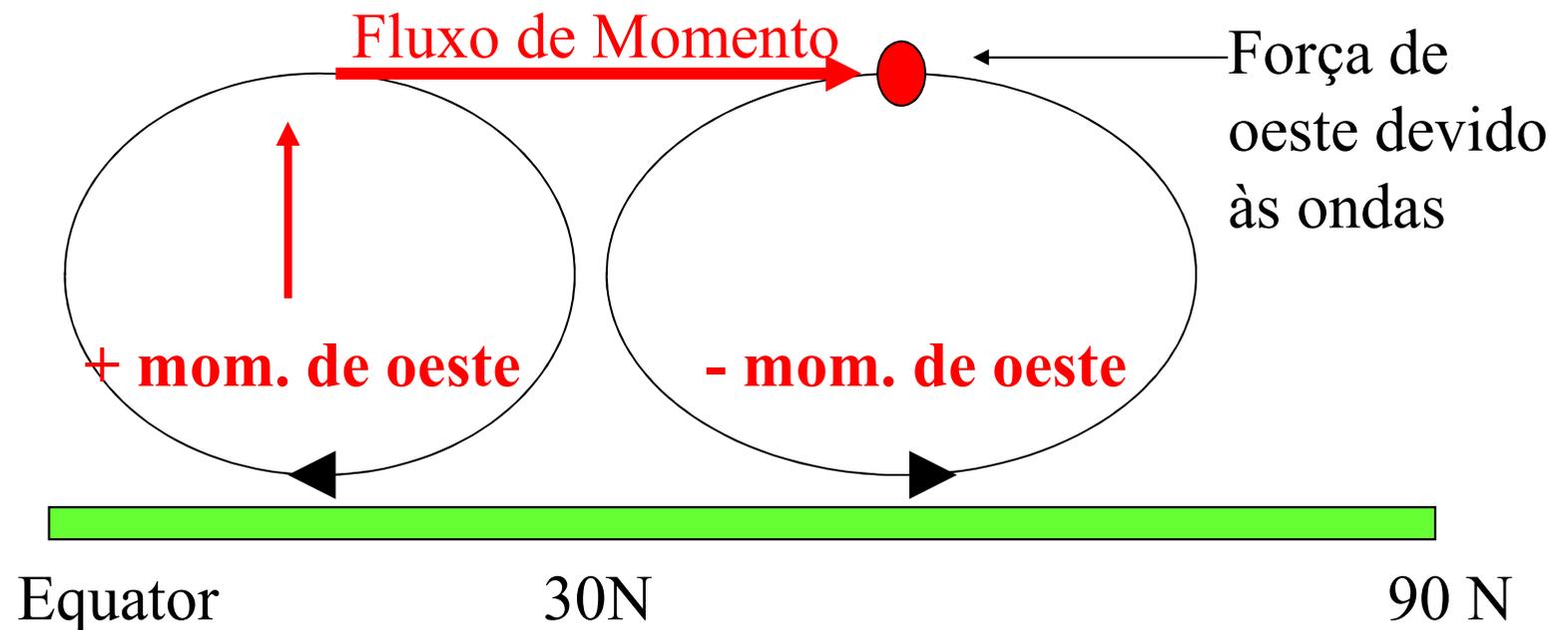


(a)



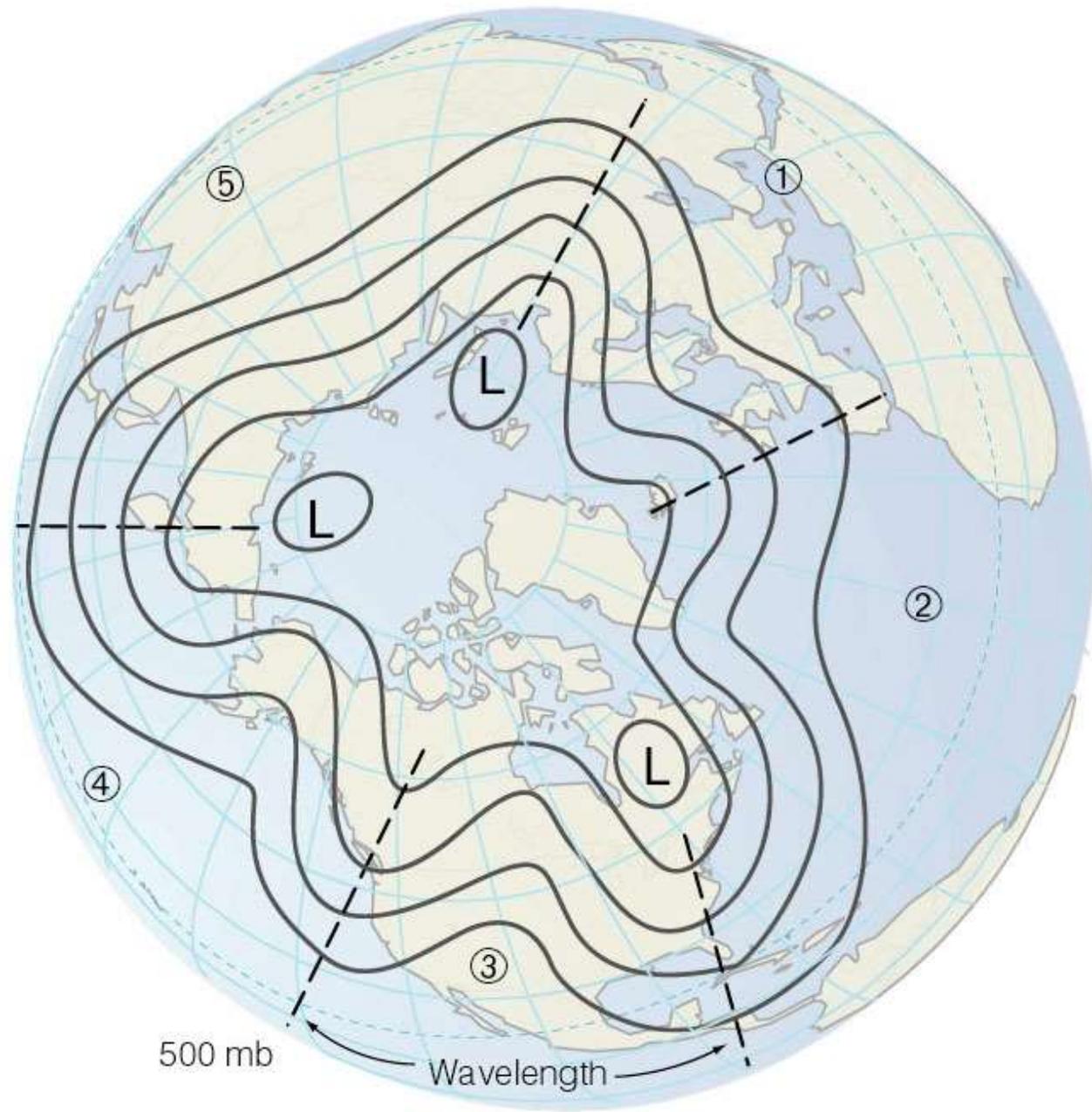
# O que define as células de Hadley e de Ferrel?

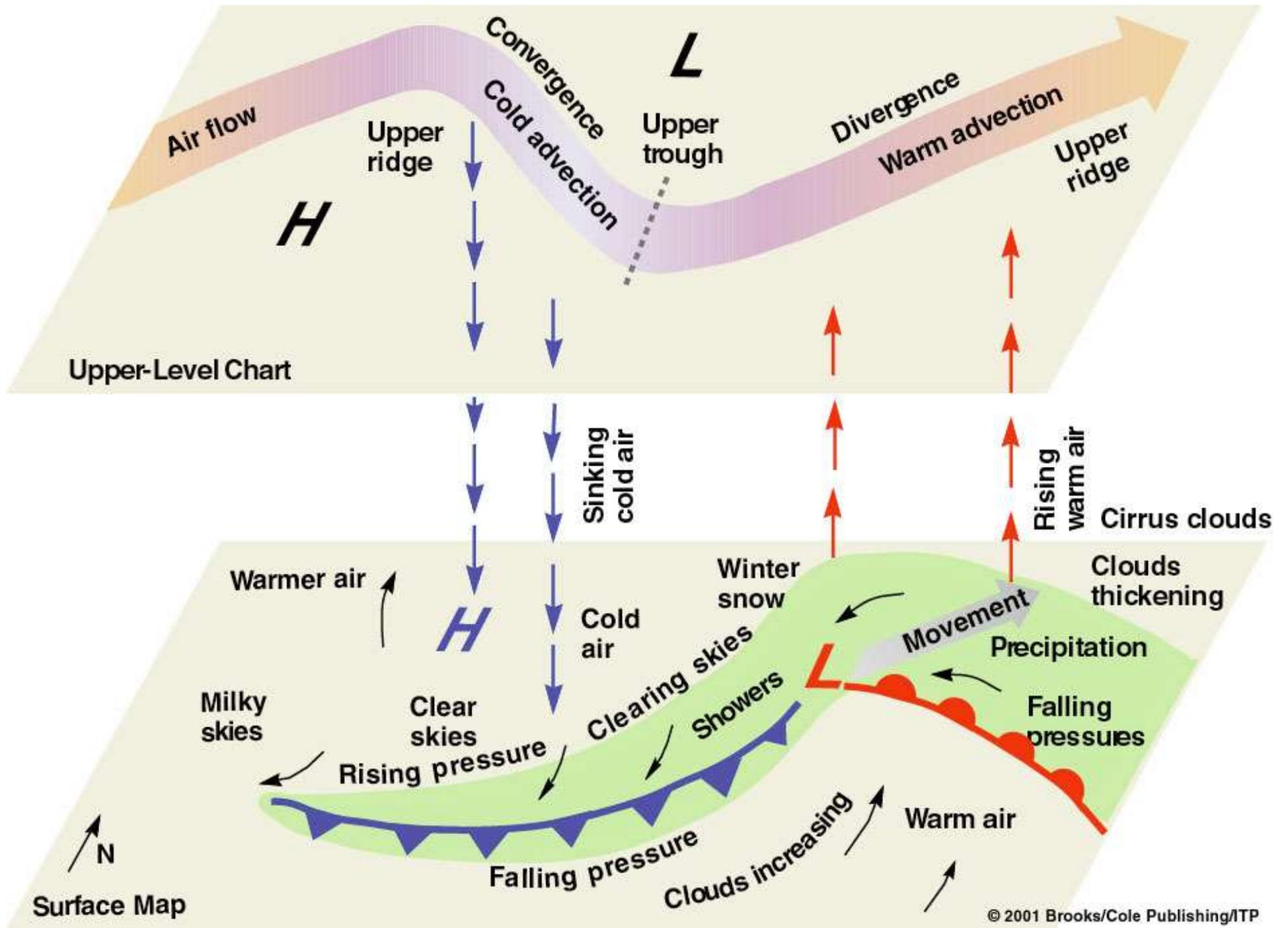
- Célula de Hadley
  - similar à circulação “monsônica” – circulação térmica direta
- Célula de Ferrel – transferência de momento de Latitudes baixas para latitude médias



# Tormentas Extratropicais

- Momento de oeste é *transferido da terra para a atmosfera no cinturão dos ventos aliseos.*
- Momento de oeste é *transferido da atmosfera para a terra em latitudes médias.*
- Se a terra está sempre tentando enfraquecer os ventos de oeste de latitudes medias através do atrito com a superfície, por que eles não desaparecem com o tempo?
  - Eddies (tormentas) transferem momento para o pólo na alta troposfera.
  - Esta transferência de momento enfraquece a circulação de Hadley, mas permite a existência da célula de Ferrel.

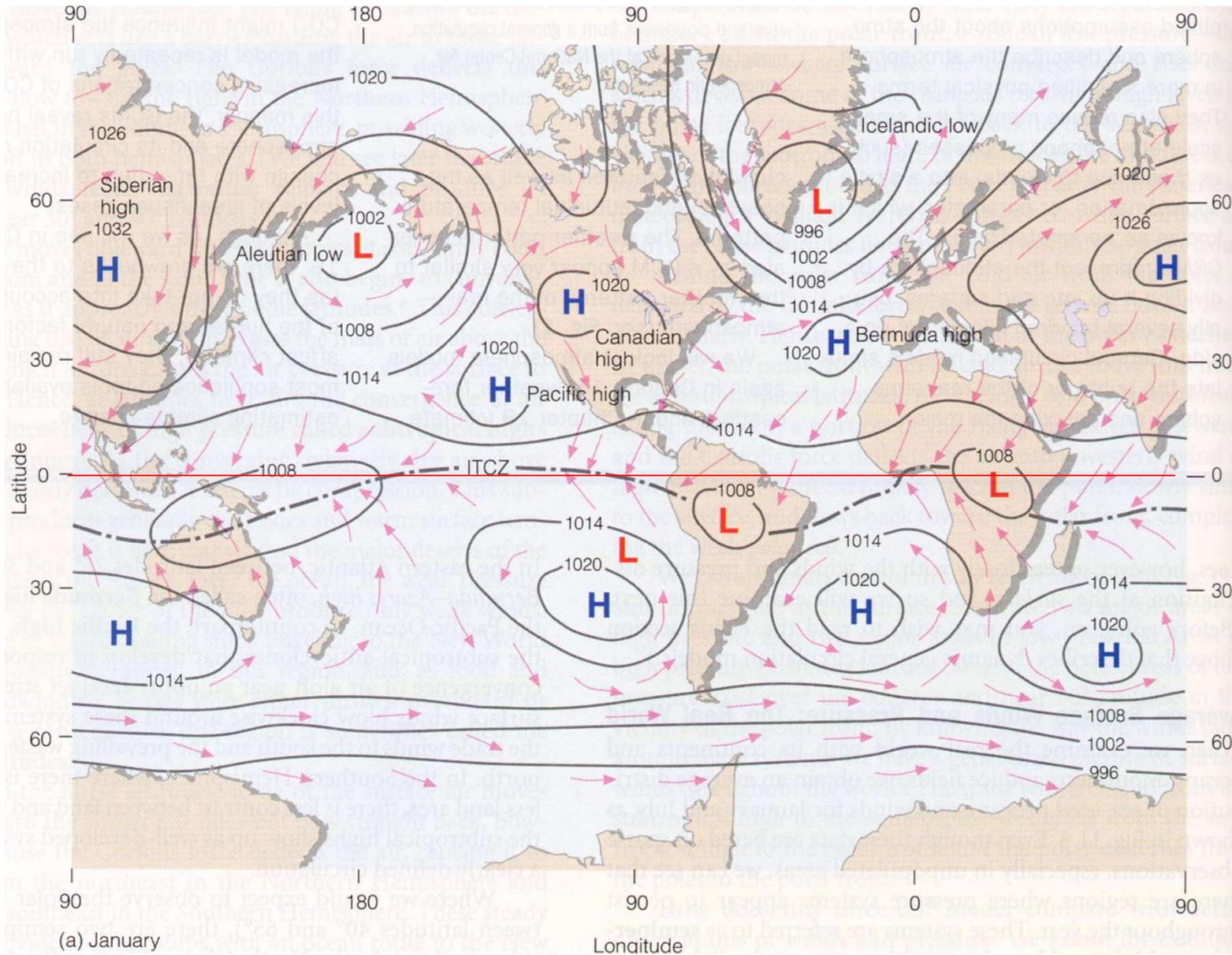




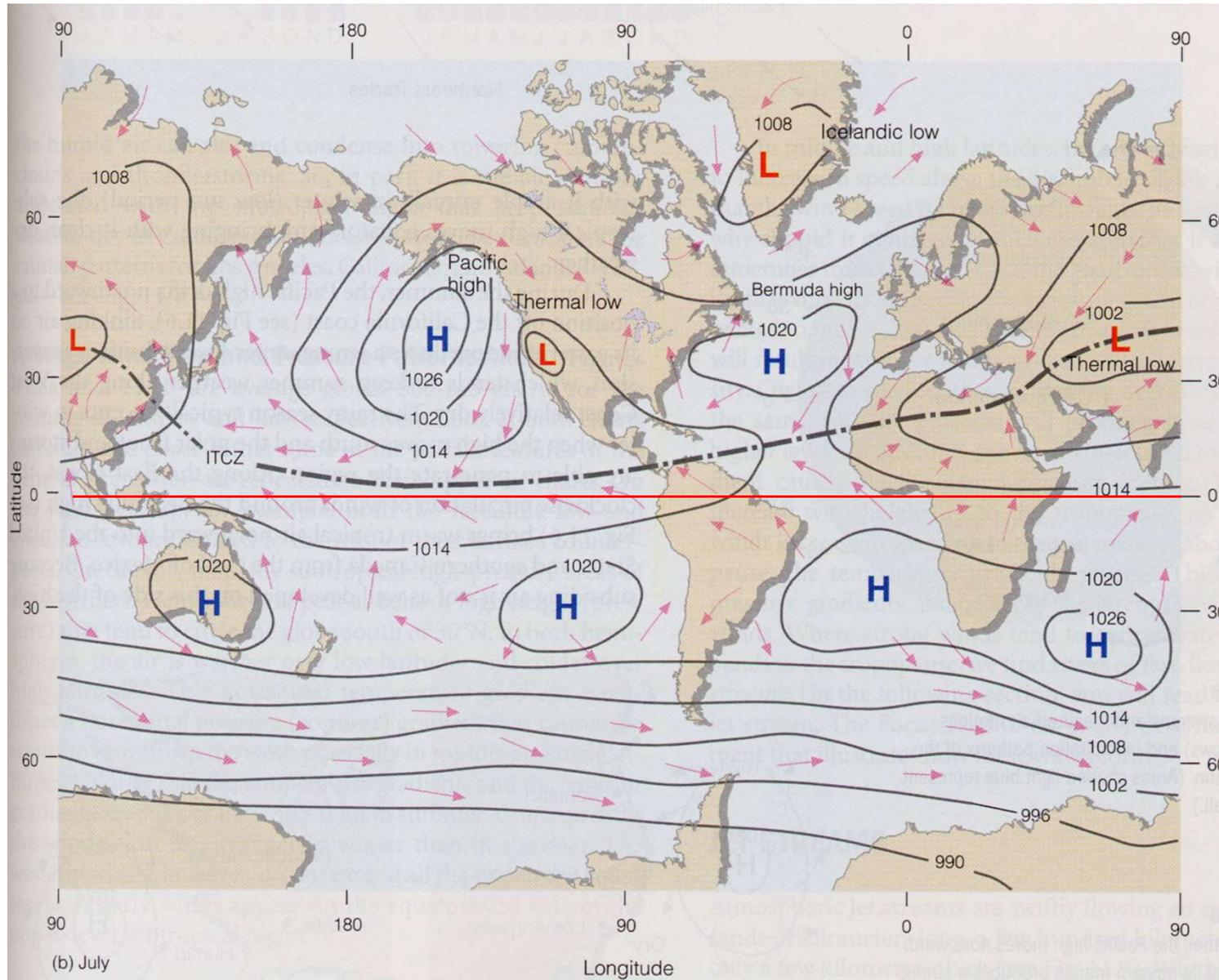
# Uma confusão ainda maior : o mundo real

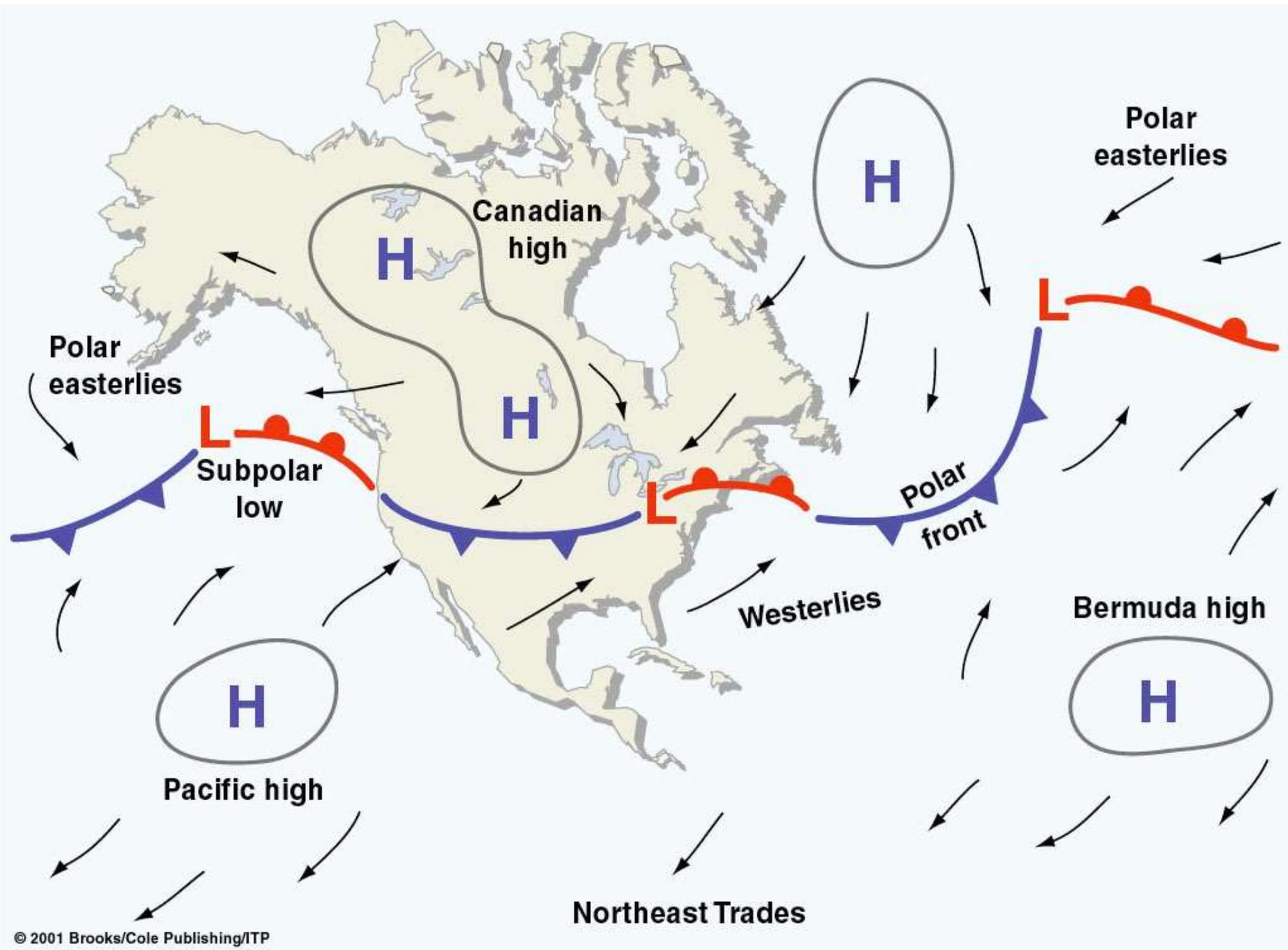
- Muitos aspectos do modelo tri-celular podem ser observados na circulação geral da terra. Contudo, a presença de **continentes, montanhas, regiões geladas** alteram a circulação geral daquela representada pelo modelo ideal tri-celular.
- **Sistemas de alta e baixa pressão semipermanentes persistem** por longos períodos no decorrer do ano
  - Durante **o inverno, altas sobre os continentes; baixas sobre os oceanos. Vice-versa durante o verão.** Consistente com as diferenças da temperatura de superfície.
  - Altas subtropicais devido à convergência do ar em níveis altos.
  - Estes aspectos mudam do inverno para o verão.
- **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) desloca-se para sul em janeiro e para norte em julho. Por quê?**

# Circulação Geral - Janeiro



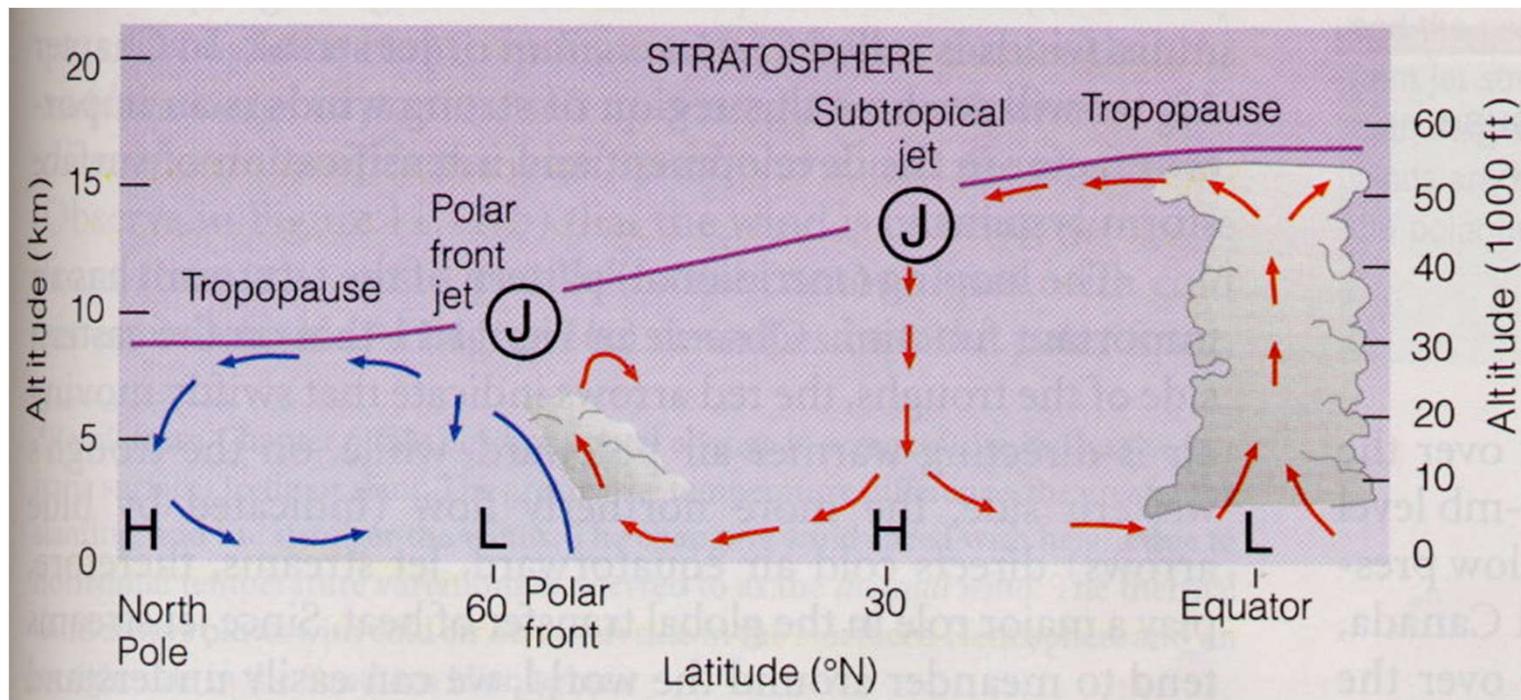
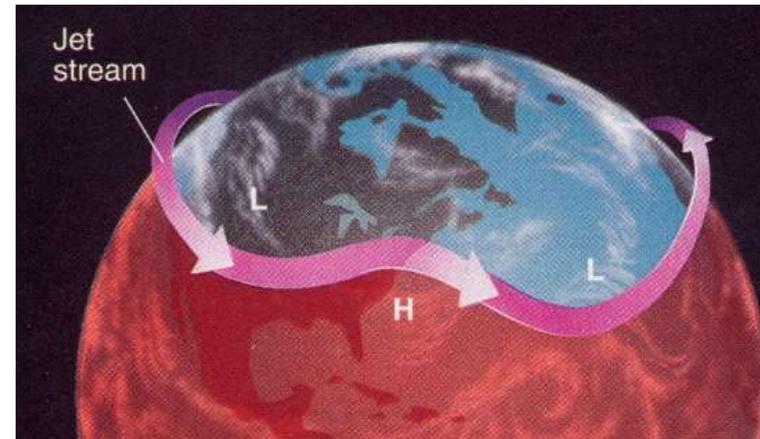
# Circulação Geral - Julho





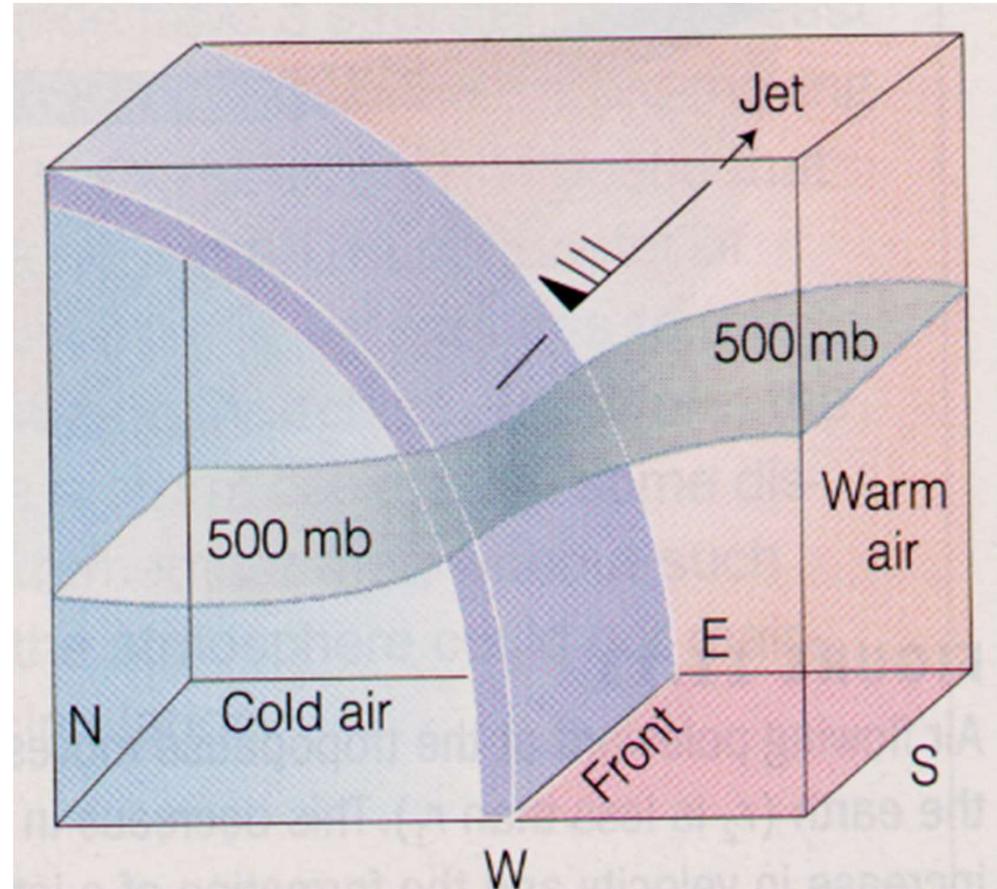
- Correntes rápidas de ar, com milhares de km de comprimento, poucas centenas de km de largura, poucos km de espessura
- Normalmente são encontradas duas **correntes de jato** (subtropical e da frente polar), na tropopausa
- Quando você espera que os jatos sejam mais intensos?

# Correntes de Jato



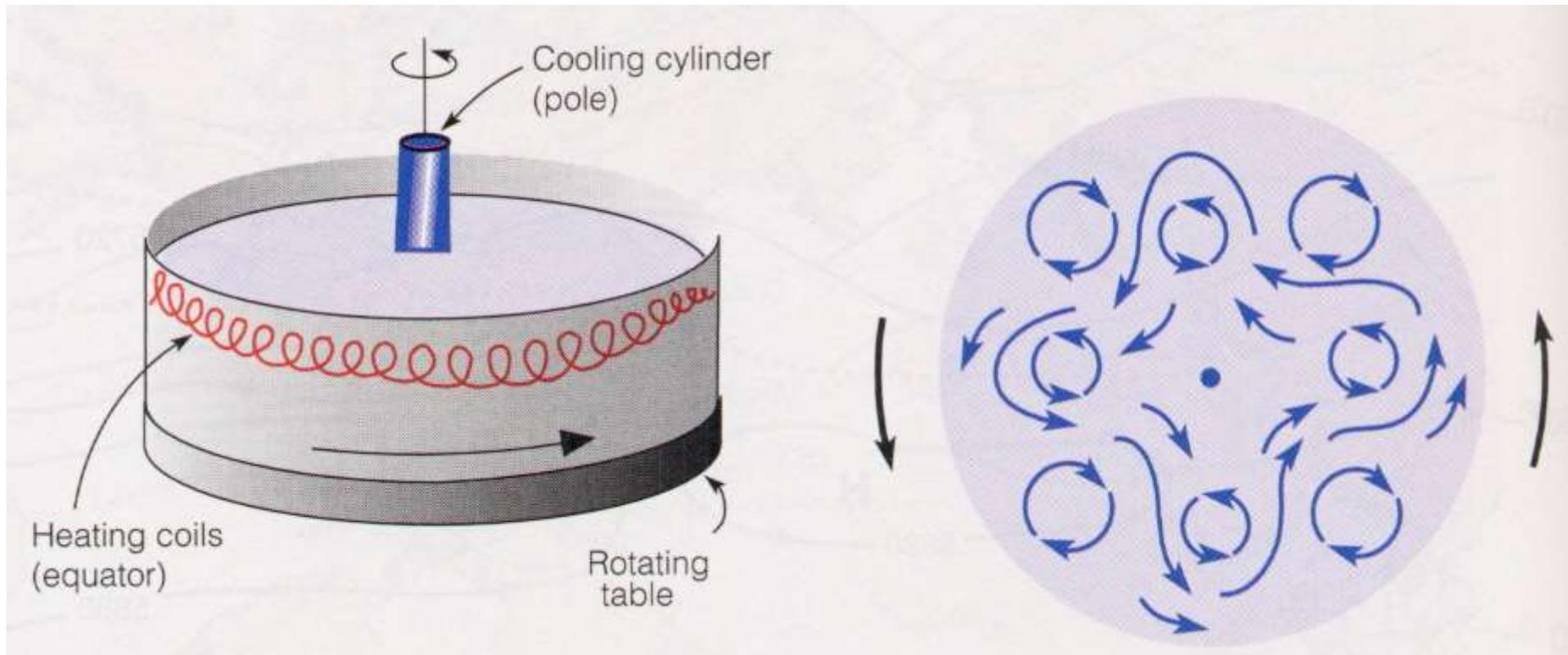
# Corrente de Jato da Frente Polar

- A corrente de jato da frente polar forma-se ao longo da frente polar, onde **o forte gradiente térmico causa um forte gradiente de pressão**
- A intensa força do gradiente de pressão e a força de Coriolis produzem um forte vento de oeste paralelo às isóbaras
- Às vezes, o jato polar divide-se nos ramos norte e sul



# O experimento “dishpan”

- Uma panela com equador quente e polo frio gira
  - $\Omega < \text{limite}$   $\longrightarrow$  célula de Hadley (convecção)
  - $\Omega > \text{limite}$   $\longrightarrow$  formam-se cavados, cristas e turbilhões, similar ao padrão observado na circulação geral da terra

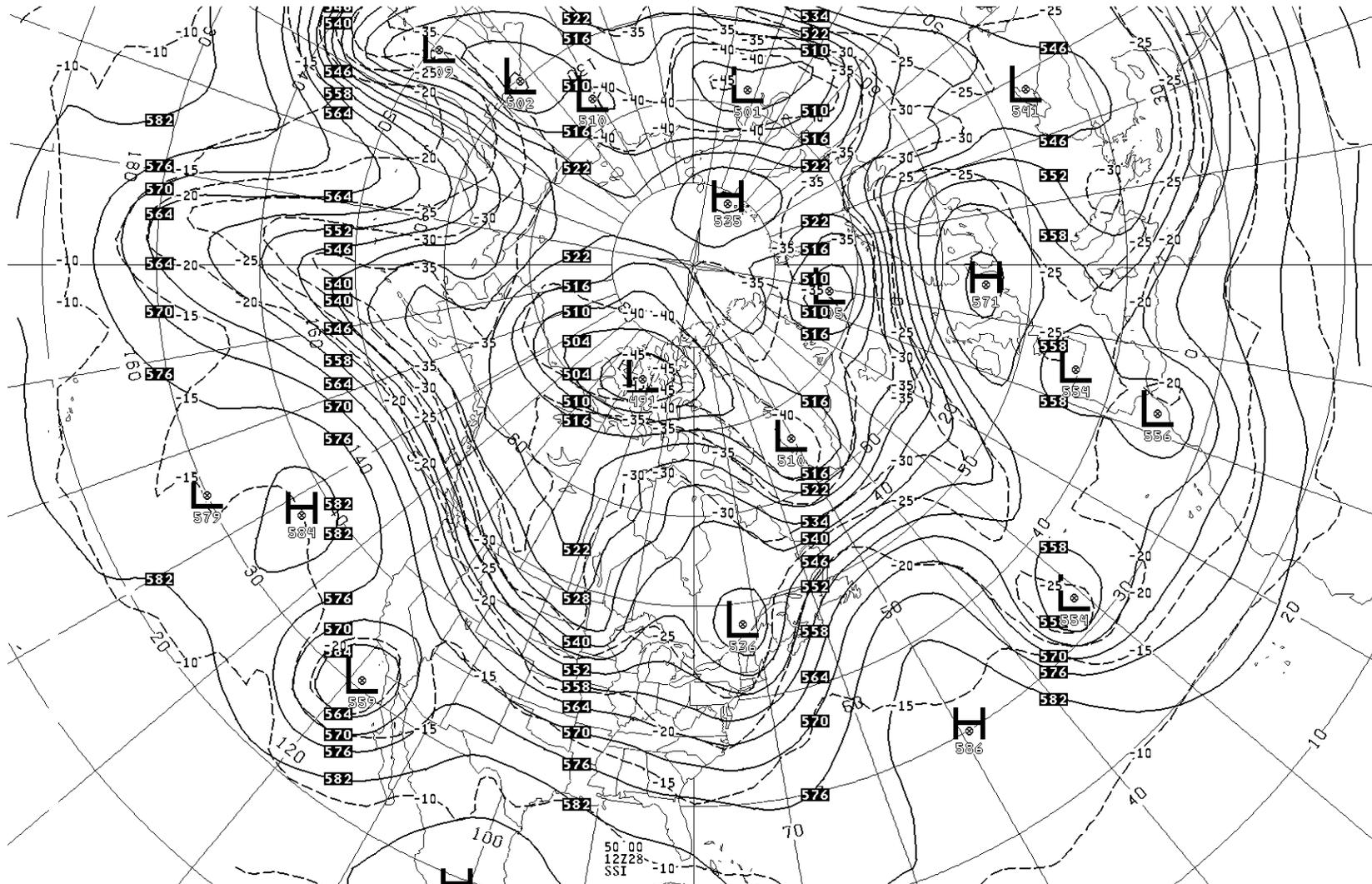


# Conceitos para o entendimento da circulação geral

1. Dirigida pelo **aquecimento solar diferencial** entre o equador e os pólos. A circulação geral age no sentido de **transferir calor para o polo**.
2. Na célula de Hadley, o fluido quente sobe e move-se para os pólos.
3. A célula de Ferrel está associada à transferência de calor e momento pelos *eddies*.
4. **Rotação da Terra**. No HS, o fluido é defletido para a esquerda de seu movimento e no HN, é defletido para a direita.
  - uma única célula de Hadley é instável na presença de rotação; então, o modelo unicelular não se sustenta.
  - a rotação provê **ventos alíseos; ventos superficiais de oeste em latitudes médias; jatos na troposfera superior (balanço geostrófico)**.

# Circulação em 28/03/2002

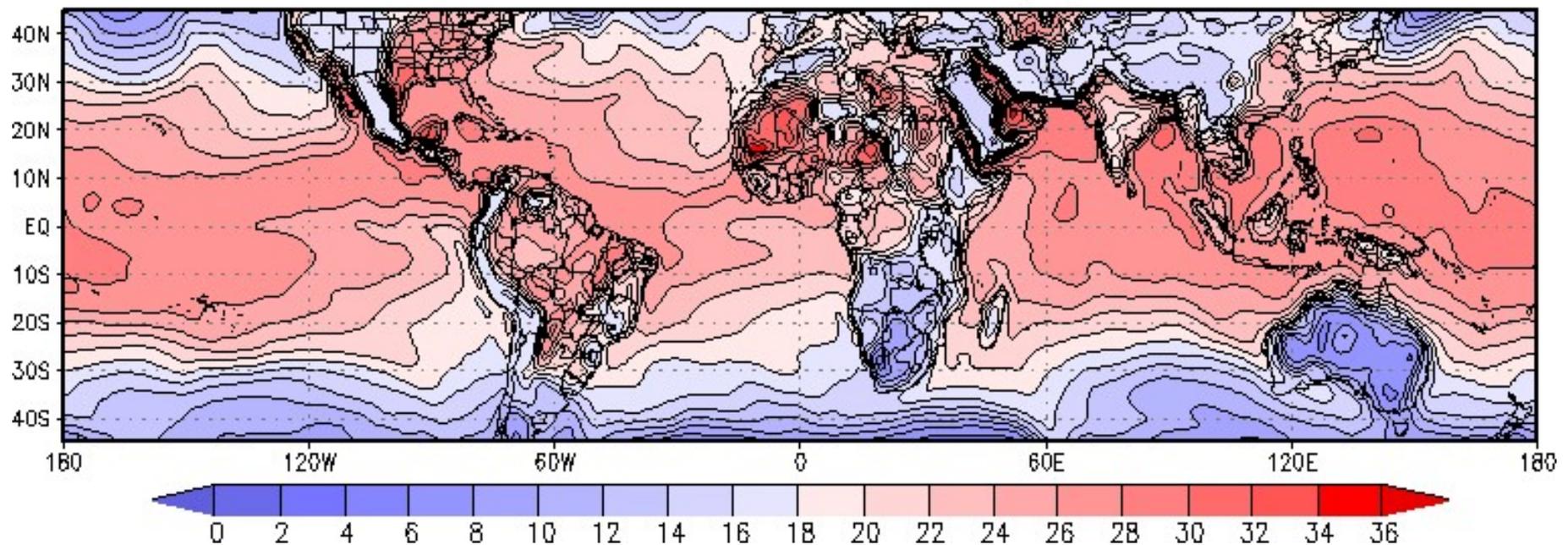
## observado



D232 ^ 500MB ANALYSIS HEIGHTS/TEMPERATURE VALID 12Z THU 28 MAR 2002

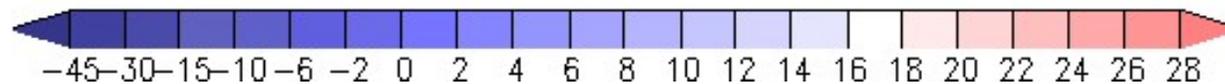
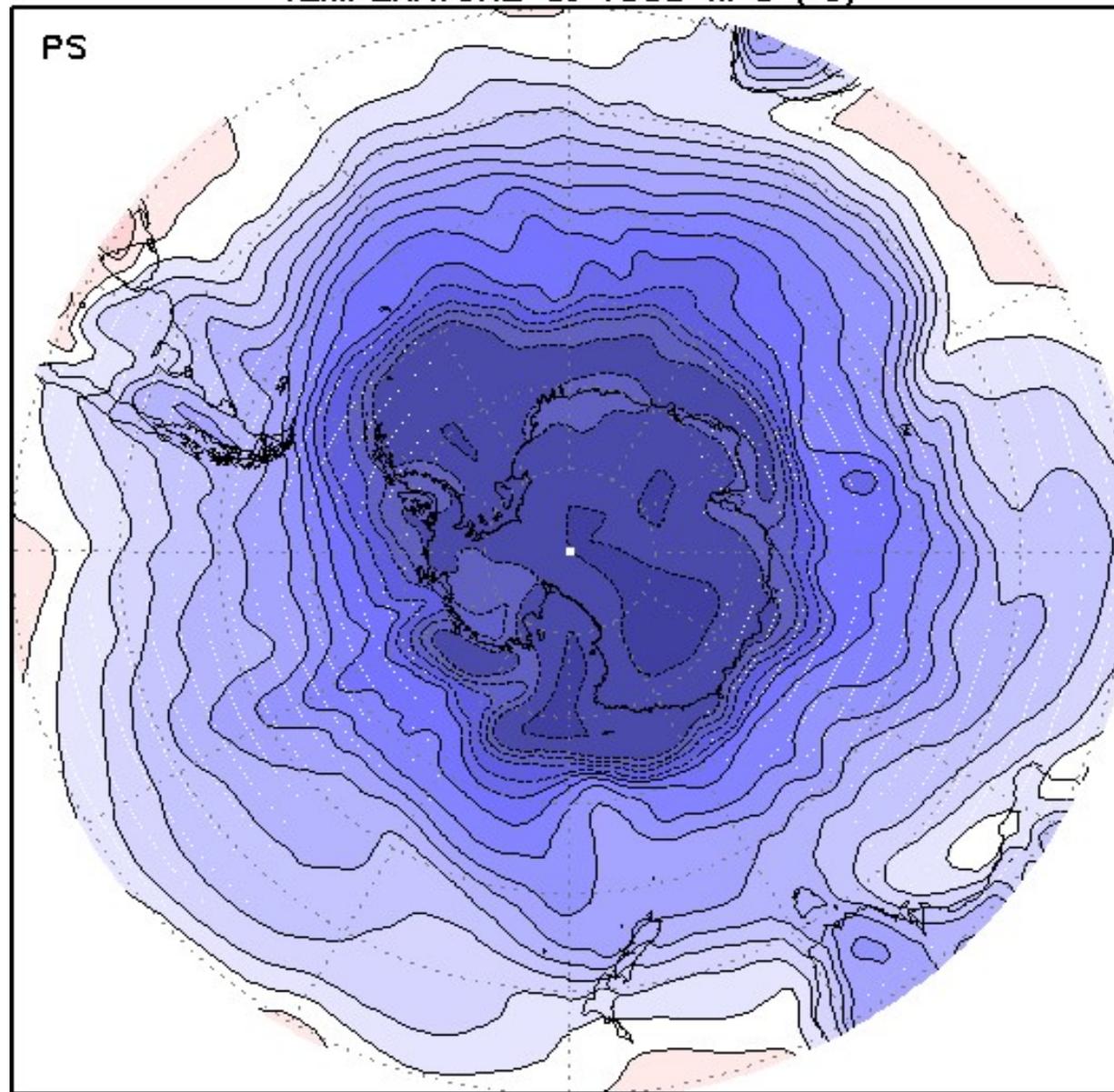
# PREVISÃO FEITA EM 16/06/2004 COM ANTECEDÊNCIA DE 1 DIA

CPTEC/INPE/MCT – GLOBAL MODEL – T126L28  
FORECAST FROM: 2004061600 VALID FOR: 2004061700  
TEMPERATURE at 1000 hPa (°C)



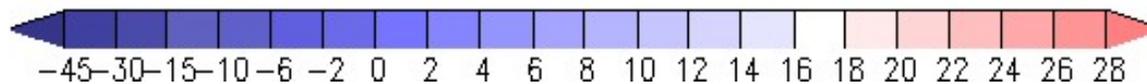
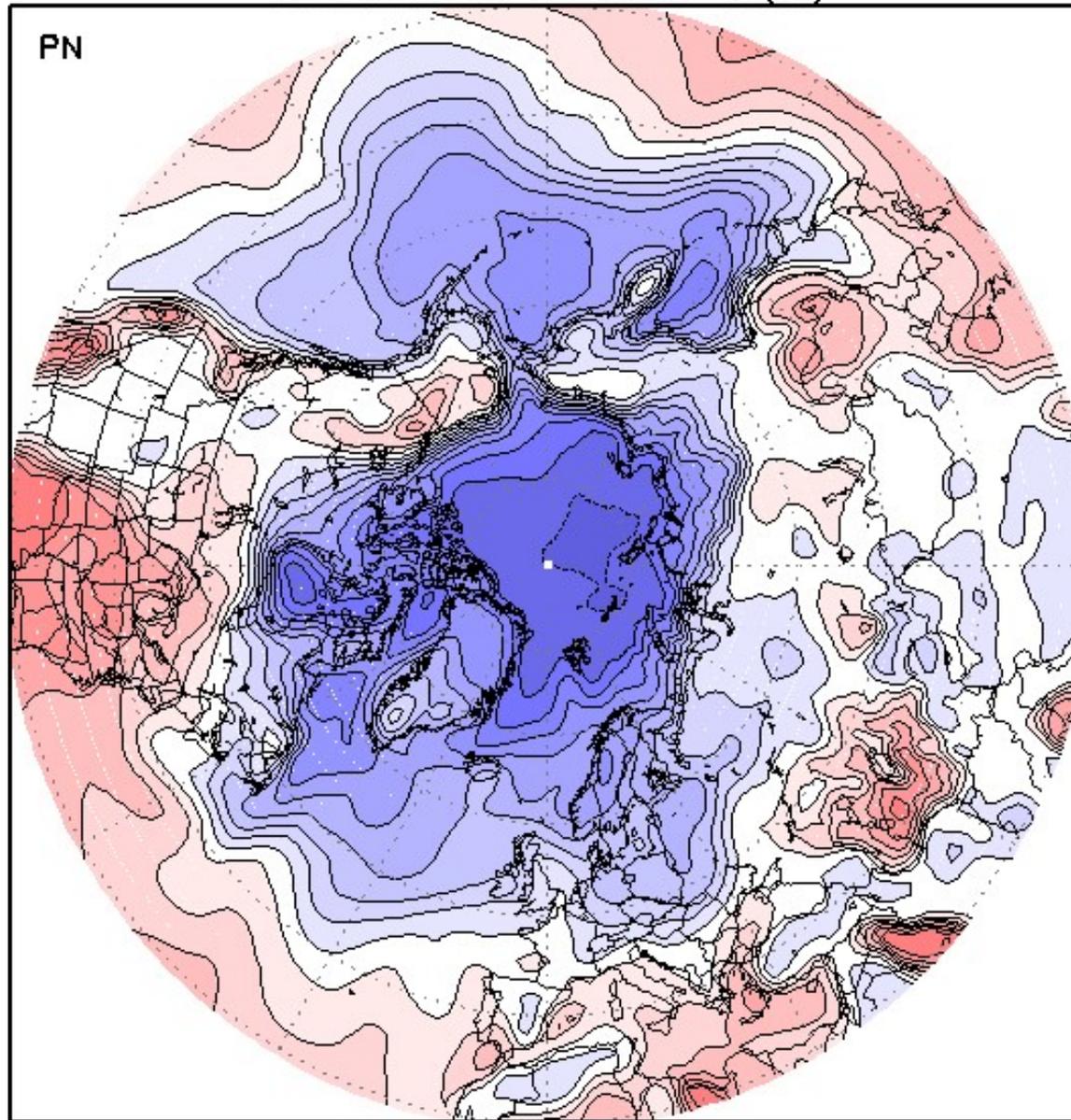
CPTEC/INPE/MCT - GLOBAL MODEL - T126L28  
FORECAST FROM: 2004061600 VALID FOR: 2004061700  
TEMPERATURE at 1000 hPa (°C)

Inverno  
HS



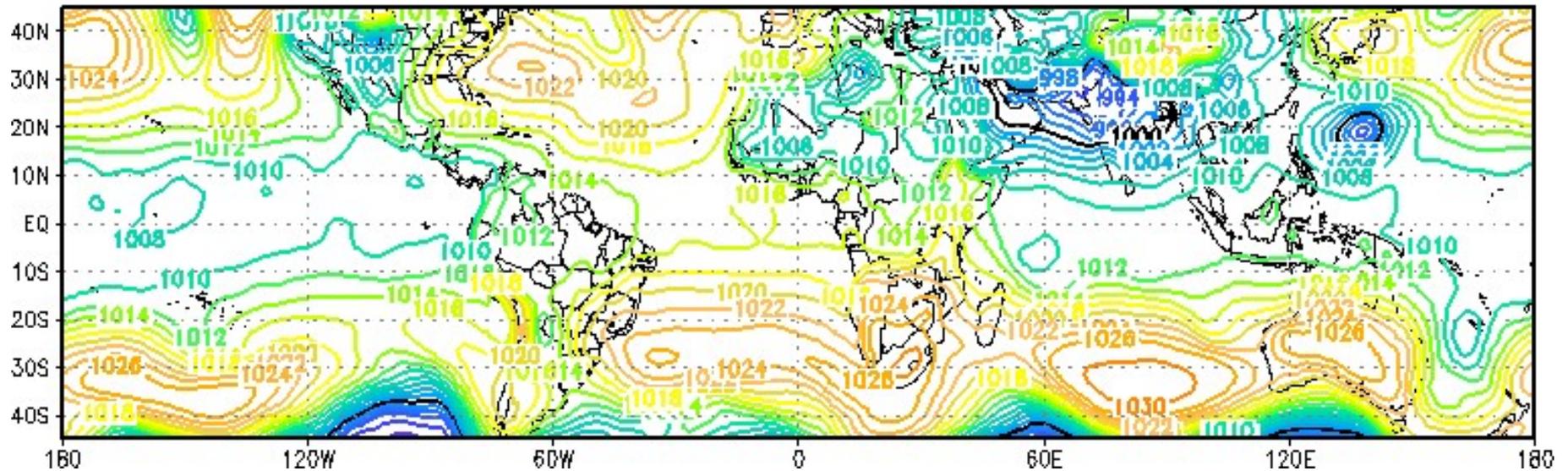
CPTEC/INPE/MCT - GLOBAL MODEL - T126L28  
FORECAST FROM: 2004061600 VALID FOR: 2004061700  
TEMPERATURE at 1000 hPa (°C)

Verão  
HS

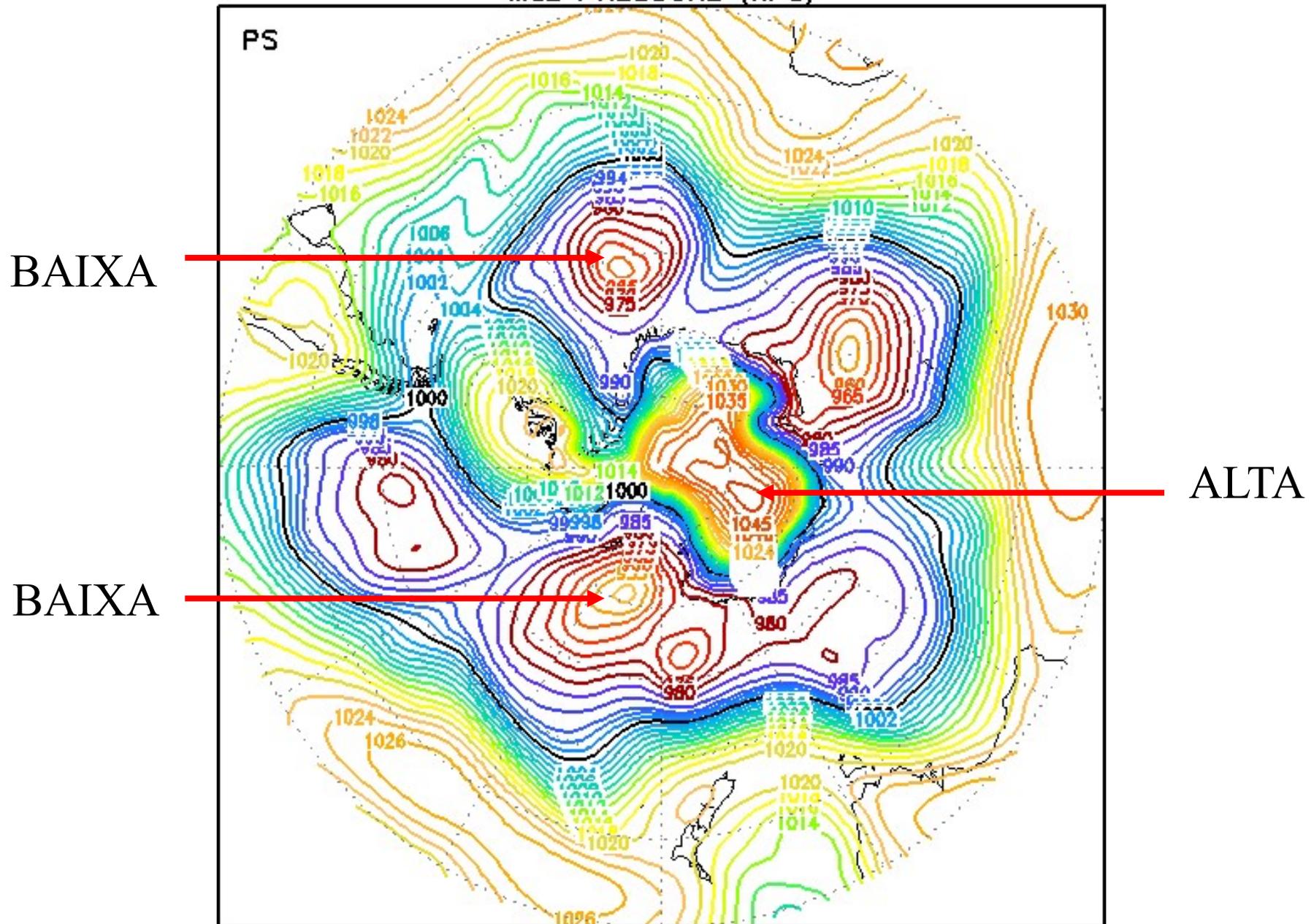


# PREVISÃO FEITA EM 16/06/2004 COM ANTECEDÊNCIA DE 1 DIA

CPTEC/INPE/MCT – GLOBAL MODEL – T126L28  
FORECAST FROM: 2004061600 VALID FOR: 2004061700  
MSL PRESSURE (hPa)



CPTEC/INPE/MCT - GLOBAL MODEL - T126L28  
FORECAST FROM: 2004061600 VALID FOR: 2004061700  
MSL PRESSURE (hPa)



CPTEC/INPE/MCT - GLOBAL MODEL - T126L28  
FORECAST FROM: 2004061600 VALID FOR: 2004061700  
MSL PRESSURE (hPa)

