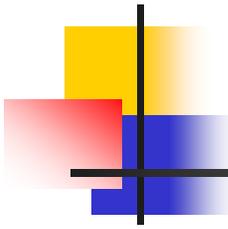


# Pressão atmosférica e ventos

---

## **Unidade IV**

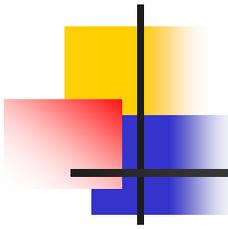
**(capítulo 6 do livro texto)**



# Pressão atmosférica e ventos

---

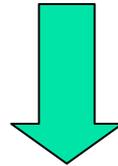
- Por que o vento existe?
- Por que toma determinadas direções?



# Pressão atmosférica e ventos

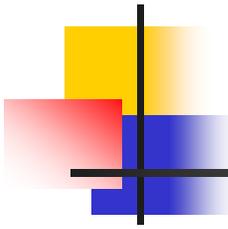
---

O que acontece quando abrimos um recipiente dentro do qual existe vácuo?



O ar se move em resposta às diferenças horizontais de pressão

***Na atmosfera, a ocorrência do vento é uma tentativa de igualar as diferenças da pressão do ar.***

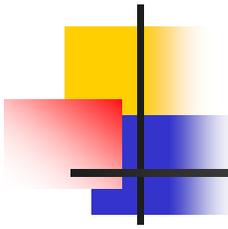


# Pressão atmosférica e ventos

---

- Isso quer dizer que a direção do vento é sempre diretamente das altas para as baixas pressões?

Não, porque o movimento do ar é controlado não somente pelas diferenças de pressão mas também por outras forças.



# Pressão atmosférica e ventos

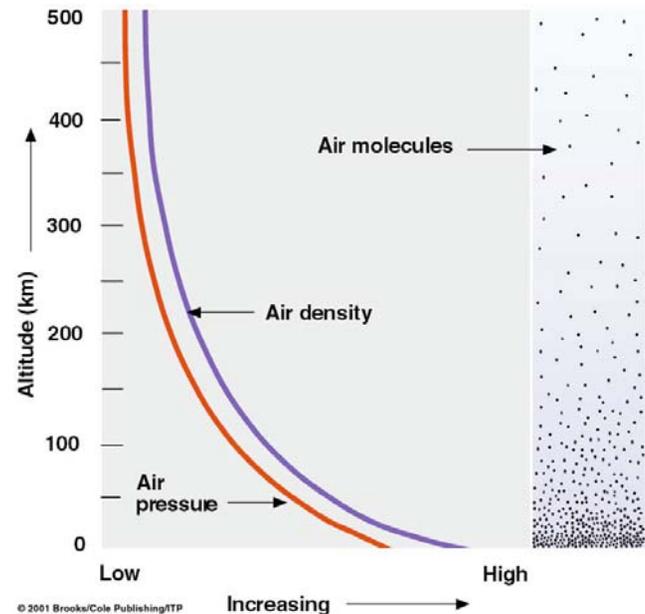
---

- A pressão é definida como a forças exercida por unidade de área.
- A pressão do ar é o efeito do peso do ar acima de um dado nível.

# Pressão atmosférica

- A pressão do ar sempre diminui com a altitude. Quanto mais alto estamos menos moléculas de ar estão acima de nós para contribuir com o peso do ar.

Nossa atmosfera está concentrada junto a superfície, portanto, a pressão atmosférica decresce com a altitude rapidamente no começo e mais lentamente em altas altitudes.

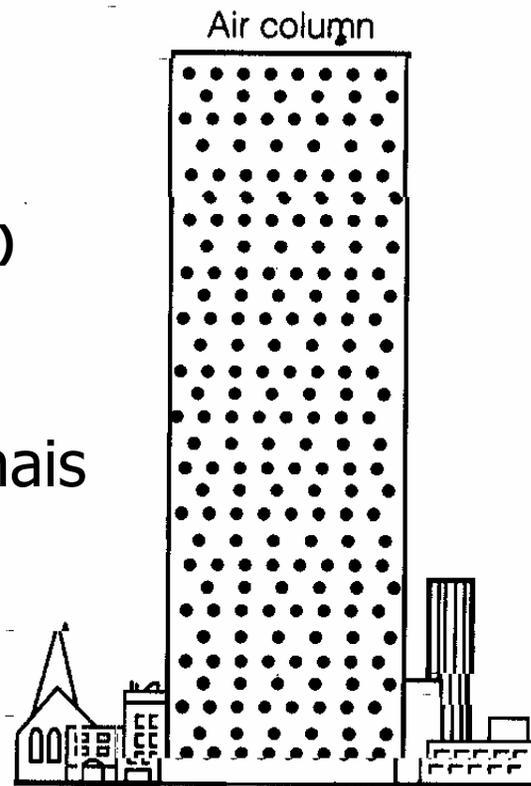


# Pressão atmosférica

## Modelo Simples da Atmosfera

**(densidade é a mesma dentro de toda a coluna)**

- O que acontece se adicionarmos mais ar?
- E se retirarmos?



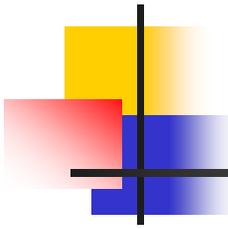
# Pressão atmosférica



Como fica a pressão na superfície?

Moléculas se agitam menos e ficam mais próximas entre si.

Moléculas se agitam mais e ficam mais afastadas entre si.



# Pressão atmosférica

---

- Precisa-se de uma coluna mais estreita de ar frio e denso para exercer a mesma pressão à superfície em comparação com colunas de ar quente e menos denso.
- Em uma coluna de ar frio a pressão decresce mais rapidamente com a altitude.

# Pressão atmosférica e ventos

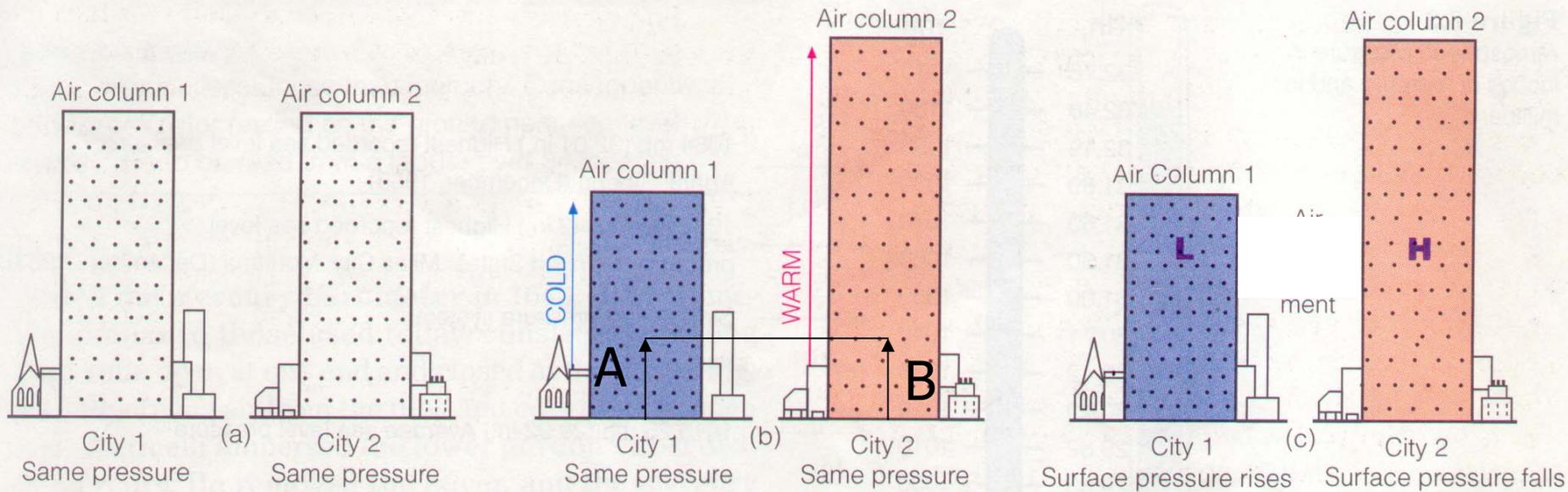
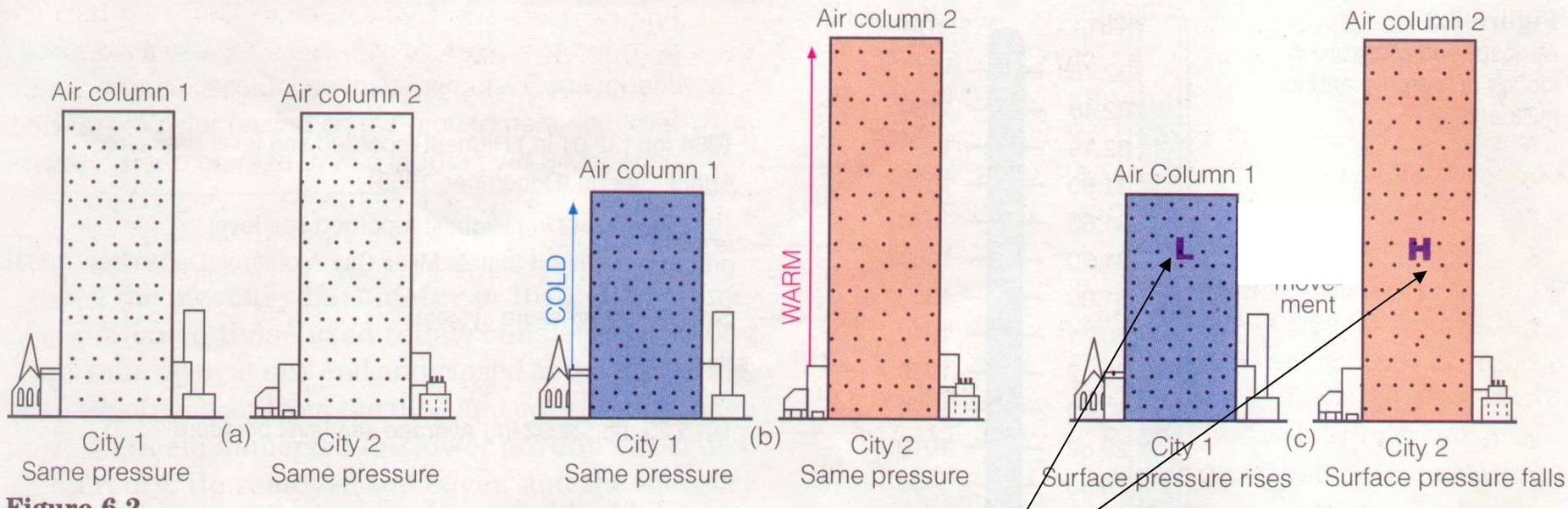


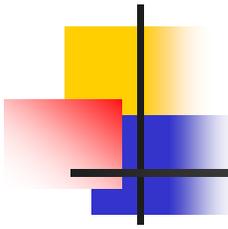
Figure 6.2

Onde a  
pressão caiu  
mais?

# Pressão atmosférica e ventos



Sobre qual ponto temos mais moléculas de ar? Sobre o ponto **L** ou sobre o ponto **H**?

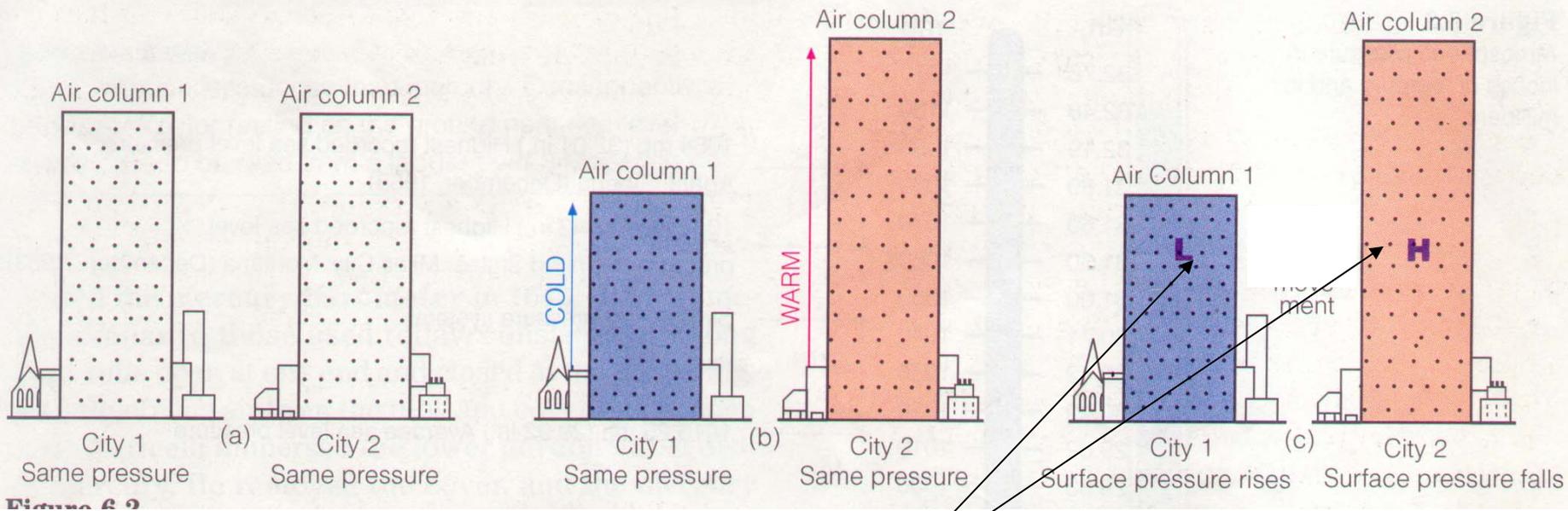


# Pressão atmosférica e ventos

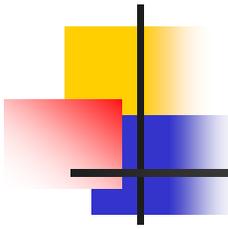
---

- O ar quente em altitude está associado normalmente com **altas pressões**
- e
- Ar frio em altitude está associado com **baixas pressões**

# Pressão atmosférica e ventos



O que acontece se conectarmos os dois cilindros neste ponto?

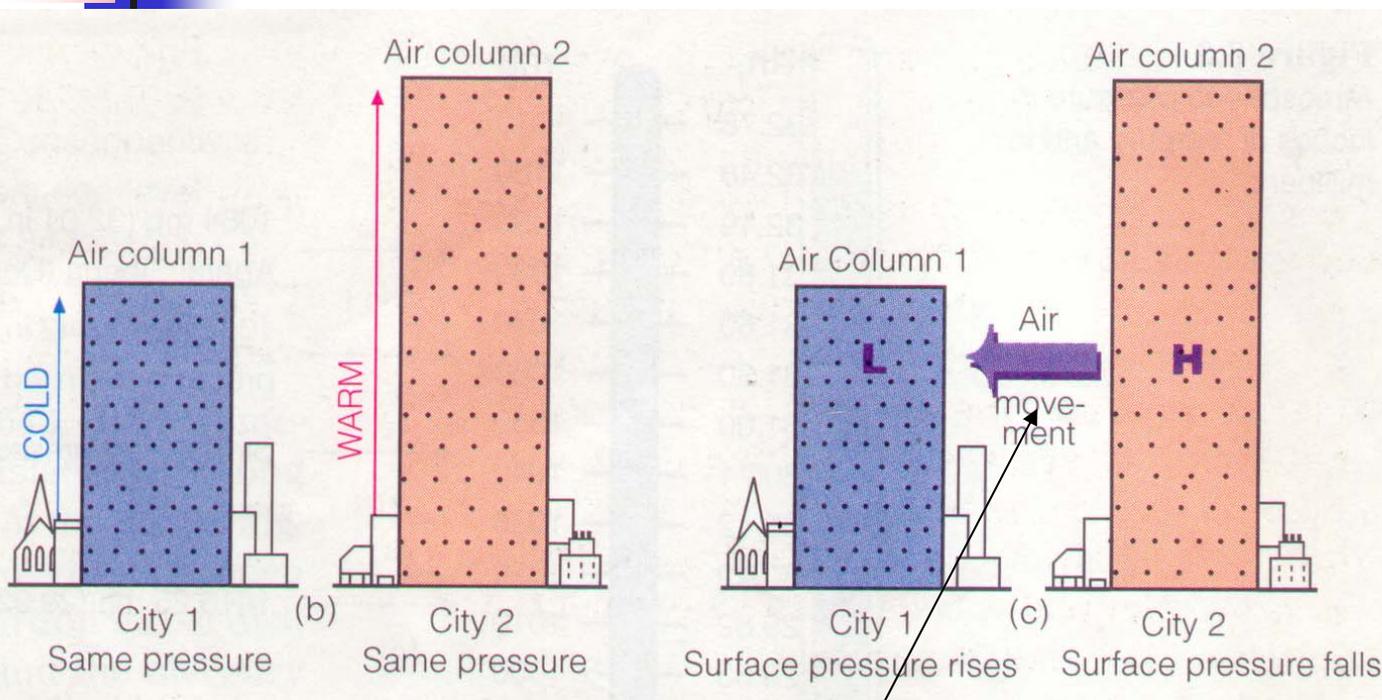


# Pressão atmosférica e ventos

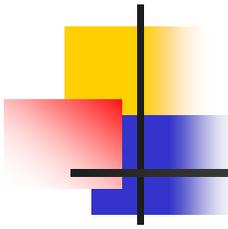
---

- O aquecimento ou resfriamento de uma coluna de ar pode estabelecer variações horizontais na pressão que **causarão movimento do ar.**

# Pressão atmosférica e ventos



Depois que começa a haver movimentação de massa em altitude, o que começa a acontecer com a pressão em superfície?



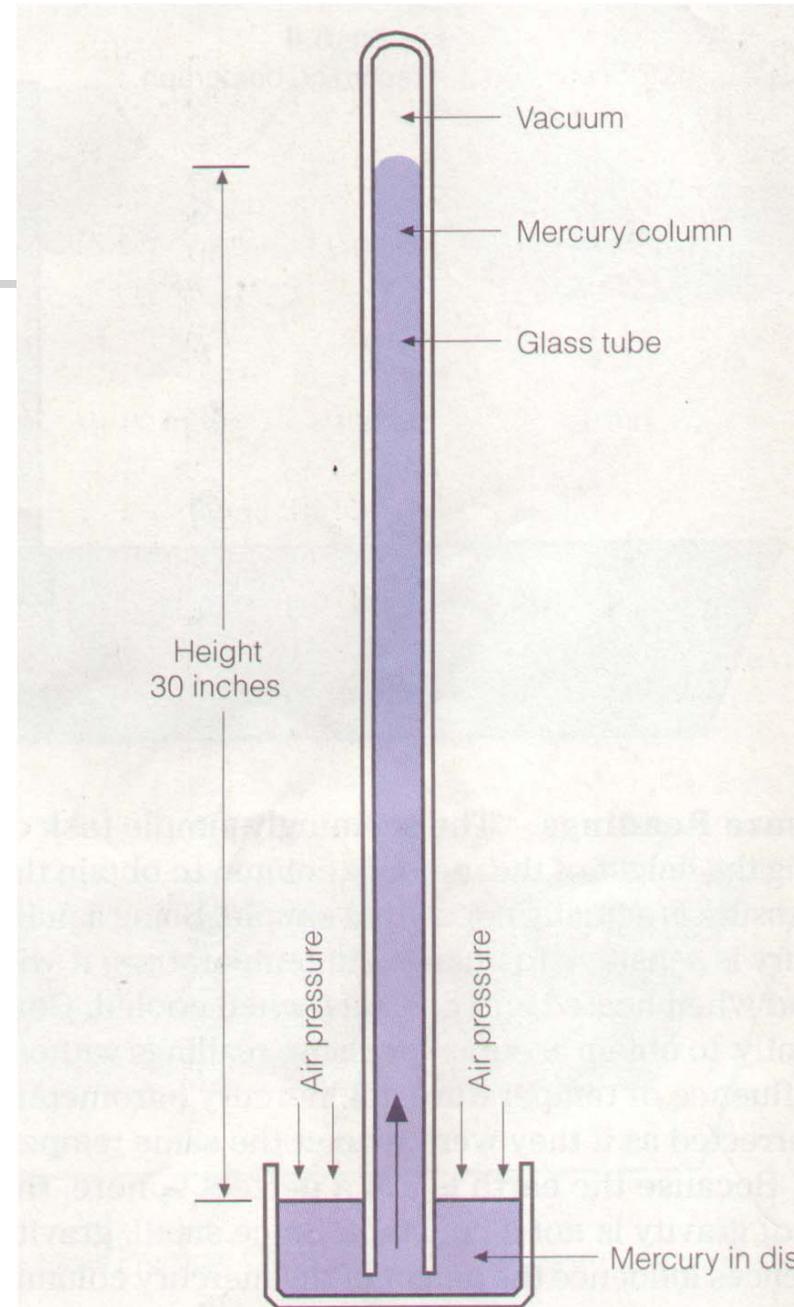
# Pressão atmosférica e ventos

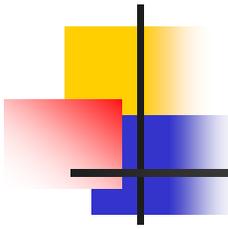
---

- Através das variações de temperatura se estabelece diferenças de pressão em altitude.
- Segue-se a isso os movimentos horizontais nos níveis mais altos, onde ficaram estabelecidas diferenças horizontais de pressão.
- Com o deslocamento do ar em altitude se estabelece diferenças de pressão também na superfície, havendo conseqüente movimento do ar também neste nível.

# Medindo a pressão atmosférica

- Barômetro de mercúrio  
Torricelli (1643)

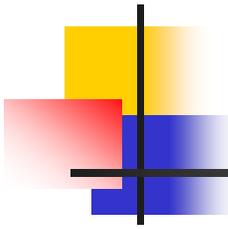




# Medindo a pressão atmosférica

---

- Barômetros – instrumento que mede o **bar** (unidade de pressão)
- Como o bar é uma unidade relativamente grande e as variações de pressão no dia a dia são pequenas, a unidade mais comumente usada é o **milibar (mb)**, ou seu equivalente no sistema MKS, o **hectoPascal (hPa)**

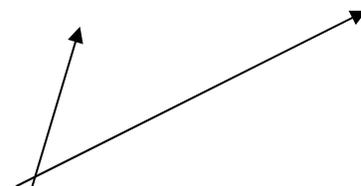


# Medindo a pressão atmosférica

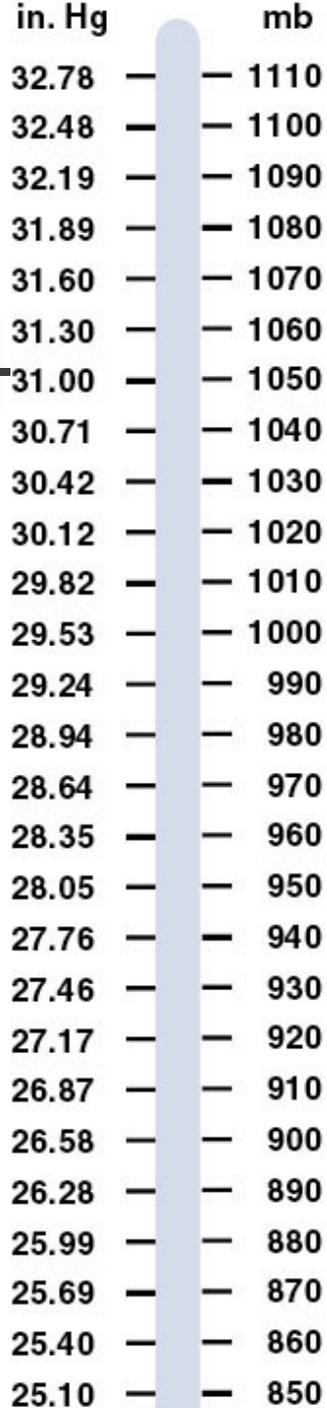
---

- No nível médio do mar, o valor médio ou padrão para a pressão atmosférica é:

1013,25 hPa = 1013,25 mb = 29,92 in Hg = 76 cm Hg



Unidades usadas na aviação

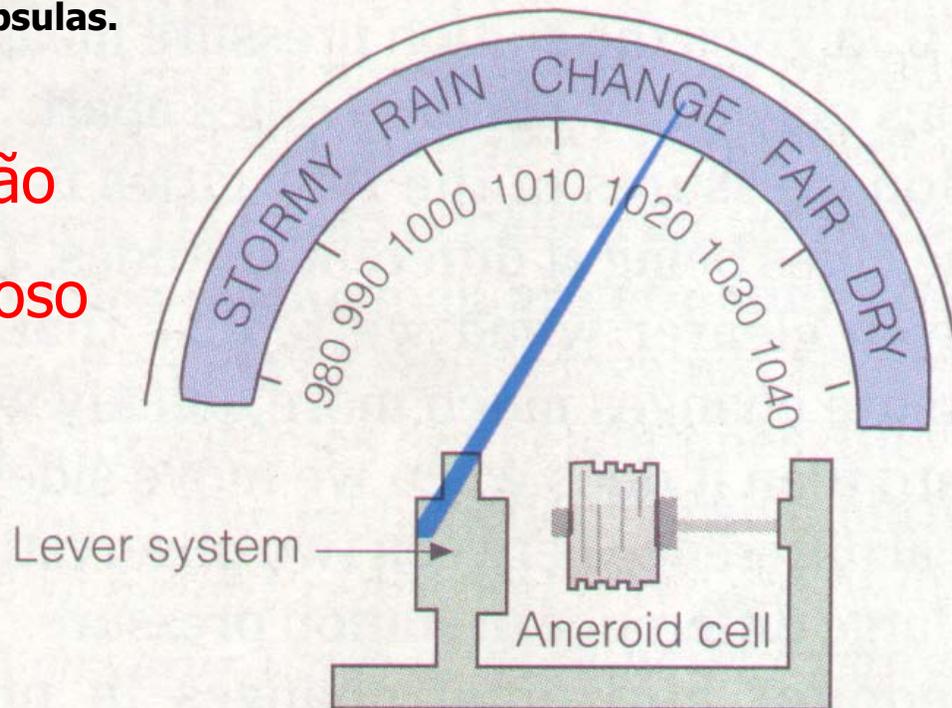


# Medindo a pressão atmosférica

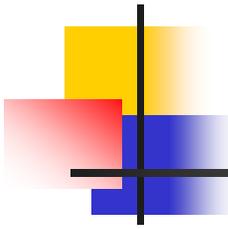
## Barômetro aneróide

Composto de cápsulas flexíveis completamente fechadas dentro das quais se retira o ar. As variações de pressão no exterior provocam expansão ou contração dessas cápsulas.

Baixa pressão  
Tempo Chuvoso



Alta pressão  
Tempo Bom

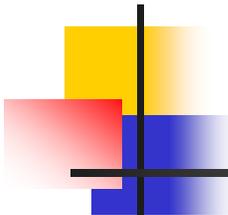


# Pressão atmosférica

---

- Quanto mais alta a pressão, maior a probabilidade de tempo claro e, quanto menor o valor lido no barômetro, maiores as chances de tempo inclemente.

**Por quê?**



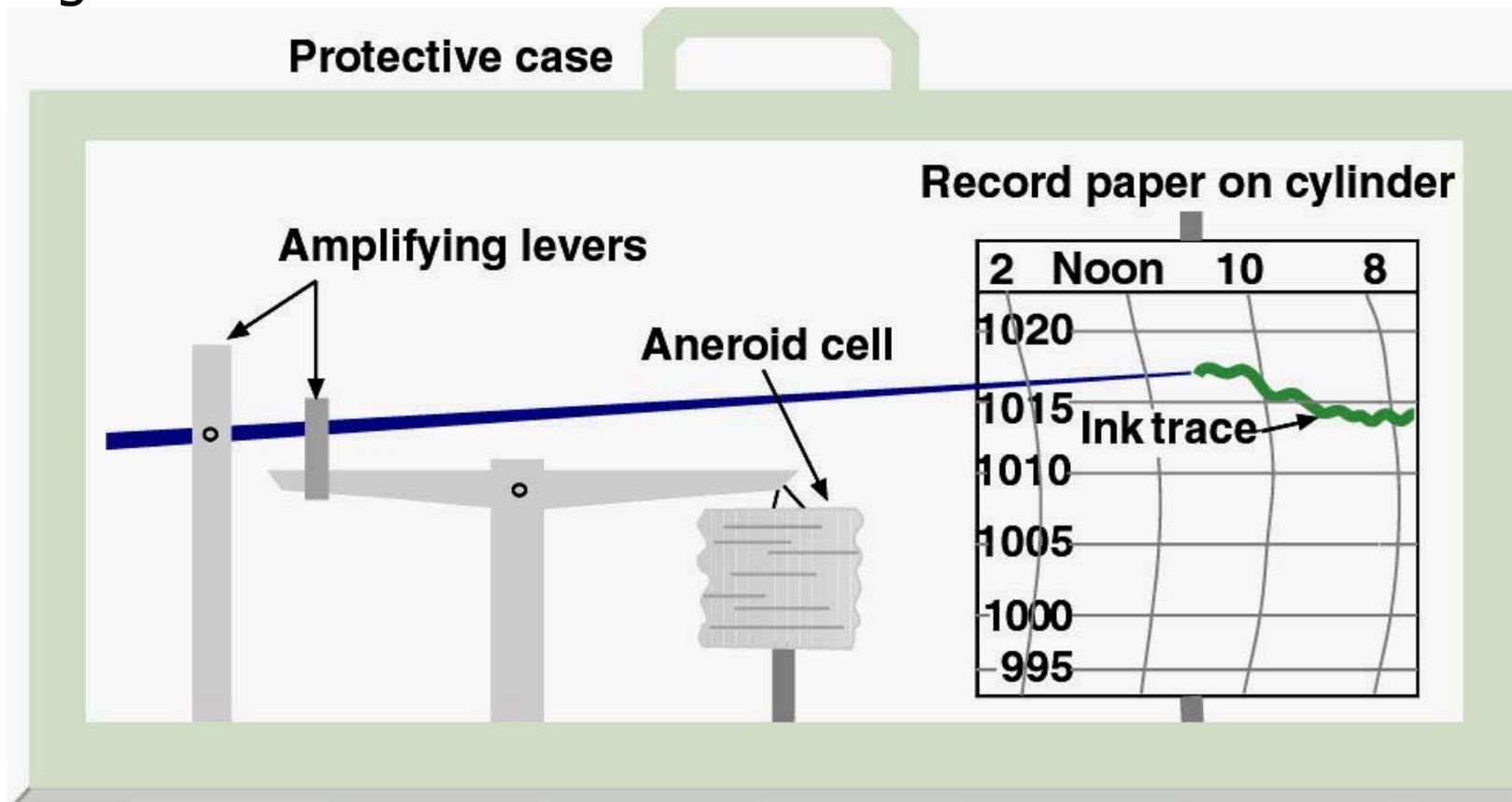
# Pressão atmosférica

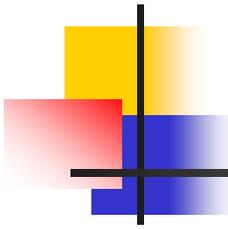
---

- Áreas de **baixa** pressão em superfície estão associadas com **convergência**, movimentos verticais, formação de nuvens e tempo úmido.
- Áreas de **alta** pressão em superfície estão associadas com **divergência**, movimentos descendentes e céu claro.

# Medindo a pressão atmosférica

## Barógrafo

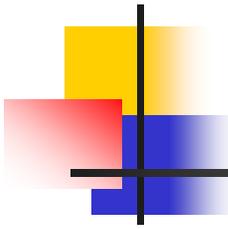




# Medindo a pressão atmosférica

---

- Onde são colocados os instrumentos para medir a pressão atmosférica?



# Pressão atmosférica

---

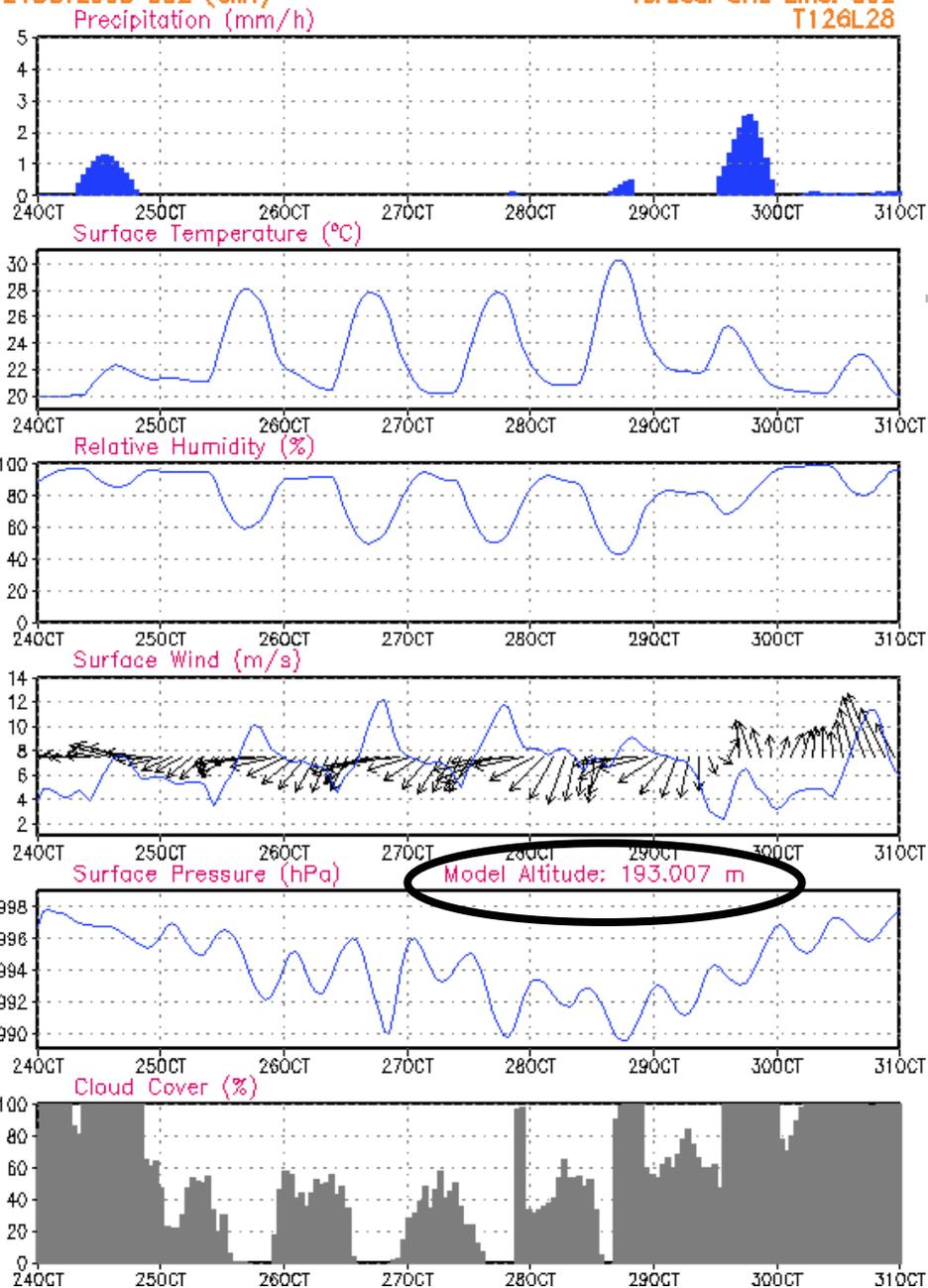
- As leituras feitas em um barômetro de mercúrio devem ser corrigidas em relação à:
  - Temperatura
  - Gravidade
  - Erros instrumentais



Pressão ao nível da estação

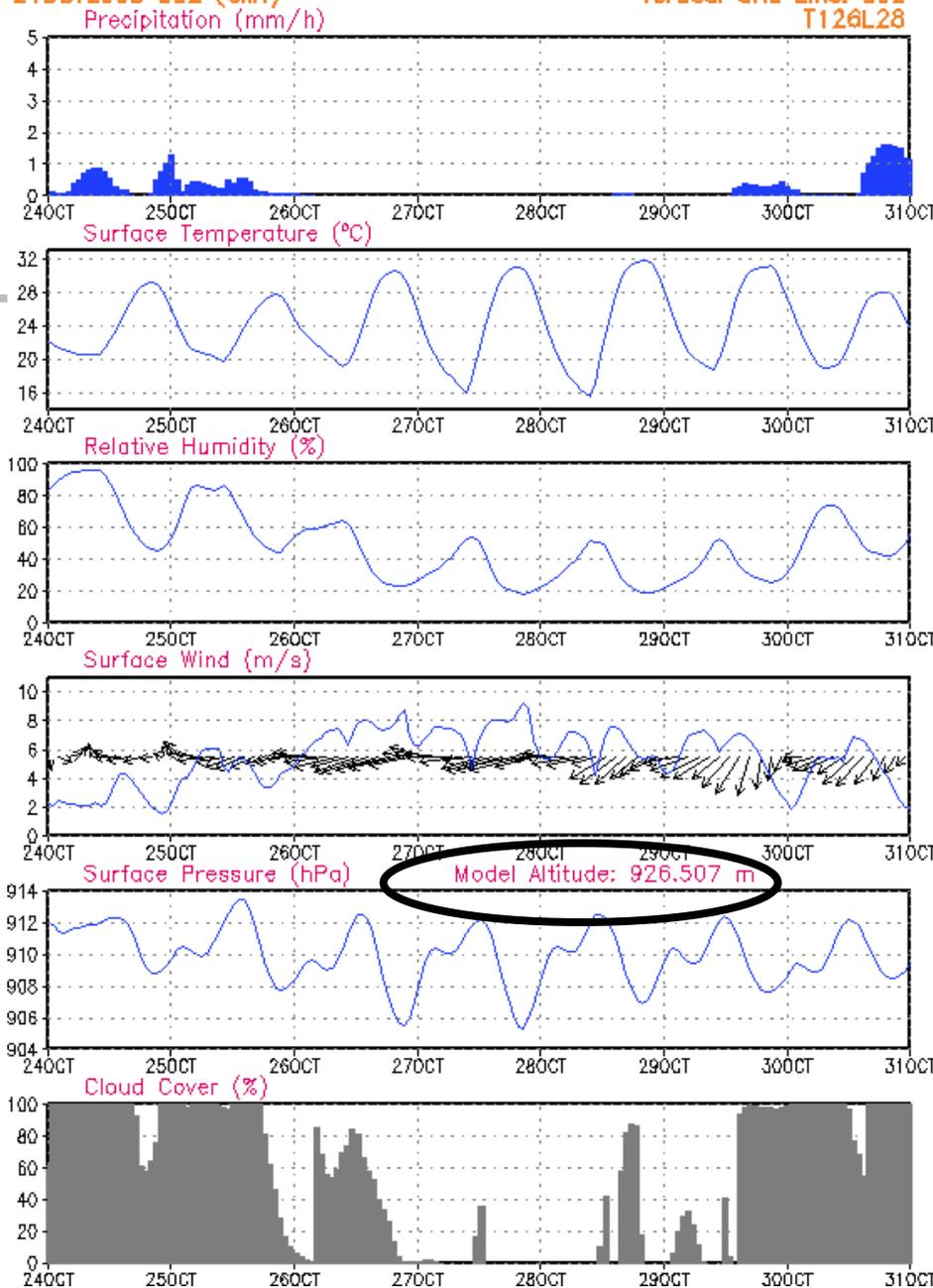
CPTEC: 043:08W-22:55S RIO DE JANEIRO (RJ)  
24OCT2003 00Z (GMT)

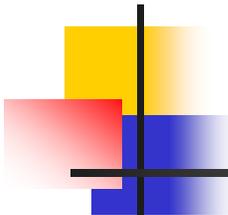
Vertical Grid Line: 00Z  
T126L28



CPTEC: 047:49W-15:26S BRASILIA (DF)  
24OCT2003 00Z (GMT)

Vertical Grid Line: 00Z  
T126L28





# Pressão atmosférica

---

- Será que o que se mostra numa carta sinótica são valores de pressão ao nível da estação?



Precisa-se da

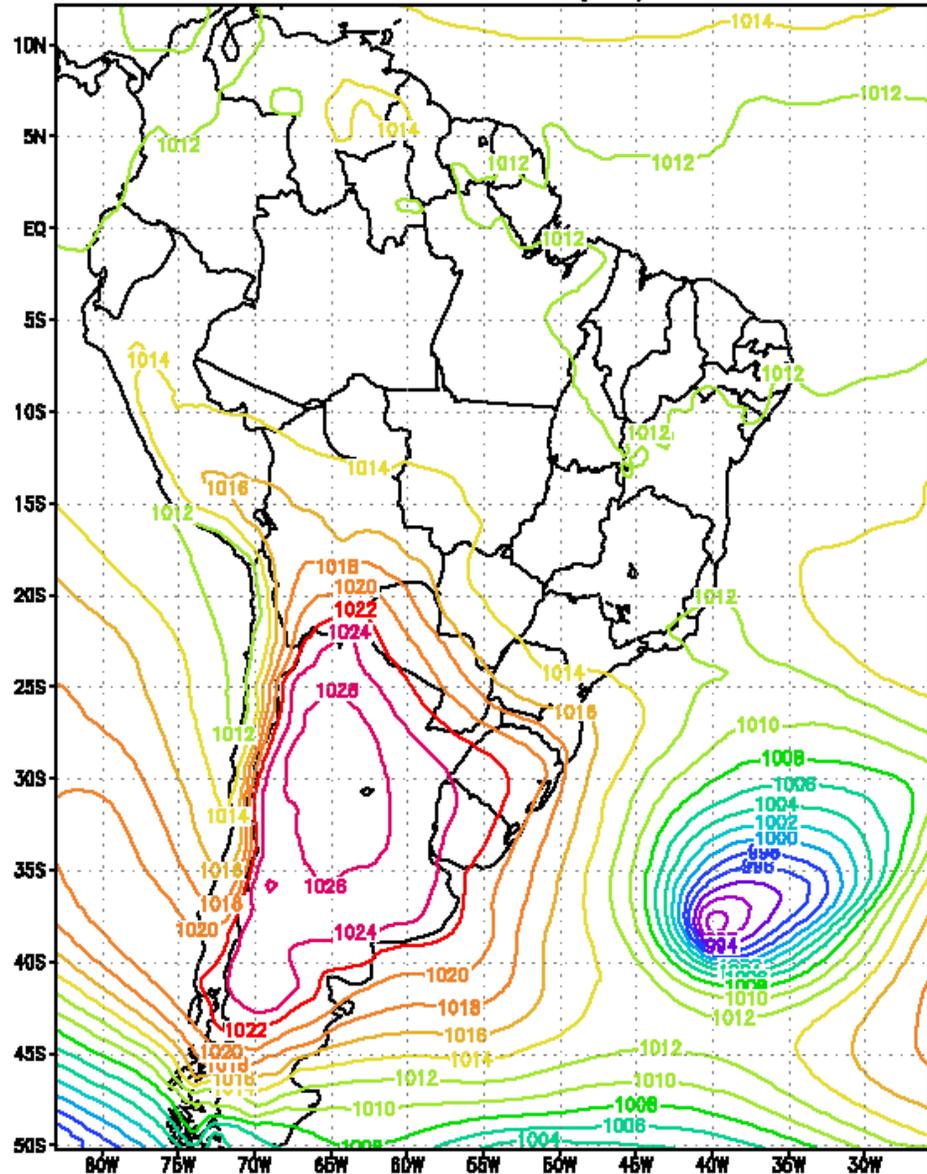
**Pressão ao nível médio do mar**

O que seria isto?

# Pressão atmosférica

**PNMM**

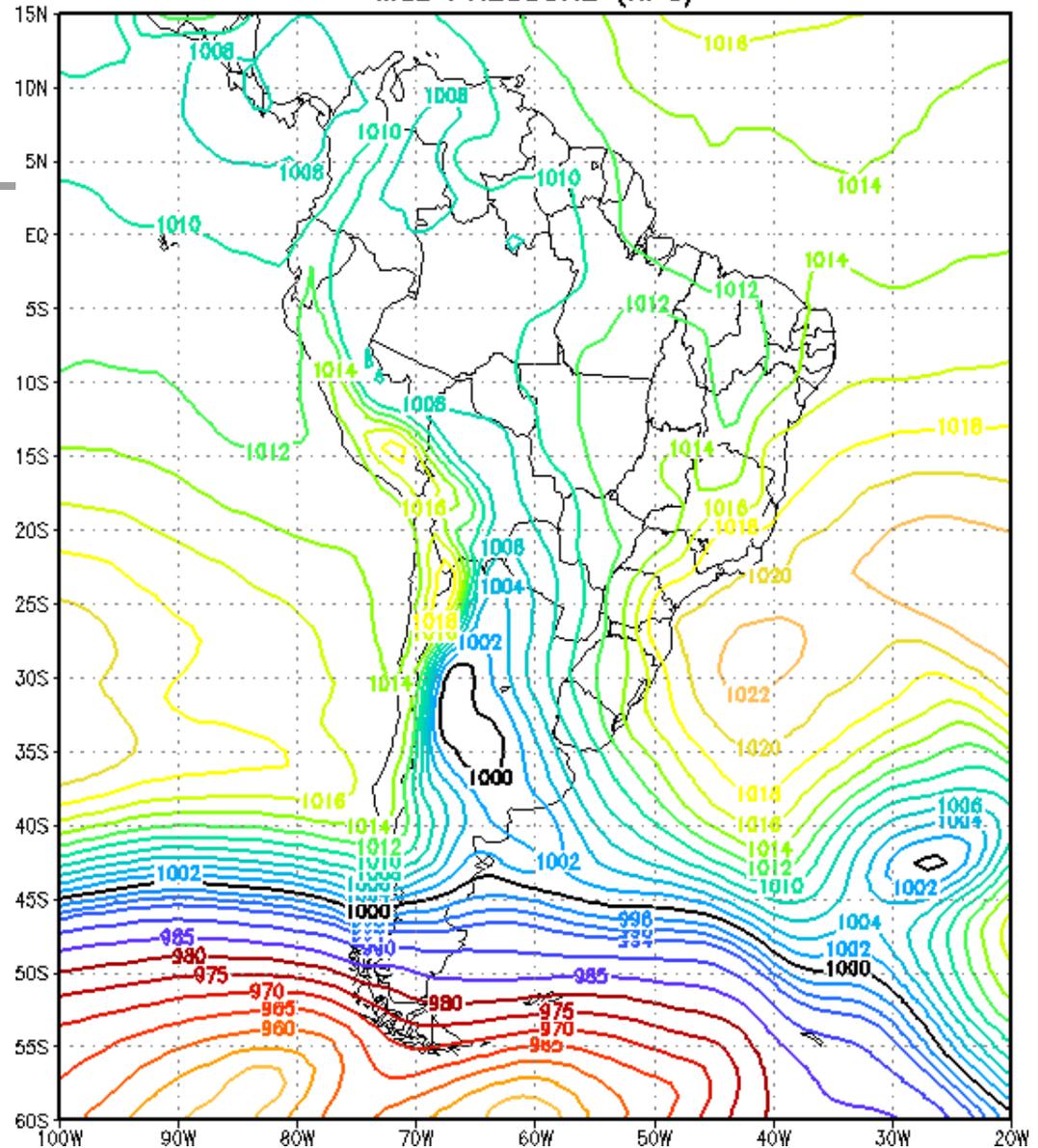
CPTEC/INPE/MCT - MODELO REGIONAL  
Previsão 2003050200+12h, válida para 02/05/2003, 12UTC  
Pressão ao N.M.M. (hPa)

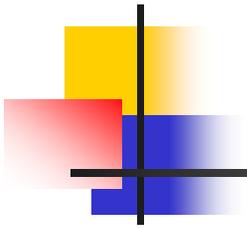


# Pressão atmosférica

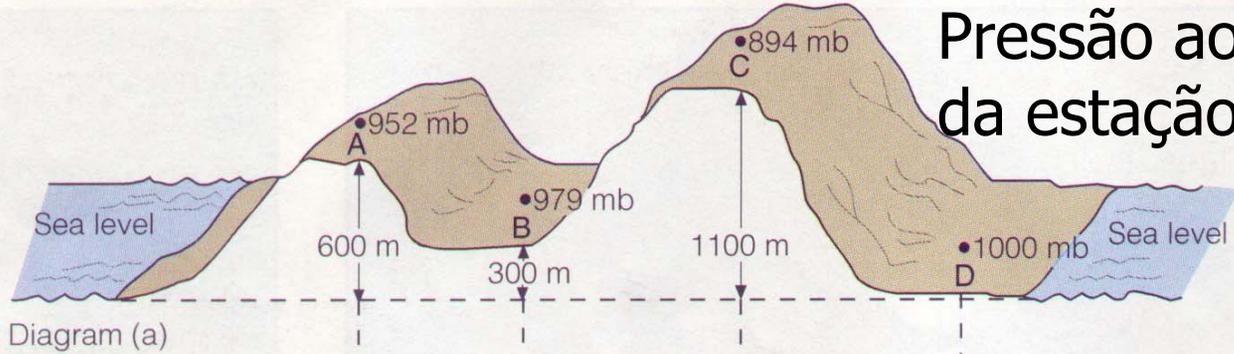
PNMM

CPTEC/INPE/MCT - GLOBAL MODEL - T126L28  
ANALYSIS: 2003102400  
MSL PRESSURE (hPa)



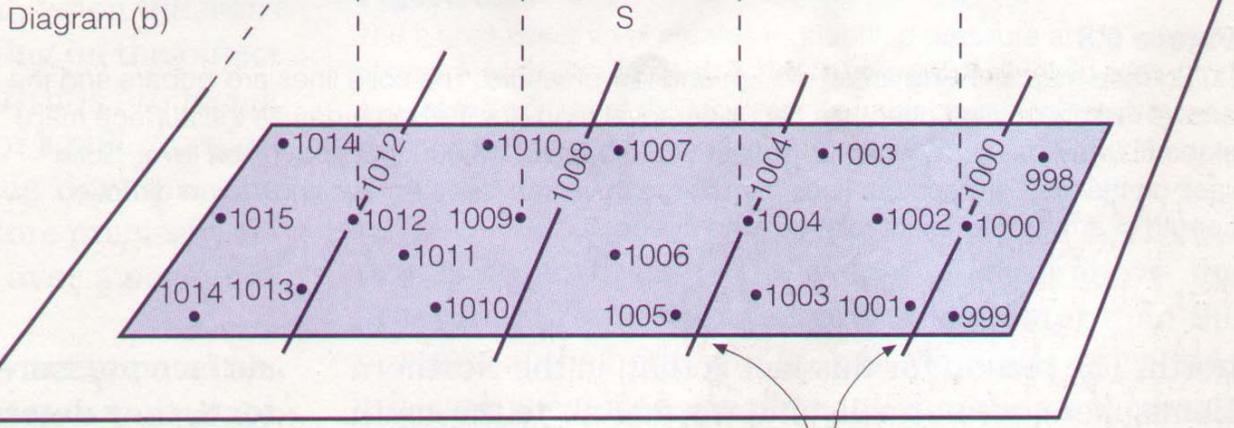
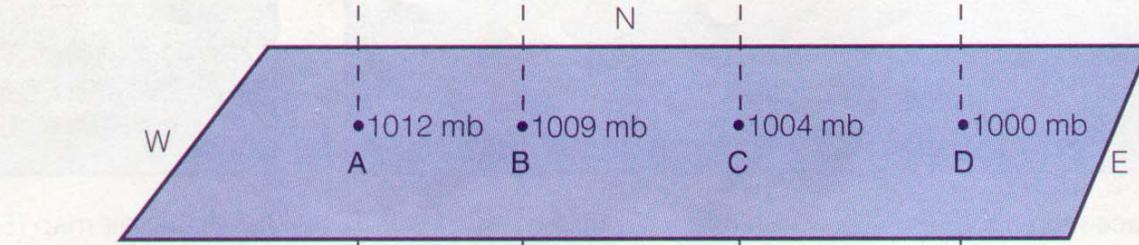


Pressão ao nível da estação



+ 60 mb + 30 mb + 110 mb + 0 mb

**10hPa/100m**

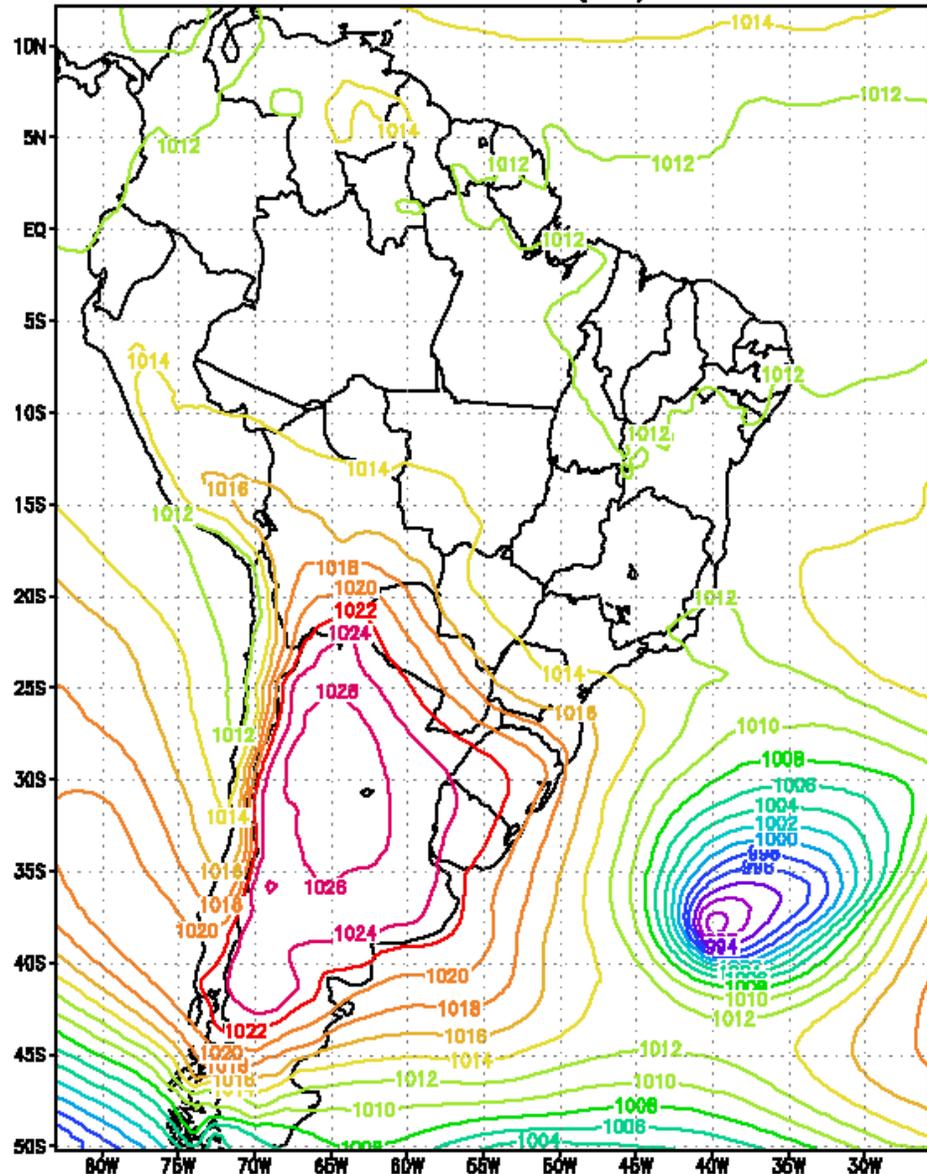


Carta  
Sinótica  
**PNMM**

# Pressão atmosférica

Após as leituras de pressão terem sido corrigidas ao nível da estação e ao nível médio do mar (PNMM), são confeccionadas as cartas de superfície através do traçado de **isóbaras**

CPTEC/INPE/MCT - MODELO REGIONAL  
Previsão 2003050200+12h, válida para 02/05/2003, 12UTC  
Pressão ao N.M.M. (hPa)



# Pressão atmosférica e ventos

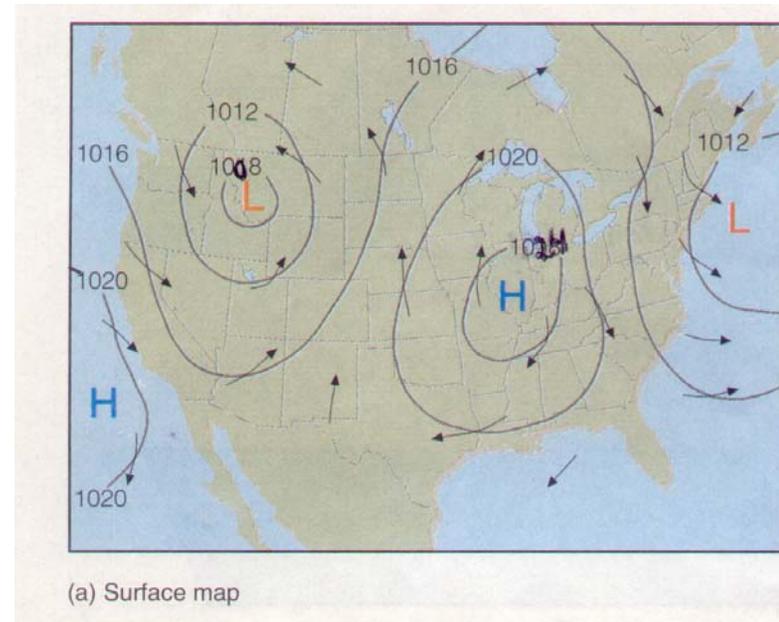
Carta sinótica de superfície, mostrando áreas de alta e baixa pressão e a direção do vento.

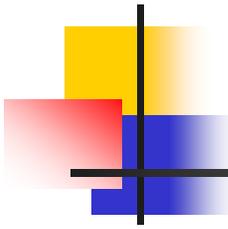
## Isóbaras

**H** – centros de alta pressão  
**anticiclones**

**L** – centros de baixa pressão  
**ciclones** ou **depressões**

Ventos em superfície tendem a se dirigir das altas para as baixas pressões, cortando levemente as isóbaras

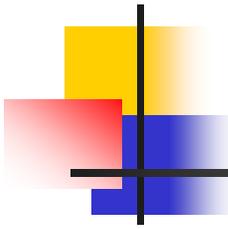




# Pressão atmosférica e ventos

---

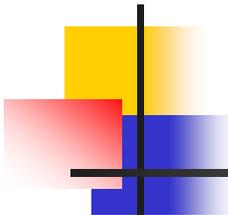
- Hemisfério Norte
  - **Baixas** pressões – Ciclones
    - vento para o centro com direção **anti-horária**
  - **Altas** pressões – Anticiclones
    - vento para fora do centro e com direção **horária**
- Hemisfério Sul
  - **Baixas** pressões – Ciclones
    - vento para o centro com direção **horária**
  - **Altas** pressões – Anticiclones
    - vento para fora do centro e com direção **anti-horária**



# Pressão atmosférica e ventos

---

- Hemisfério Norte
  - **Baixas** – Ciclones
    - **Movimento anti-horário**
- Hemisfério Norte
  - **Altas** – Anticiclones
    - **Movimento horário**



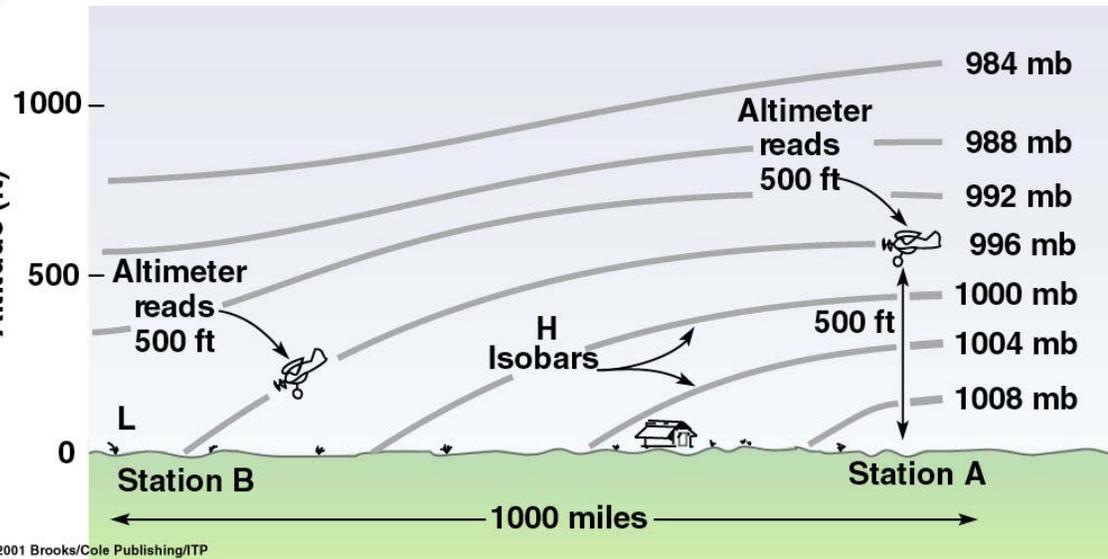
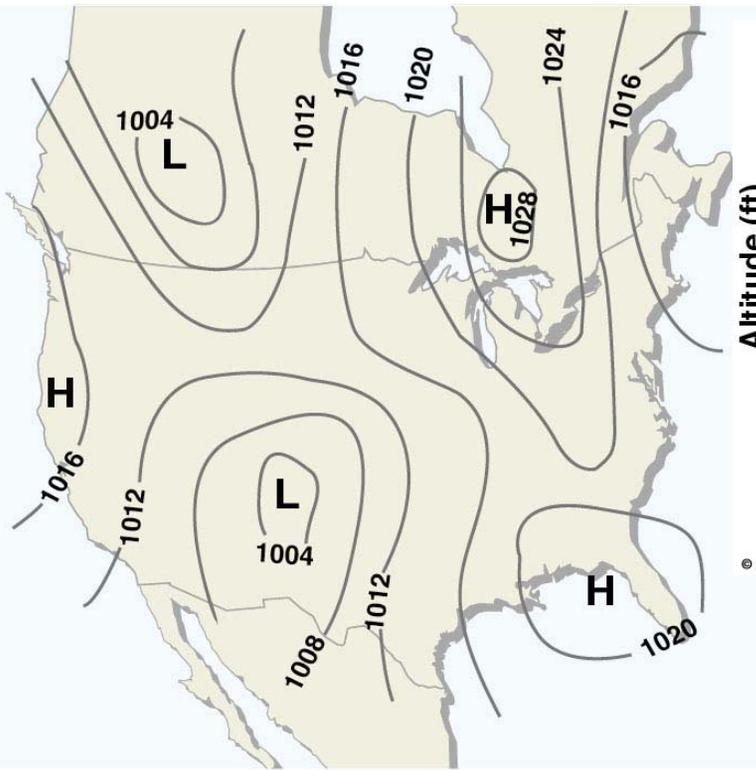
# Pressão atmosférica e ventos

---

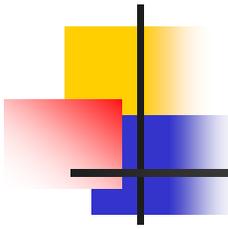
- Hemisfério Sul
  - **Baixas** pressões – Ciclones
    - **Movimento Horário**
  
- Hemisfério Sul
  - **Altas** pressões – Anticiclones
    - **Movimento anti-horário**

**AAA**

# Superficies isobáricas



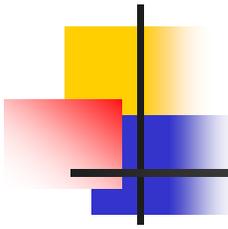
© 2001 Brooks/Cole Publishing/ITP



# Pressão atmosférica e ventos

---

- Cartas de altitude
  - Construídas para mostrar em que altitude encontra-se uma determinada superfície isobárica.
    - Cartas de 1000 hPa
    - Cartas de 850 hPa
    - Cartas de 700 hPa
    - .....
- São traçadas **isoípsas**

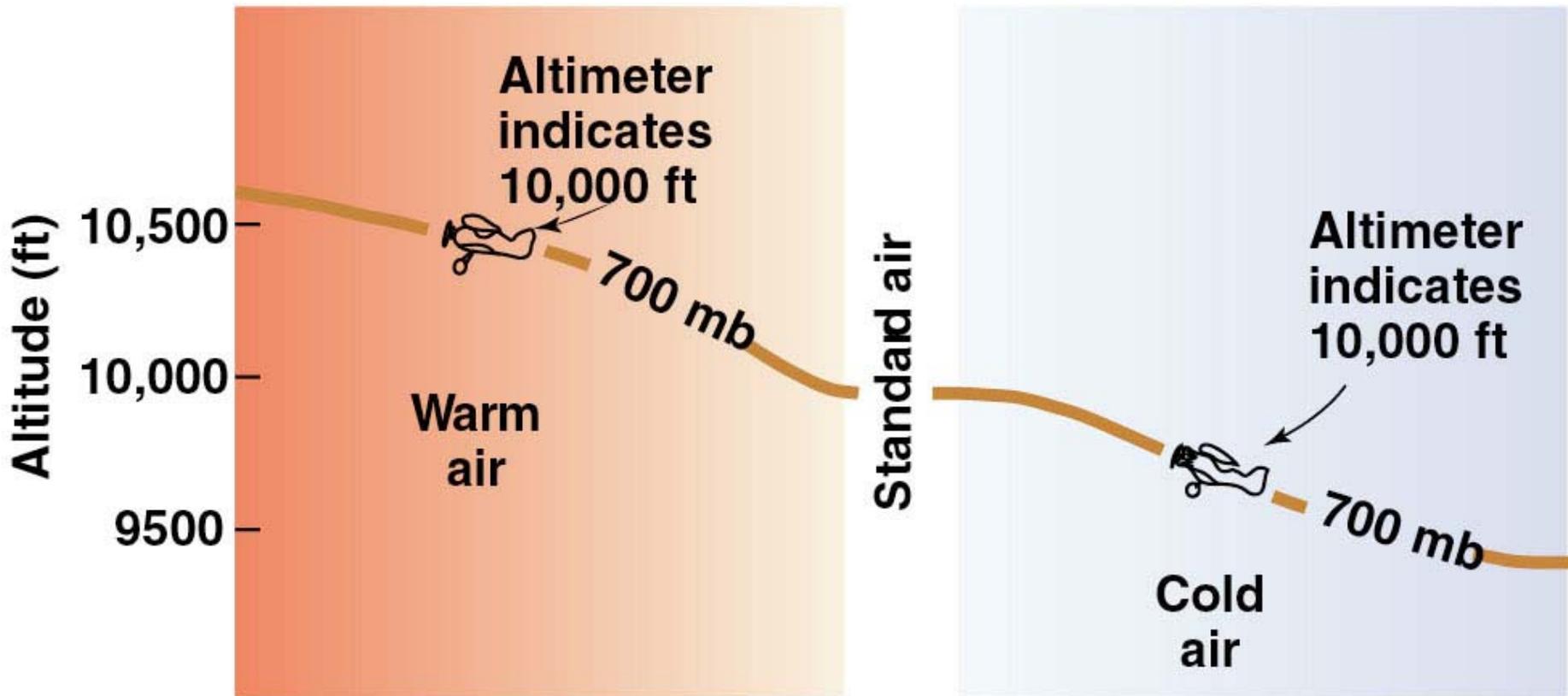


# Cartas de altitude

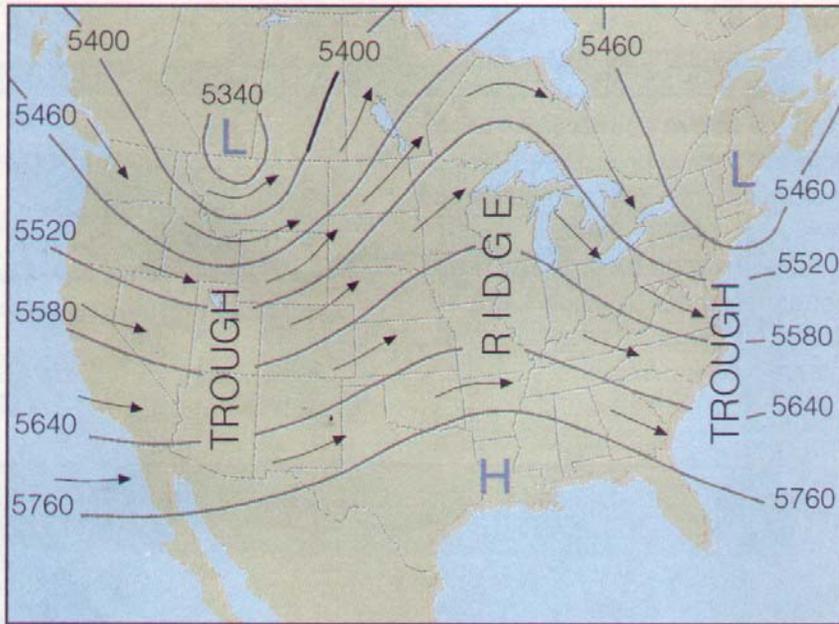
---

- As baixas em cartas de altitude, embora sejam relativas a baixas altitudes, representam regiões de baixas pressões, assim como regiões de altos valores nas isoípsas representam regiões de altas pressões.

# Sperfícies isobáricas



# Cartas de altitude

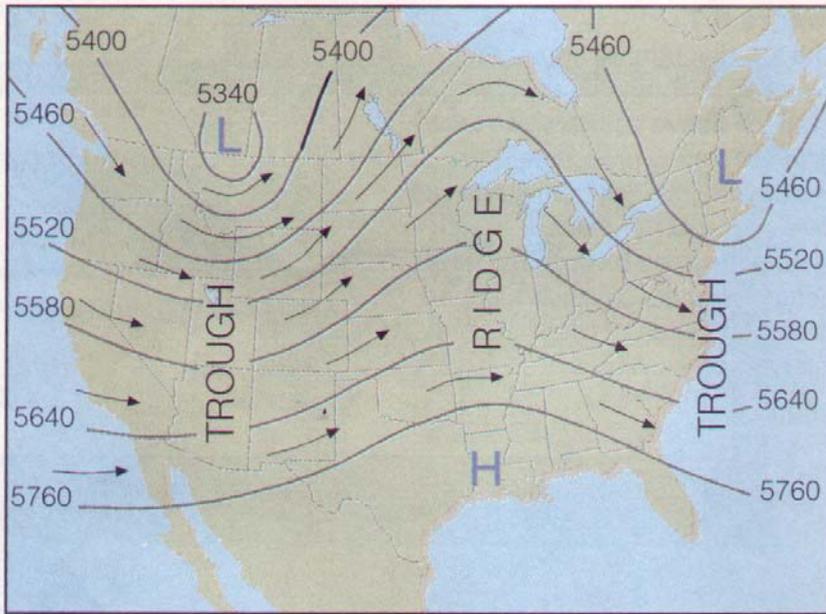


(b) Upper-air map (500 millibars)

## ■ HN

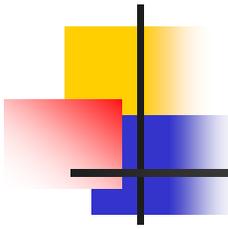
- Os valores das isolinhas decrescem de sul para norte (ar quente está mais ao sul, perto do equador)
- Cristas (ar + quente)
- Cavados (ar + frio)

# Cartas de altitude



(b) Upper-air map (500 millibars)

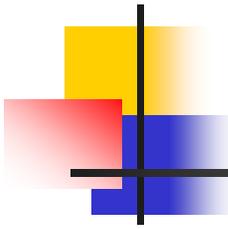
- Os ventos fluem paralelamente às isoípsas e na direção predominante de oeste para leste.
- Quando as isoípsas estão mais próximas a velocidade do vento é maior.



# Pressão atmosférica e ventos

---

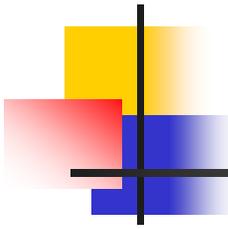
- As cartas de superfície e de altitude são muito úteis para os meteorologistas
  - As de superfície descrevem **onde estão os centros** de altas e baixas pressões, assim como os ventos e o tempo associado com estes sistemas.
  - As de altitude são importantes para a previsão do tempo: determinam **o movimento** dos sistemas de pressão em superfície e **se eles vão se intensificar** ou se enfraquecer.



# Por que o ar se movimentava?

---

- Leis do movimento de Newton
  - Um objeto em repouso permanecerá em repouso e um objeto em movimento permanecerá em movimento (e se deslocará com velocidade constante e em linha reta) a menos que uma força seja exercida sobre ele.
  - A força exercida sobre um objeto é igual a sua massa vezes a aceleração produzida.



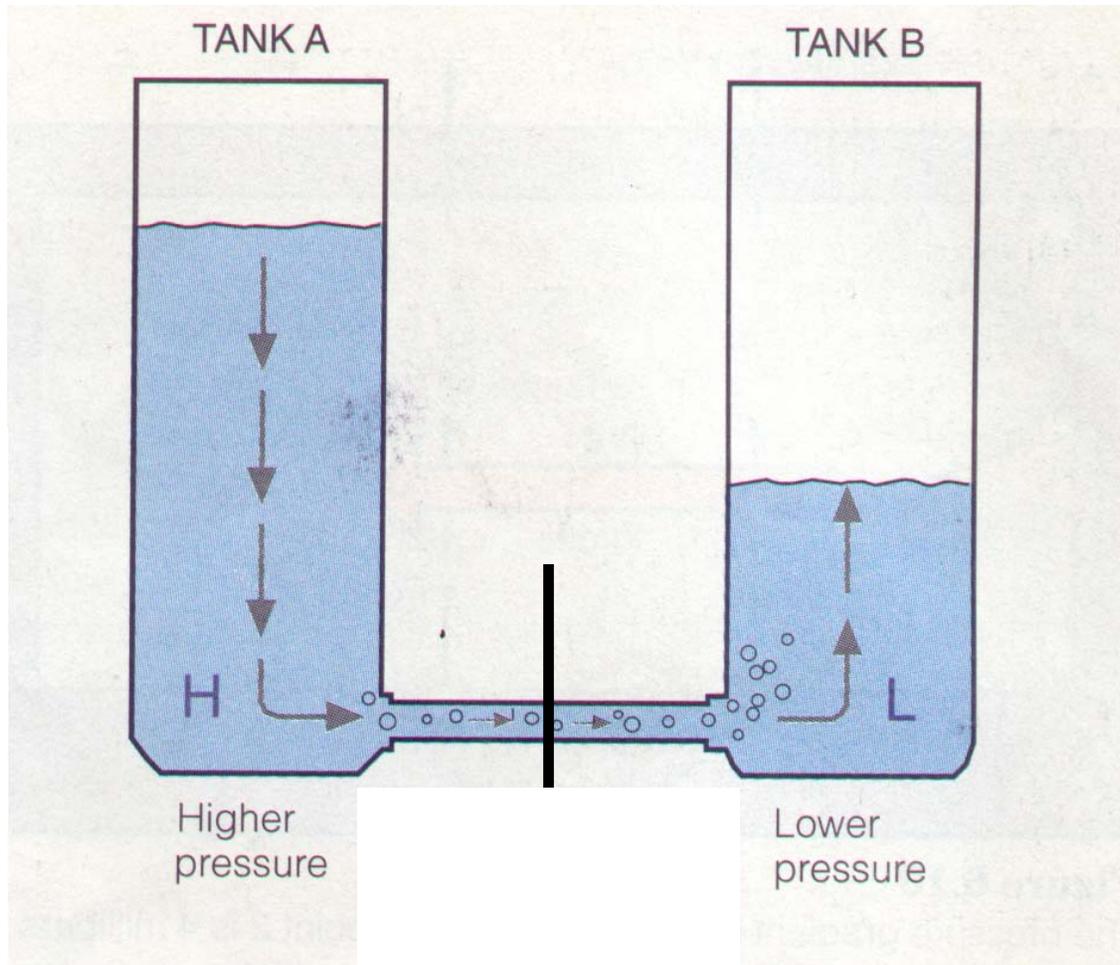
# Pressão atmosférica e ventos

---

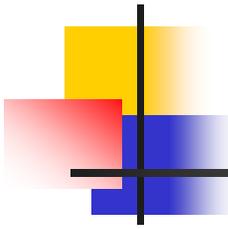
*Para determinar em qual direção o vento irá se deslocar, devemos saber as forças que afetam o movimento horizontal do ar*

- Força do gradiente de pressão
- Força de Coriolis
- Força de atrito
- Força centrípeta

# Força do gradiente de pressão



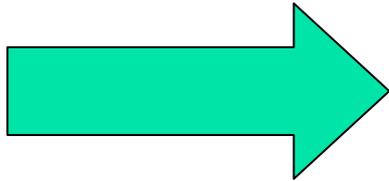
**Quanto maior a diferença de pressão, maior será a força e mais rápido se moverá a água**



# Força do gradiente de pressão

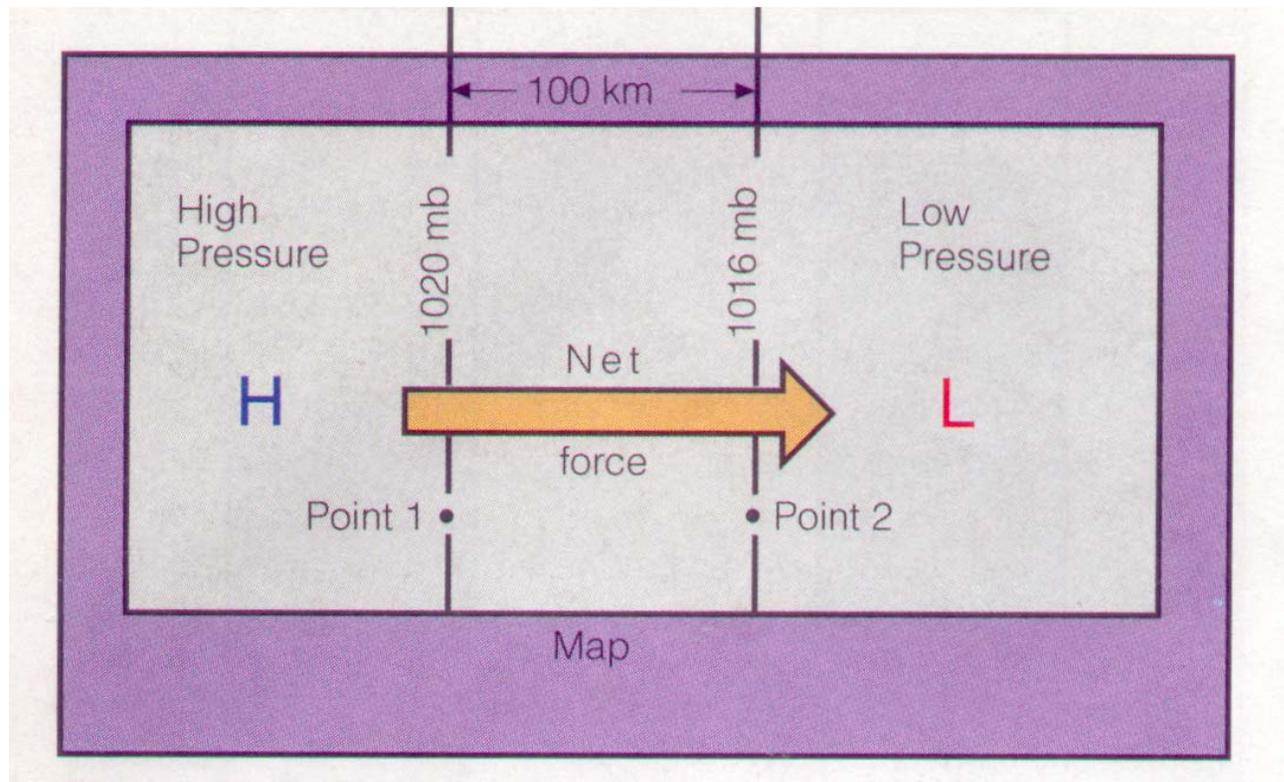
---

- Do mesmo modo as diferenças de pressão atmosférica causam o movimento do ar.



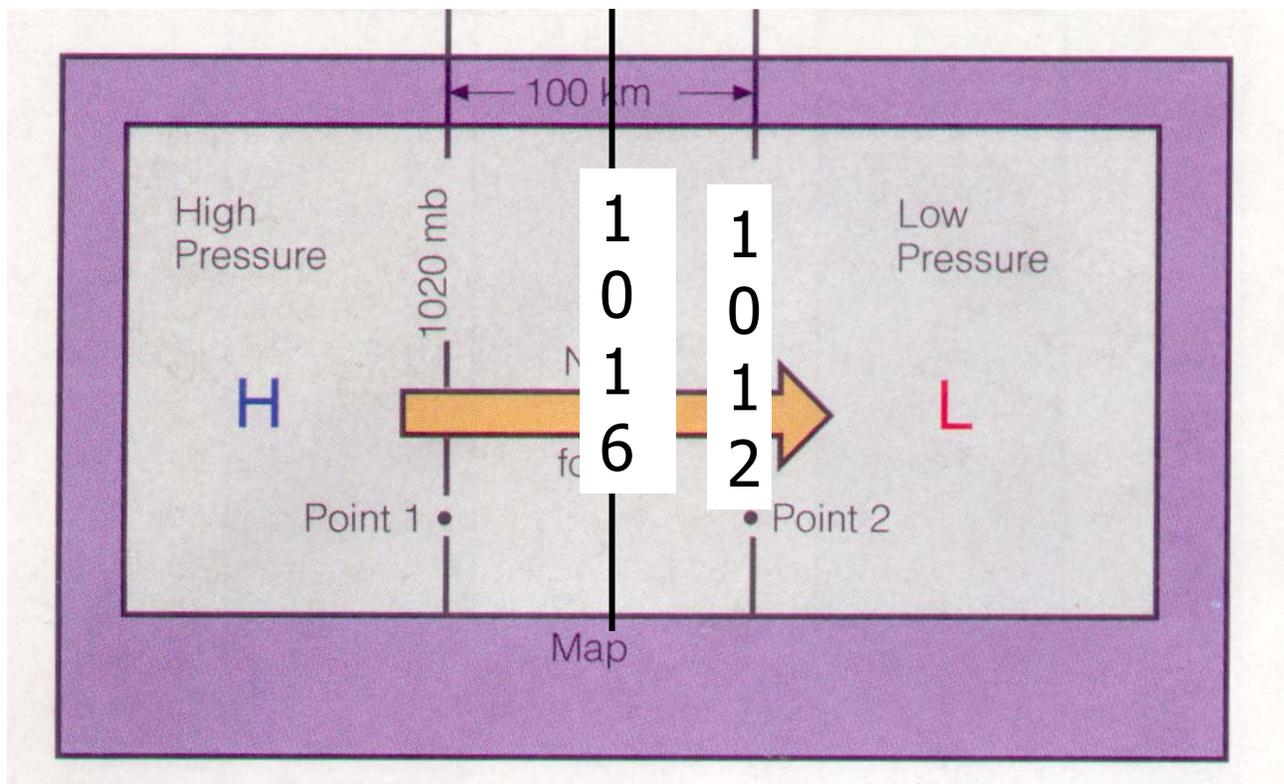
**Força de gradiente  
de pressão**

# Gradiente de pressão

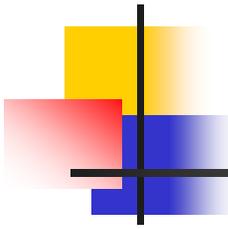


$$\text{gradiente de pressão} = \frac{\text{diferença de pressão}}{\text{distância}} = \frac{4hPa}{100Km}$$

# Gradiente de pressão



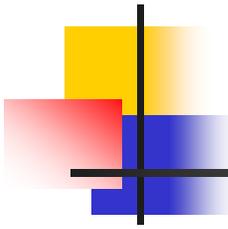
$$\text{gradiente de pressão} = \frac{\text{diferença de pressão}}{\text{distância}} = \frac{8hPa}{100Km}$$



# Força do gradiente de pressão

---

- Se a pressão estiver mudando de tal modo que
  - As isóbaras fiquem mais **próximas**, o **gradiente de pressão** será **maior**
  - As isóbaras fiquem mais **afastadas**, o **gradiente de pressão** estará **enfraquecendo**



# Força do gradiente de pressão

---

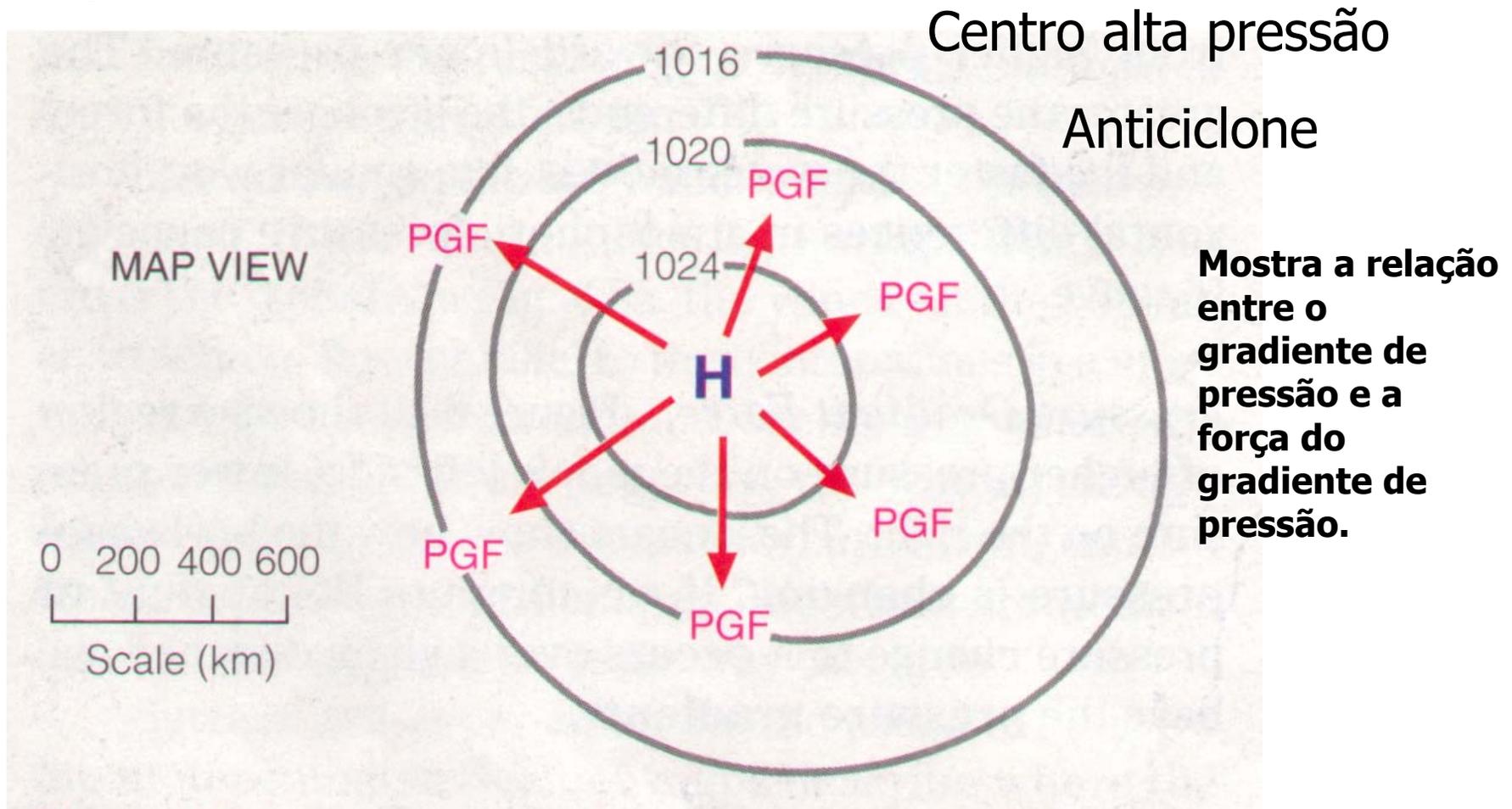
- Quando existem diferenças horizontais na pressão do ar, existe uma força líquida atuando sobre o ar.

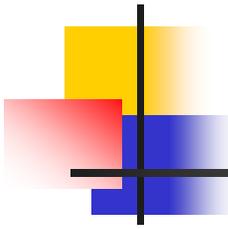
Esta força é chamada de

**força do gradiente de pressão (FGP)**

que se dirige diretamente das altas para as baixas pressões formando ângulos retos com as isóbaras.

# Força do gradiente de pressão





# Força do gradiente de pressão

---

- Quanto mais próximas as isóbaras, maior a força do gradiente de pressão, maior a velocidade do vento.

# Força do gradiente de pressão

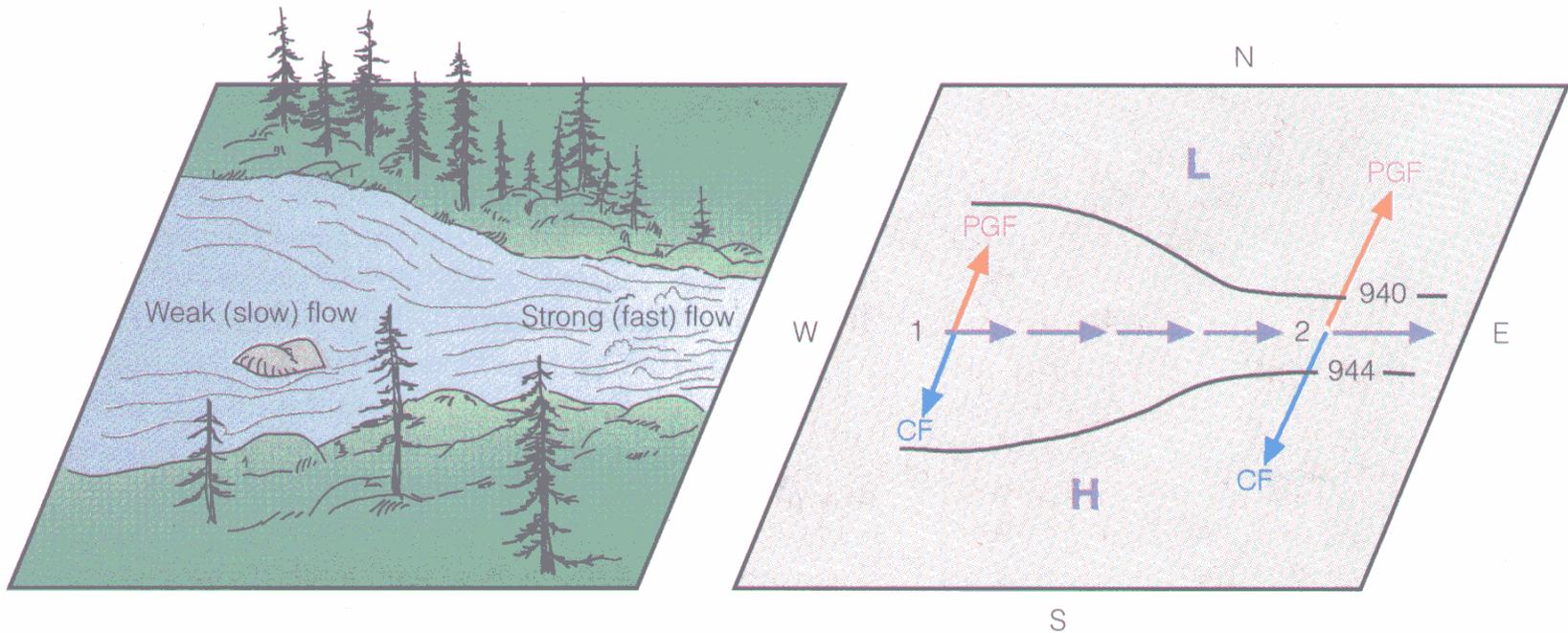
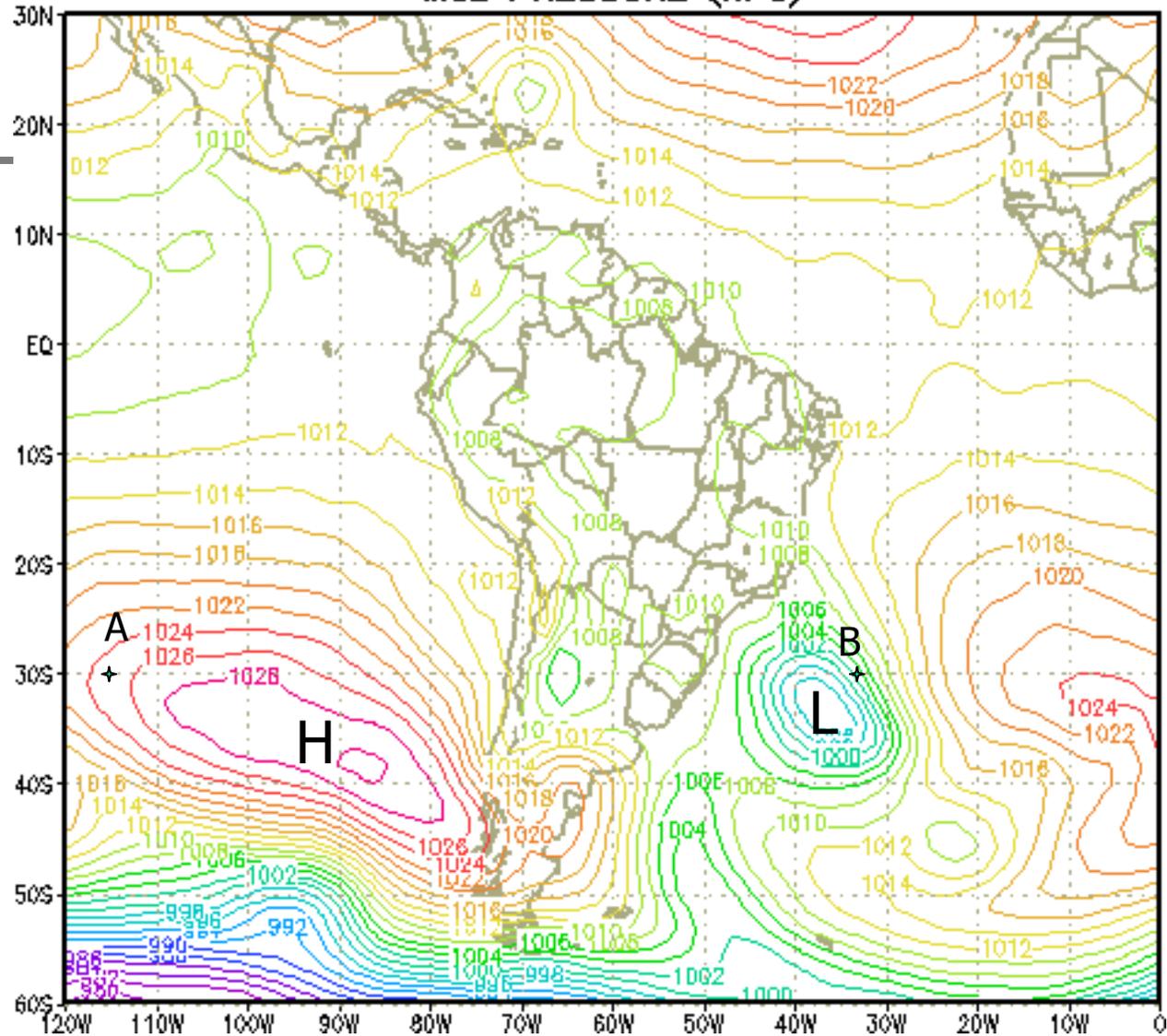


Figure 6.15

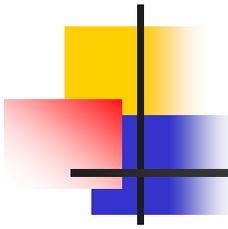
CPTEC/INPE/MCT – GLOBAL MODEL – T062L28  
ANALYSIS: 2001120200  
MSL PRESSURE (hPa)



Onde o vento é  
mais forte?

Em A ou B?

Por quê?

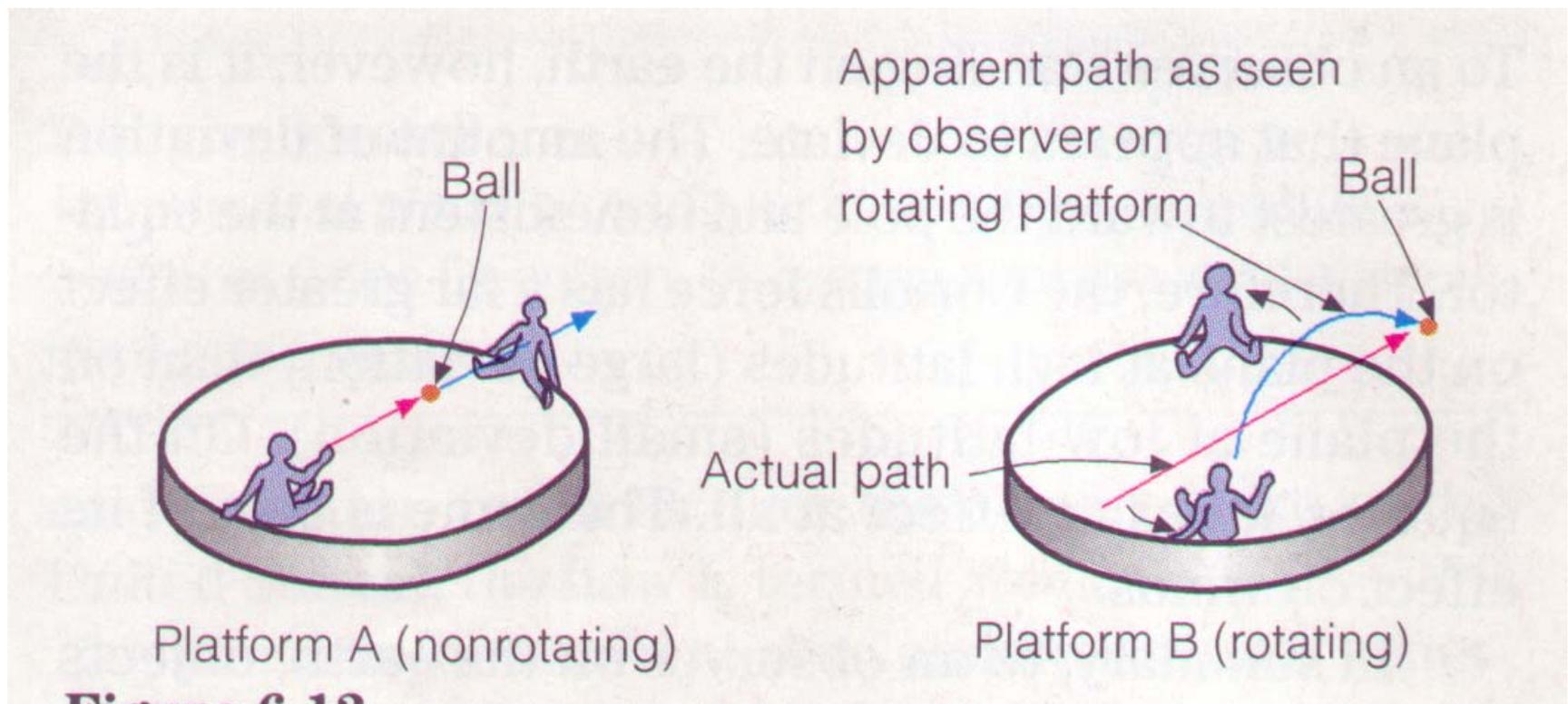


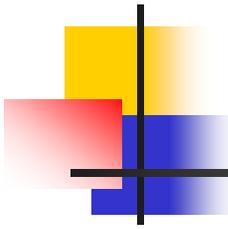
# Pressão atmosférica e ventos

---

- Se a FGP fosse a única a atuar sobre o ar, nós sempre veríamos o vento se dirigindo diretamente das altas para as baixas pressões.
- No entanto, assim que o ar começa a se deslocar o vento é desviado de seu curso pela **Força de Coriolis**.

# Força de Coriolis (efeito)

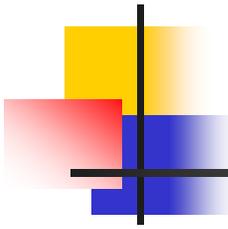




# Força de Coriolis

---

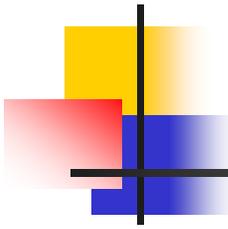
- Descreve uma força aparente que aparece devido à rotação da terra.
  - Para qualquer pessoa presa a superfície da terra, se um objeto se desloca no **Hemisfério Norte** parece que este objeto tem seu curso desviado **para a direita.**



# Força de Coriolis

---

- Descreve uma força aparente que aparece devido à rotação da terra.
  - Para qq pessoa presa a superfície da terra, se um objeto se desloca no **Hemisfério Sul** parece que este objeto tem seu curso desviado **para a esquerda.**



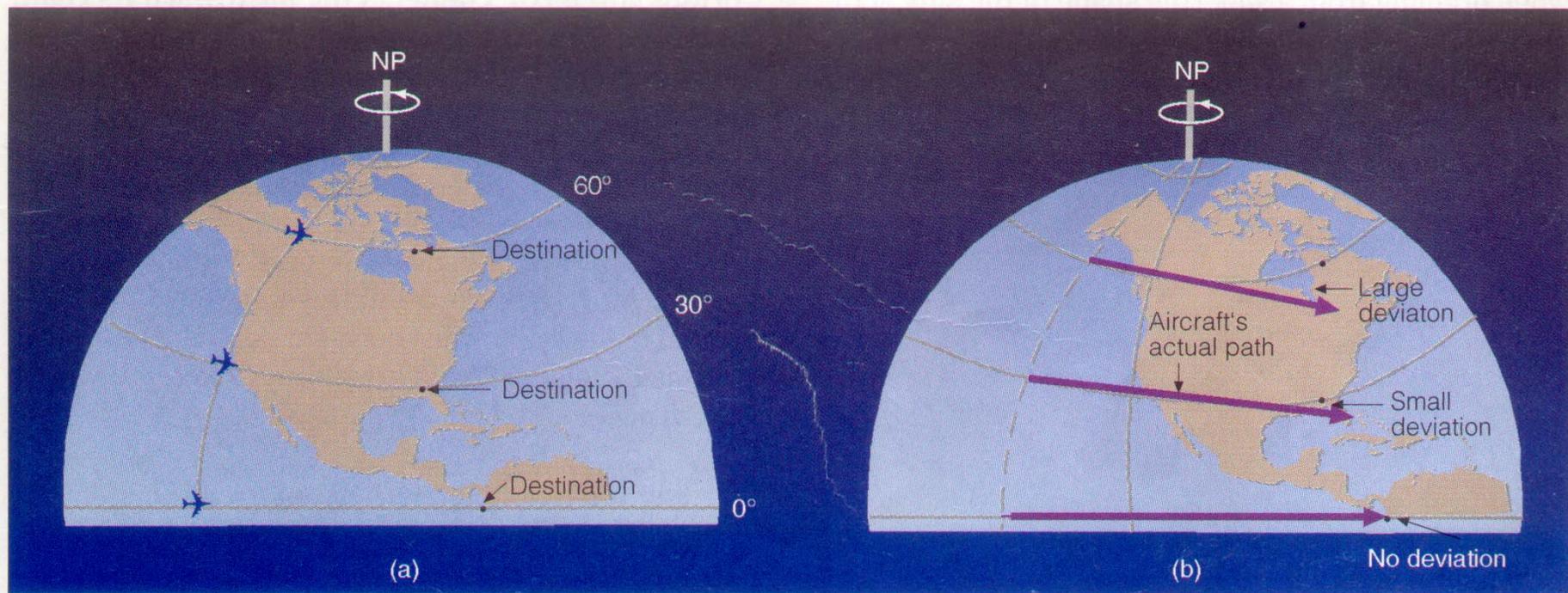
# Força de Coriolis

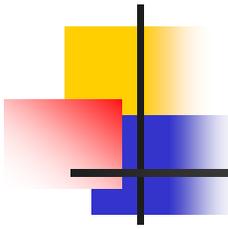
---

- Todos os objetos que se movem, correntes oceânicas, aviões, projéteis de artilharia e moléculas sofrem este efeito.

***Esta força é máxima nos pólos e zero no equador.***

# Força de Coriolis

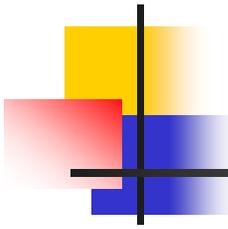




# Força de Coriolis

---

- A força de Coriolis desvia o vento e qualquer objeto para a **direita** de seu curso no **hemisfério norte** e para a **esquerda** no **hemisfério sul**.
- A força de Coriolis age em ângulos retos em relação ao vento, somente influenciando sua direção e **nunca sua intensidade**.

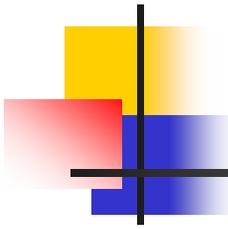


# Força de Coriolis

---

- A grandeza do desvio dependerá:
  - Rotação da terra
  - Latitude
  - Velocidade do objeto

$$F = 2mvwsen\phi$$



# Vento em altitude

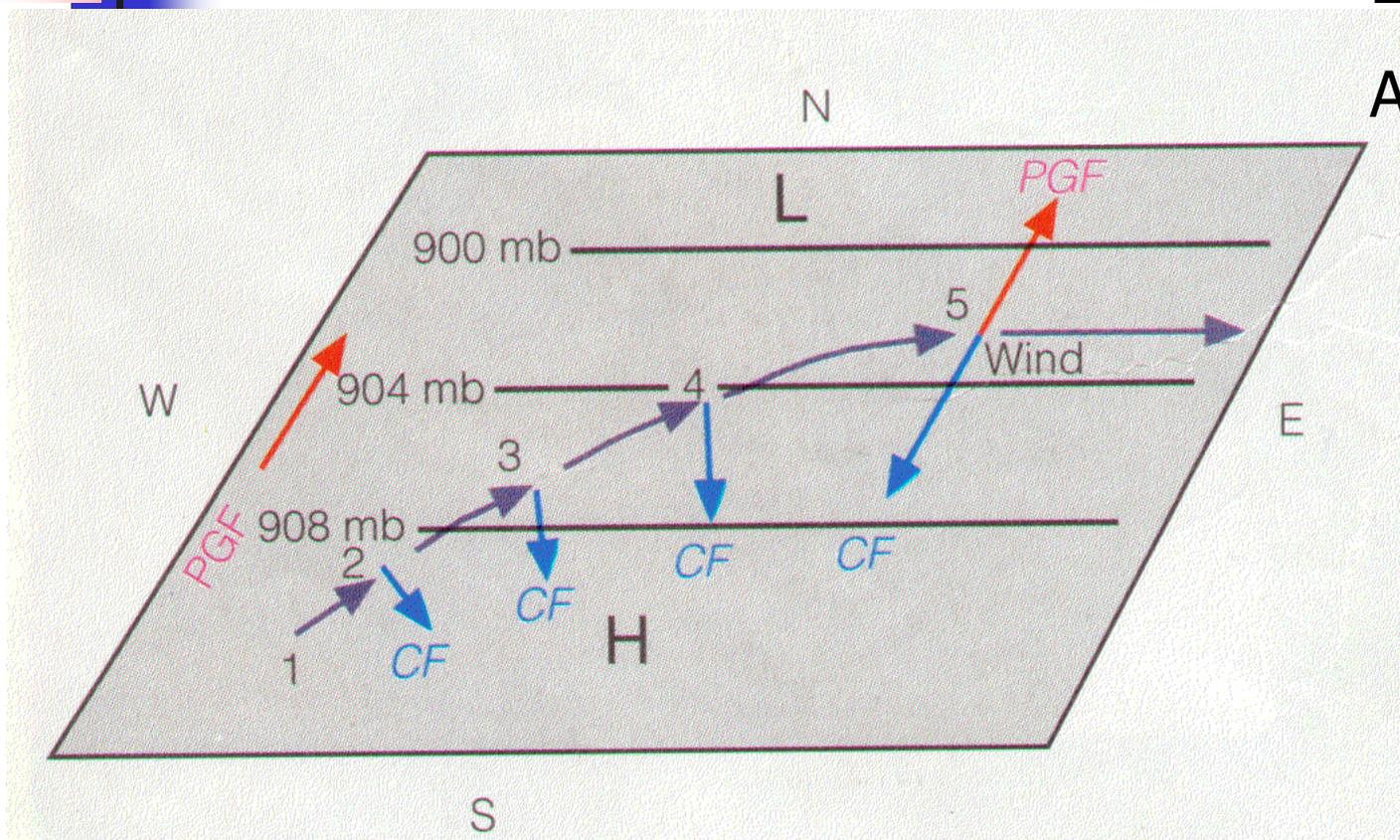
---

- A Força do Gradiente de Pressão dá origem e controla o vento
- A Força de Coriolis influencia somente a direção do vento.

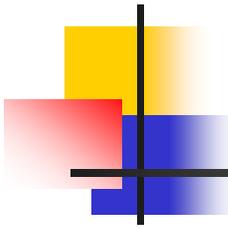
# Vento geostrófico

Em altitude

Acima de 1000m



Vento teórico cuja direção é paralela às isóbaras quando elas se apresentam retilíneas. Vento que se estabelece quando ocorre o balanço entre a FGP e a FC.



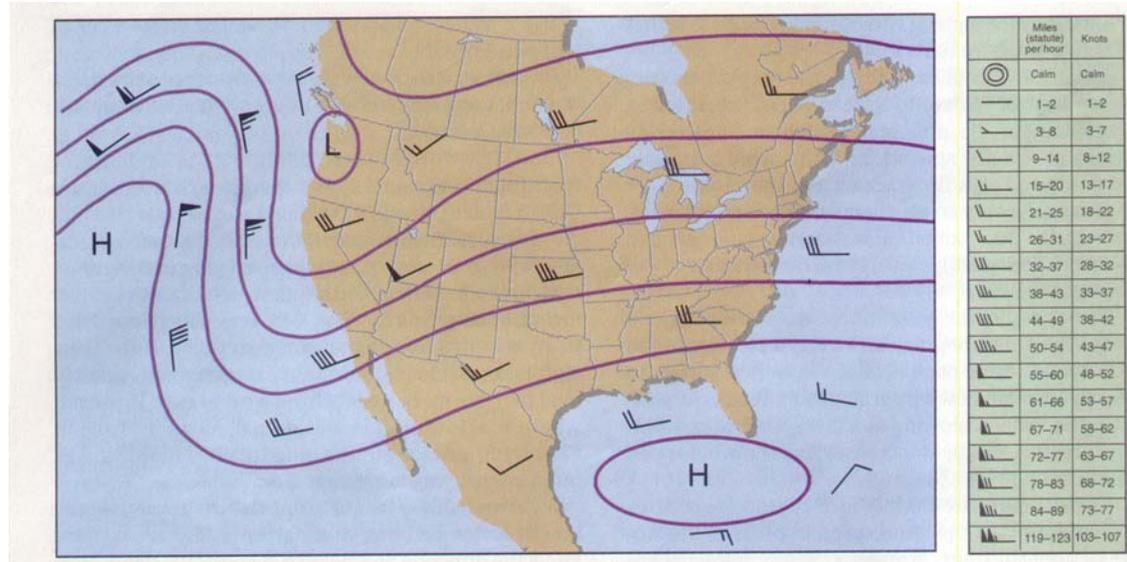
# Vento geostrófico

---

- No H.N. flui deixando as baixas pressões à sua esquerda.
- No H.S. flui deixando as baixas pressões à sua direita.

# Vento em altitude

- Vento flui paralelamente às isóbaras aumentando sua intensidade quando elas se aproximam, quando o gradiente de pressão aumenta.



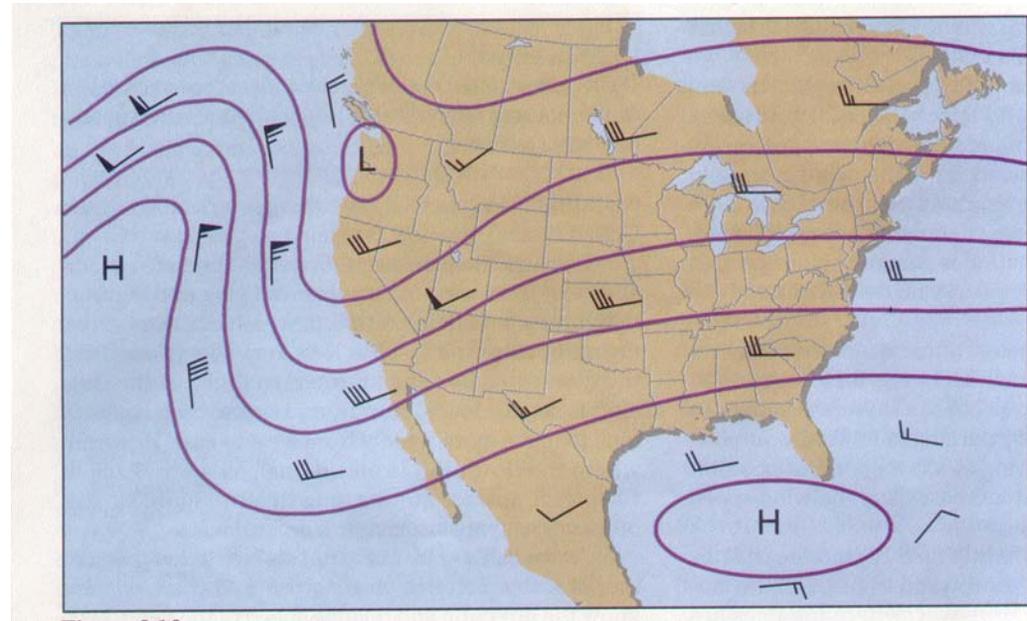
H.N.



H.S.

# Vento

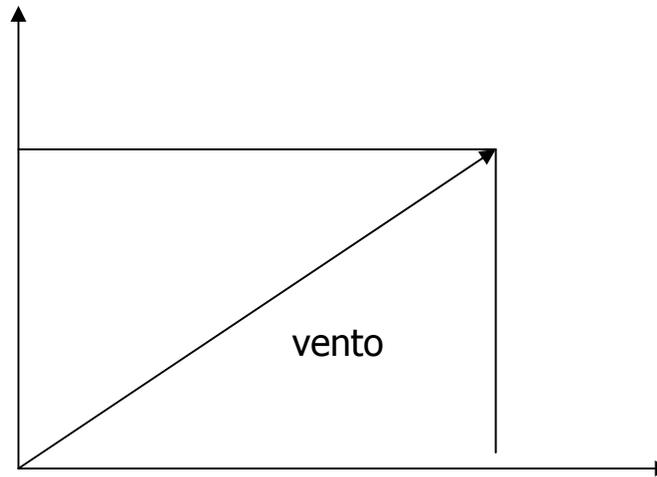
- Por que é mais fácil voar de oeste para leste nas latitudes médias?
- Acontece o mesmo nos dois hemisférios



# Componentes do vento

- Vento zonal – fluxo na direção oeste-leste
- Vento meridional – fluxo na direção norte-sul

Componente  
Meridional -  $v$

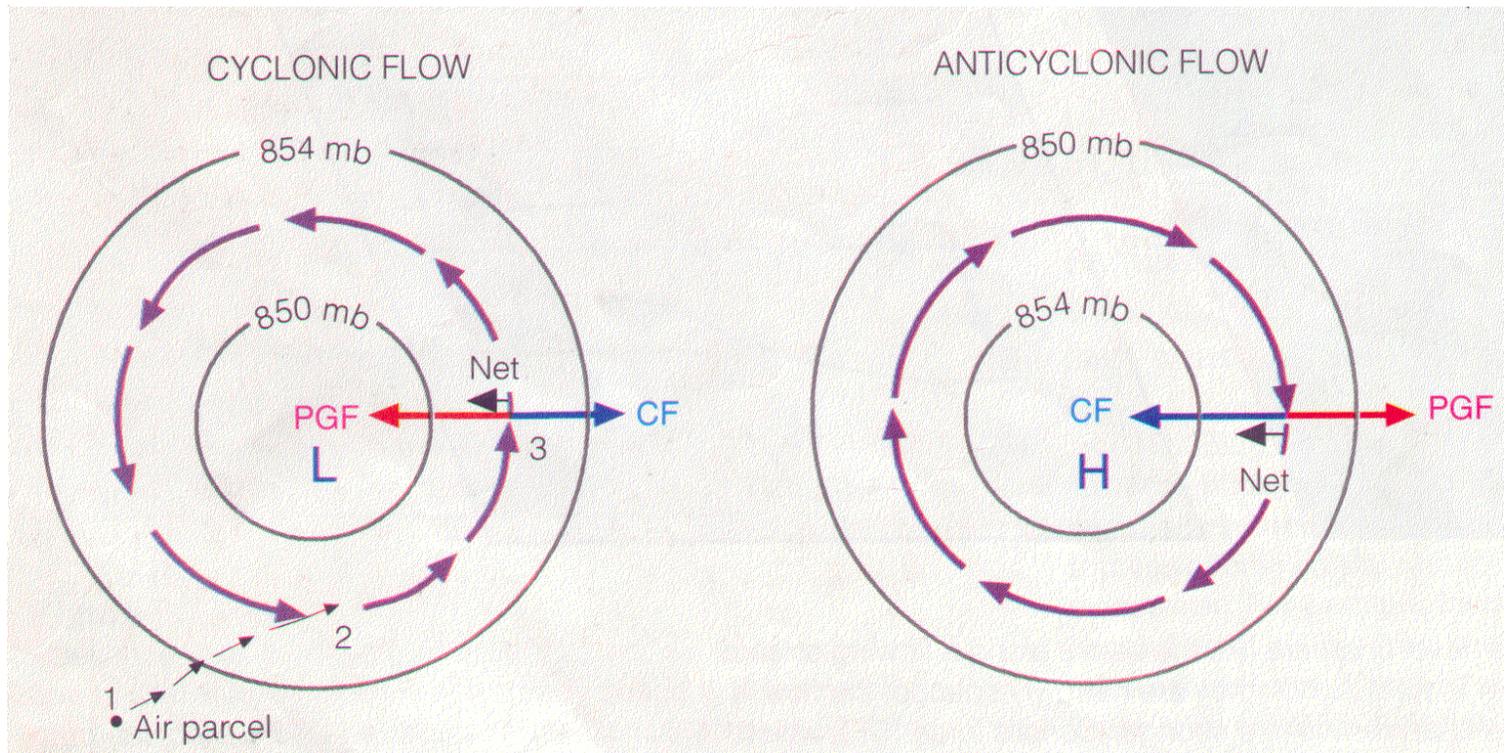


Componente zonal -  $u$

# Força centrípeta

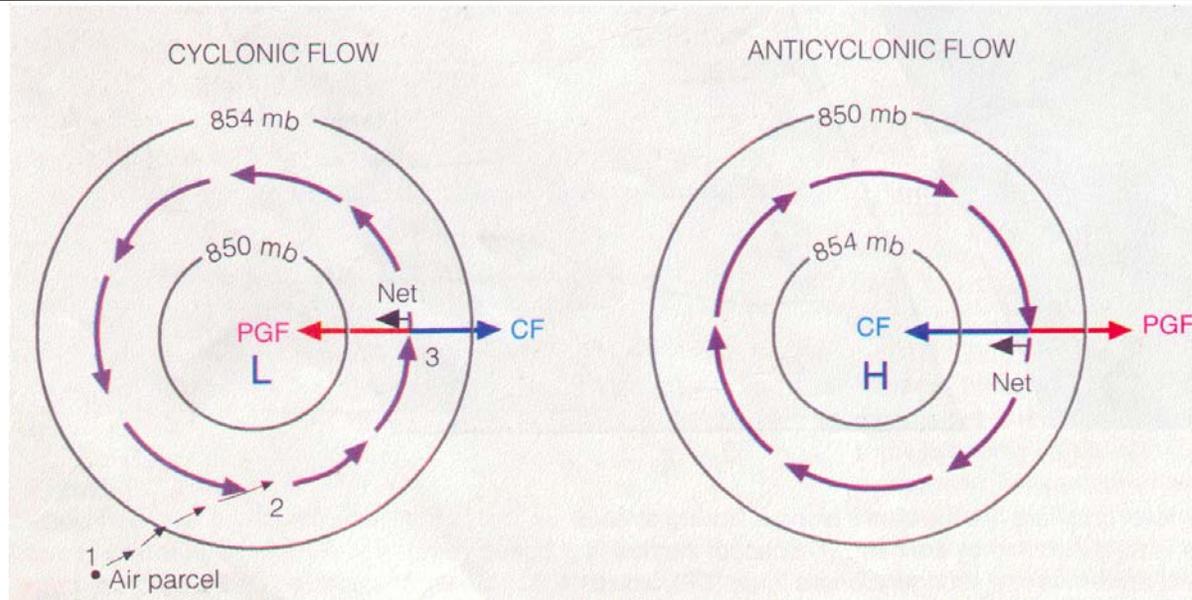
Hemisfério Norte

Em altitude

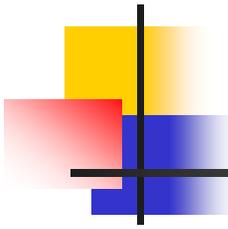


Nestes sistemas o vento está sempre mudando de sentido, possui uma aceleração, associada a esta aceleração temos a Força Centrípeta.

# Força centrípeta



Força centrípeta é a força necessária para manter o objeto (vento) movendo-se em uma trajetória circular. Tem direção para o centro em ambos os casos, nos sistemas de altas e baixas pressões.

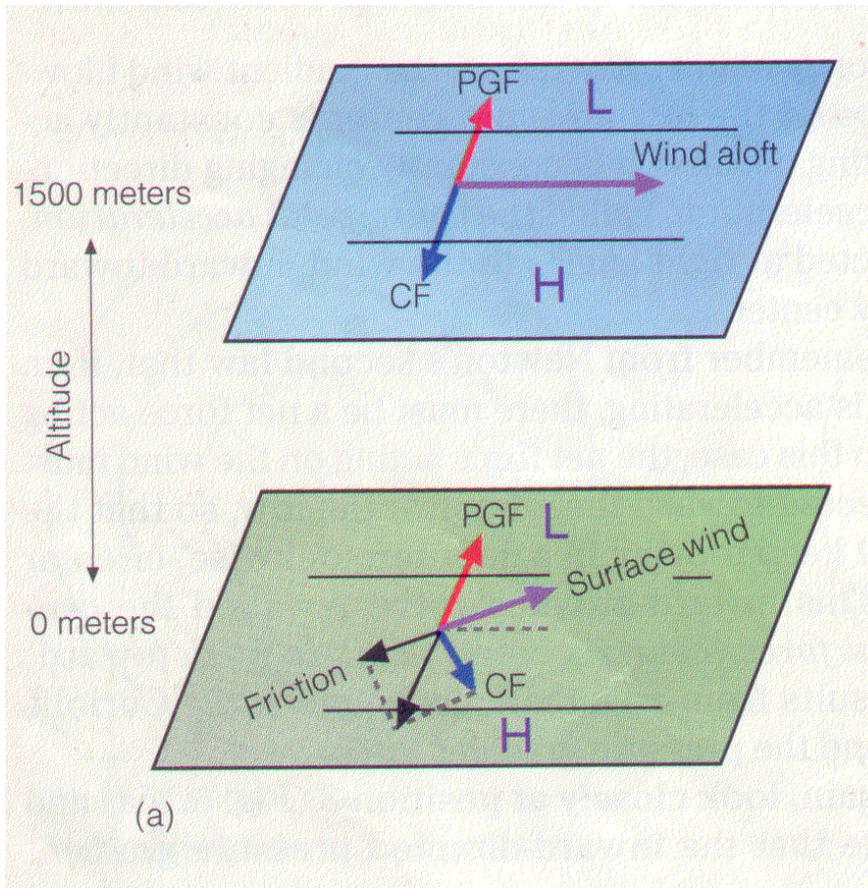


# Vento de gradiente

---

- Vento paralelo às isóbaras quando estas se apresentam de forma curvilínea
  - Ventos em torno de altas e baixas pressões
- Fluxos ciclônicos – movimento do ar em torno das **BAIXAS** sentido **horário** (H.S.) e anti-horário (H.N.)
- Fluxos anticiclônicos – movimento do ar em torno das **ALTAS** sentido **anti-horário** (H.S.) e horário (H.N.)

# Força de atrito

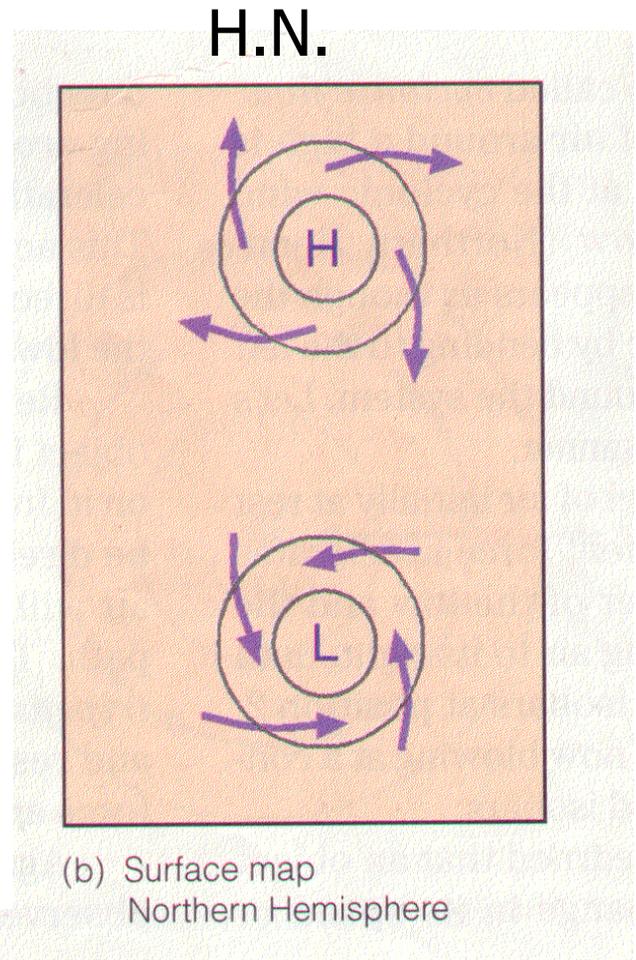


Hemisfério Norte

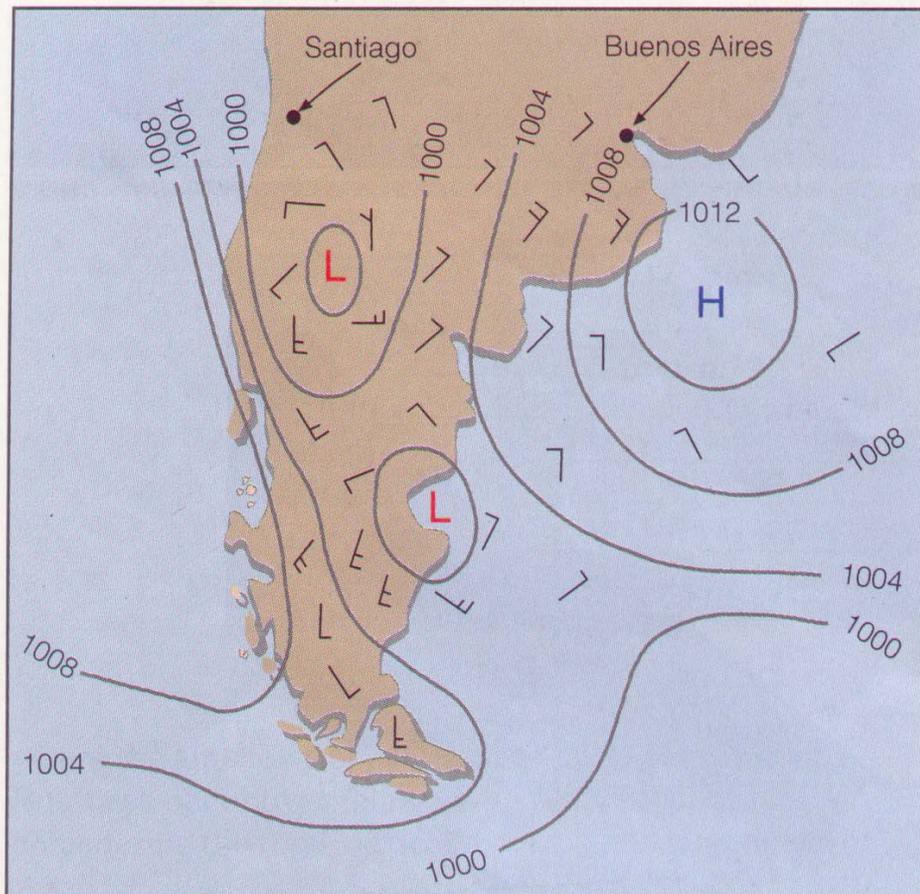
A força do gradiente de pressão é equilibrada pela força de Coriolis e pela força de atrito. Junto ao solo não temos o vento geostrófico.

# Ventos em superfície

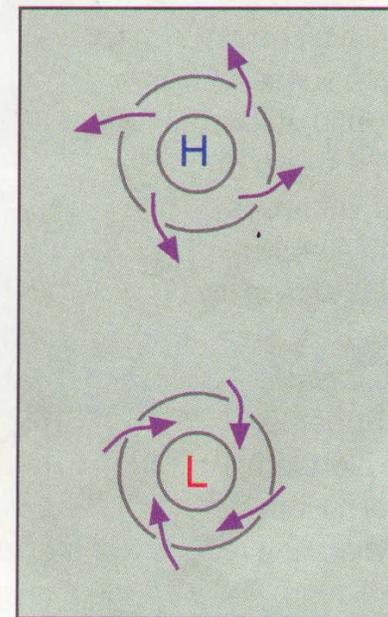
Movem-se cortando levemente as isóbaras na direção das altas para as baixas pressões, devido a força de atrito, convergindo nas baixas e divergindo nas altas.



# Hemisfério Sul



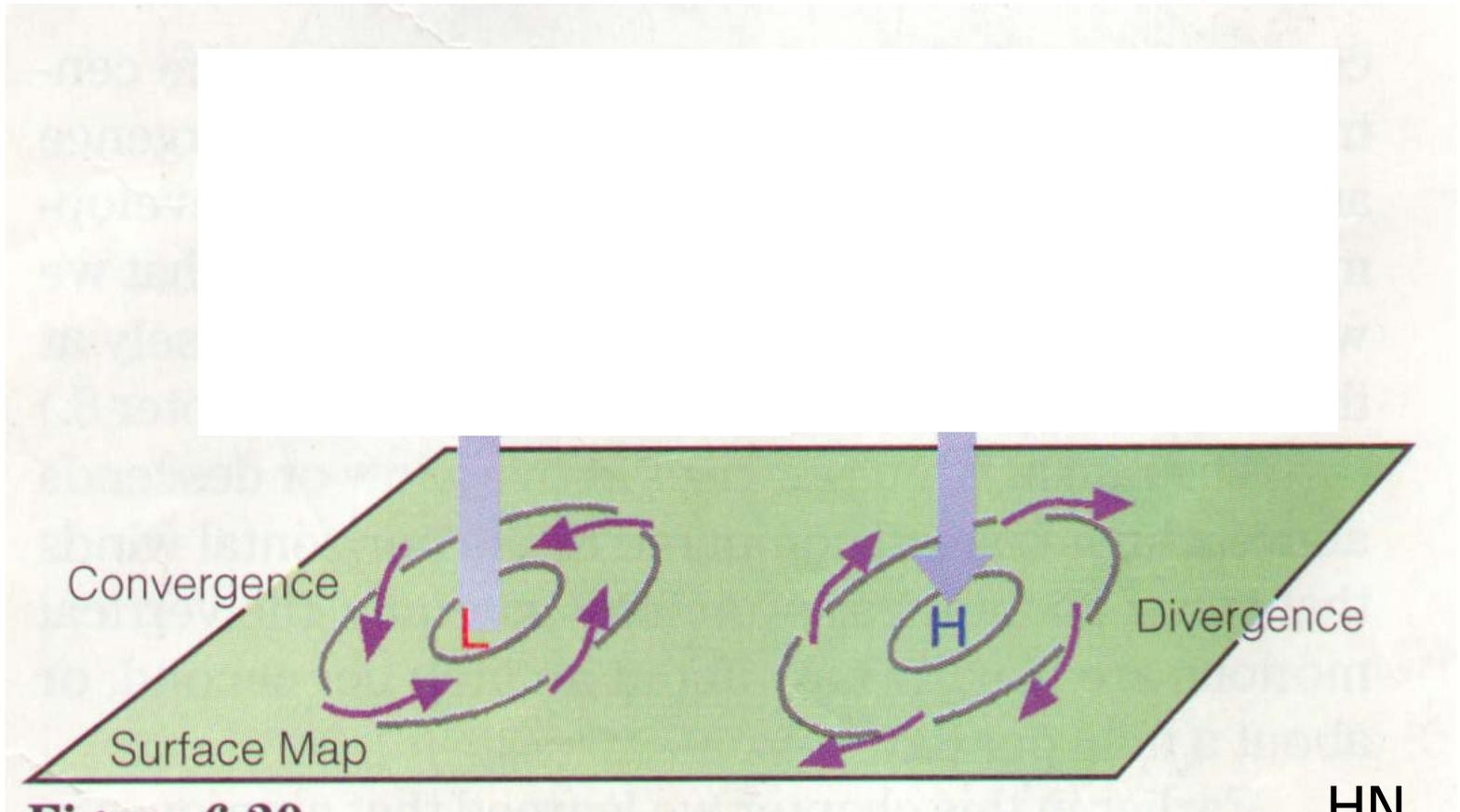
**H.S.**

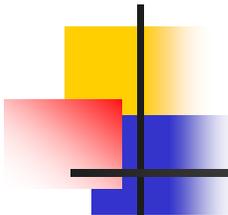


**AAA**

Southern Hemisphere

# Ventos e movimento vertical

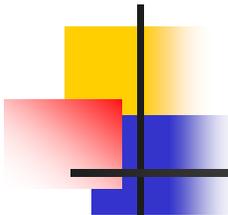




# Movimento vertical

---

- O movimento vertical é muito menor que os movimentos horizontais ( $\sim 1$  milha por dia).
- Se a pressão decresce rapidamente com a altitude, existe uma forte FGP apontando para cima.
- Por que o ar não escapa para o espaço?



# Movimento vertical

---

Balanco entre a Força do Gradiente de Pressão e a Força de Gravidade

## **Equilíbrio Hidrostático**

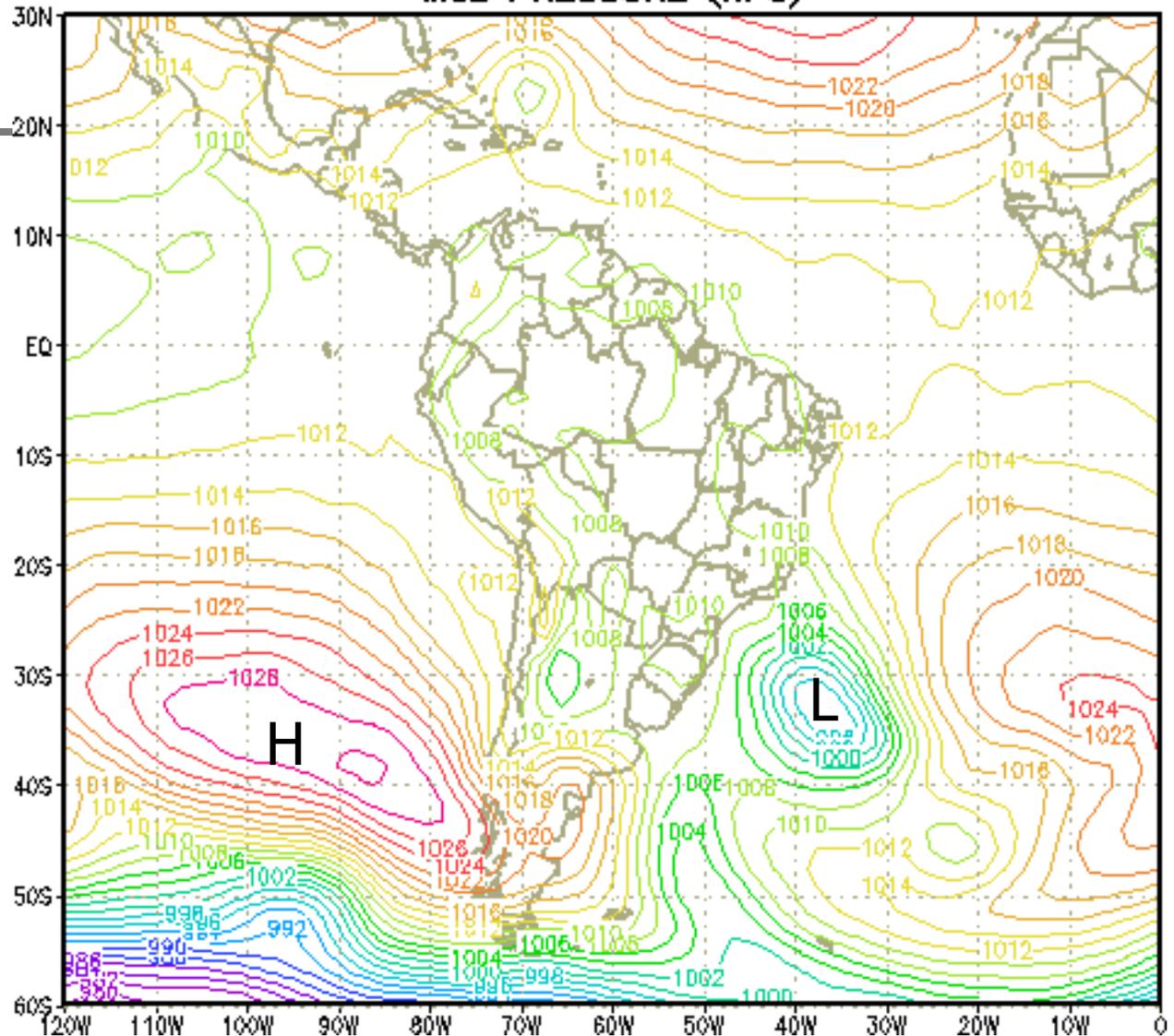
Ma maior parte das vezes a atmosfera se aproxima do balanço hidrostático, mesmo quando o ar se eleva ou descende vagarosamente com velocidades constantes.

Isso não acontece em tempestades severas e tornados.

CPTEC/INPE/MCT – GLOBAL MODEL – T062L28

ANALYSIS: 2001120200

MSL PRESSURE (hPa)



Ciclones

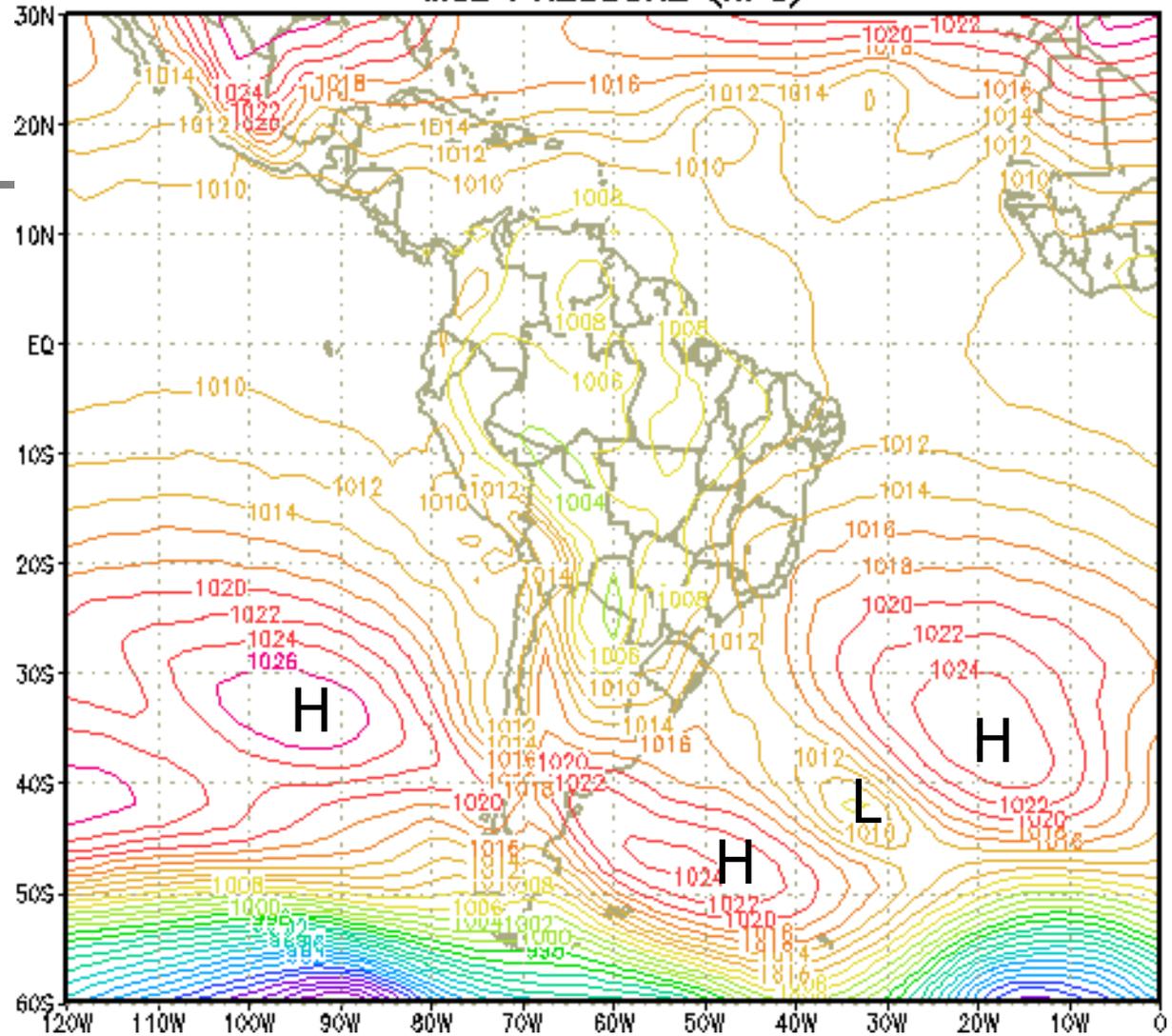
Centros de baixa

Ciclones  
extratropicais

Anticiclones

Centros de alta

CPTEC/INPE/MCT – GLOBAL MODEL – T062L28  
FORECAST FROM: 2001120400 VALID FOR: 2001120900  
MSL PRESSURE (hPa)

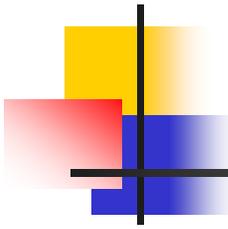


Ciclones

Centros de baixa

Anticiclones

Centros de alta

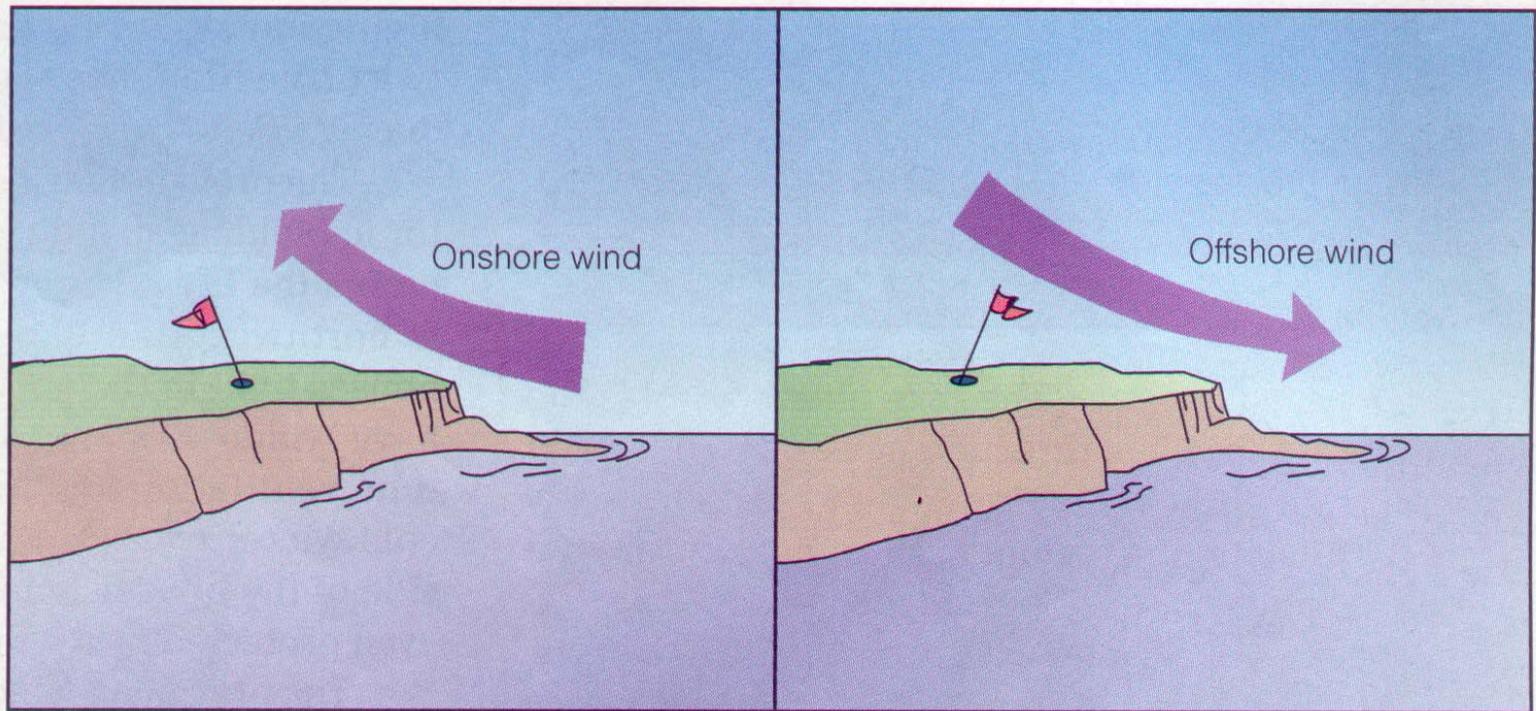


# Direção do vento

---

- O nome é dado de acordo com a origem: de onde vem o vento
- Vento de norte: vento que tem sentido de norte para sul

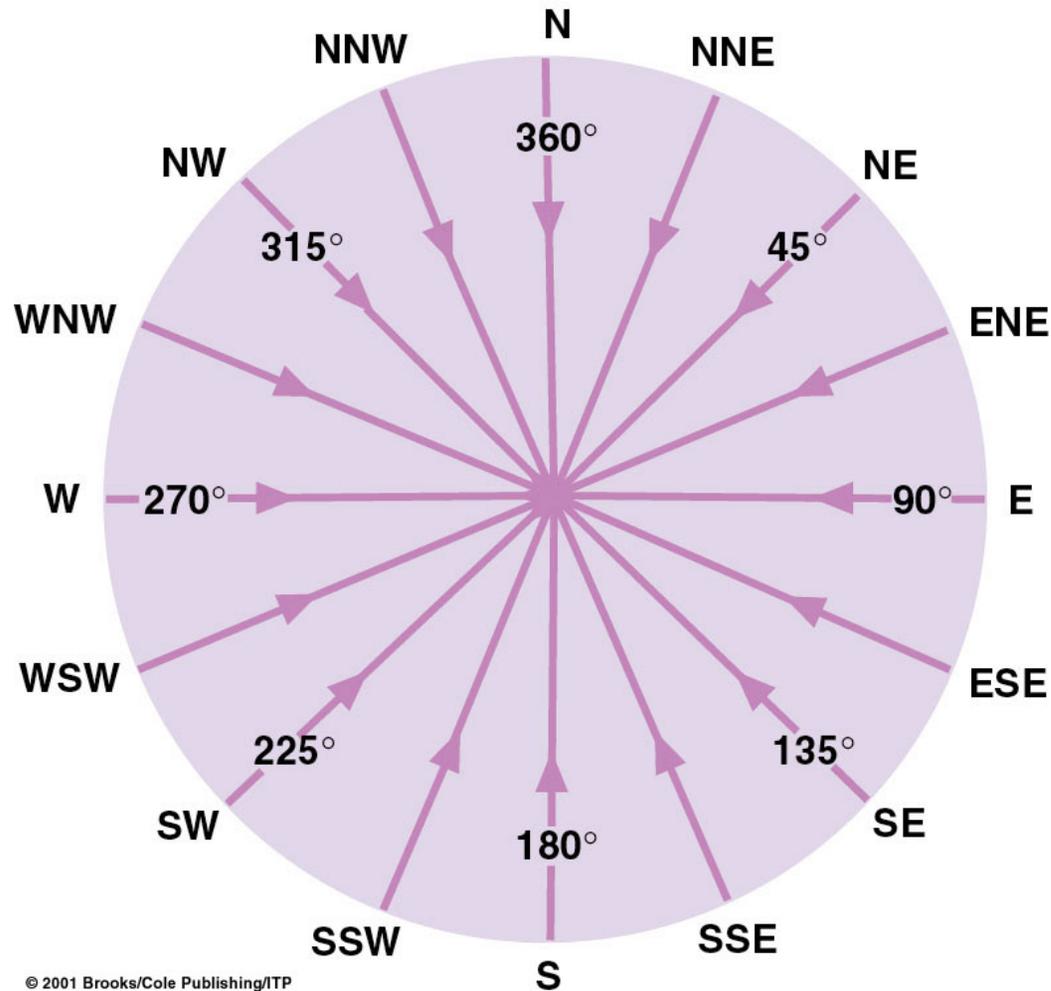
# Direção do vento



Brisa marítima

Brisa terrestre

# Direção do vento



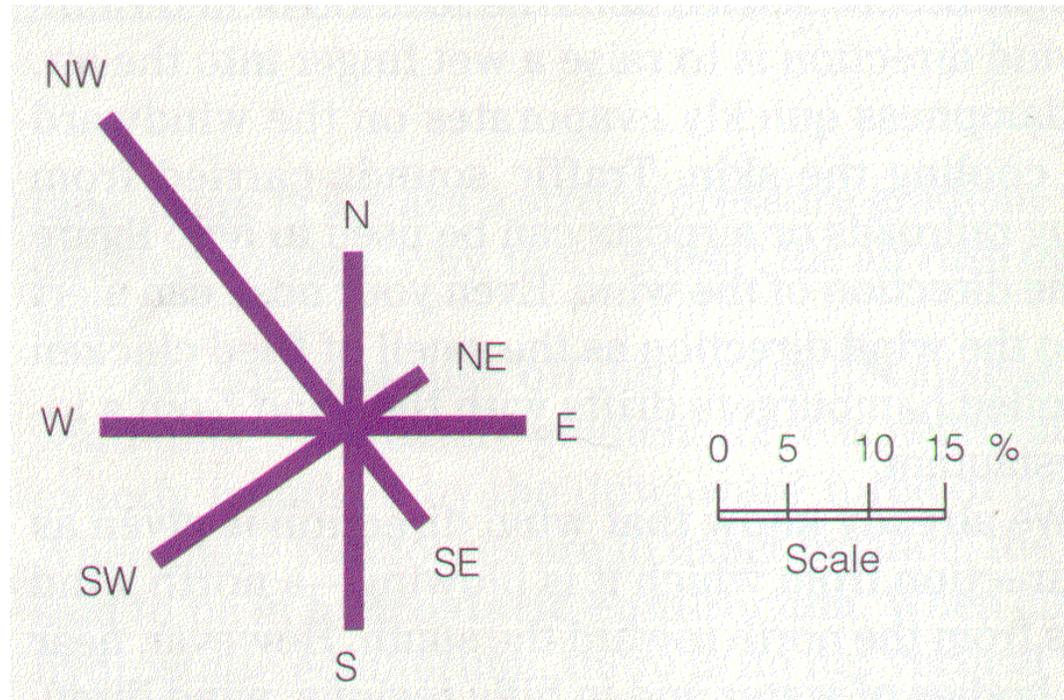
# Vento predominante

- Nome dado à direção mais freqüentemente observada em um dado período de tempo.



# Vento predominante

- Importante no planejamento de cidades, áreas industriais, casas e aeroportos.

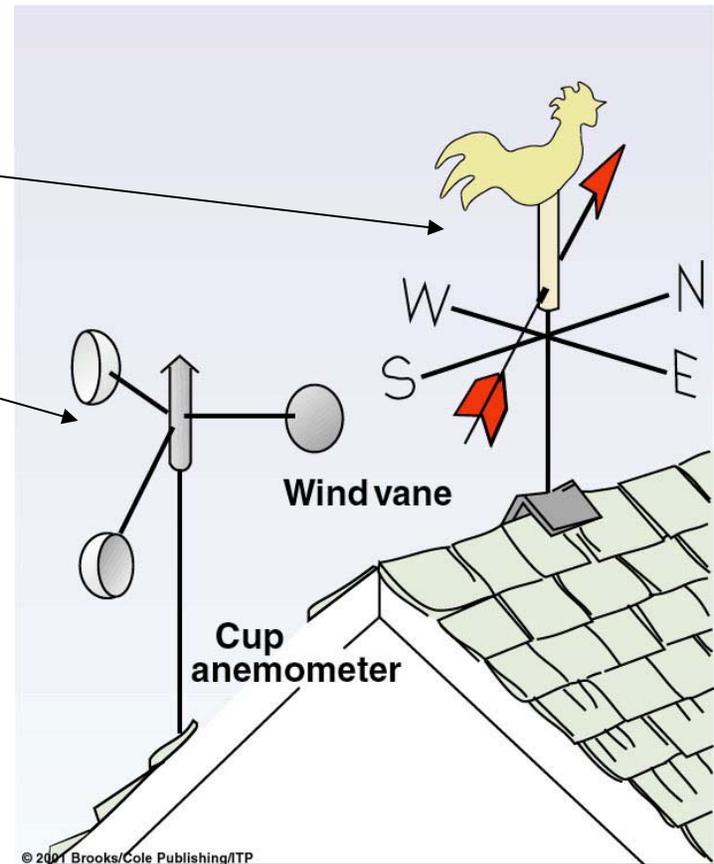


# Instrumentos

Cata-vento

Anemômetros de  
conchas

O que é biruta?

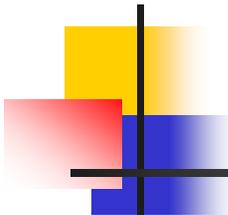


# Instrumentos

Anemógrafo



O vento varia muito com as condições locais.  
Em que nível é medido o vento à superfície?

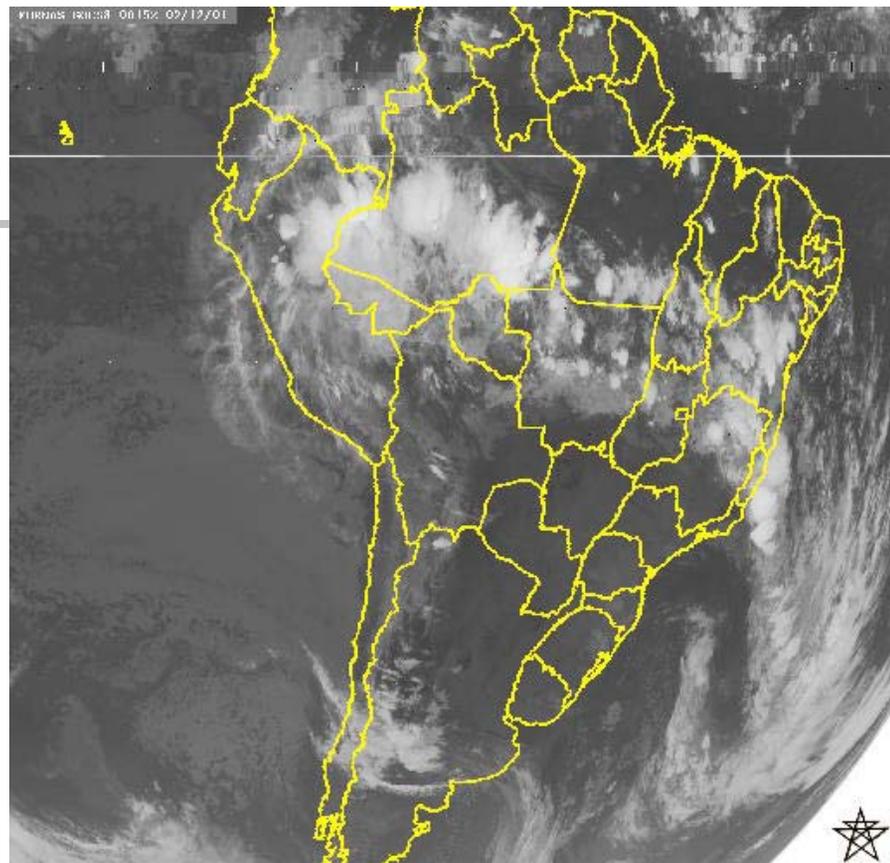
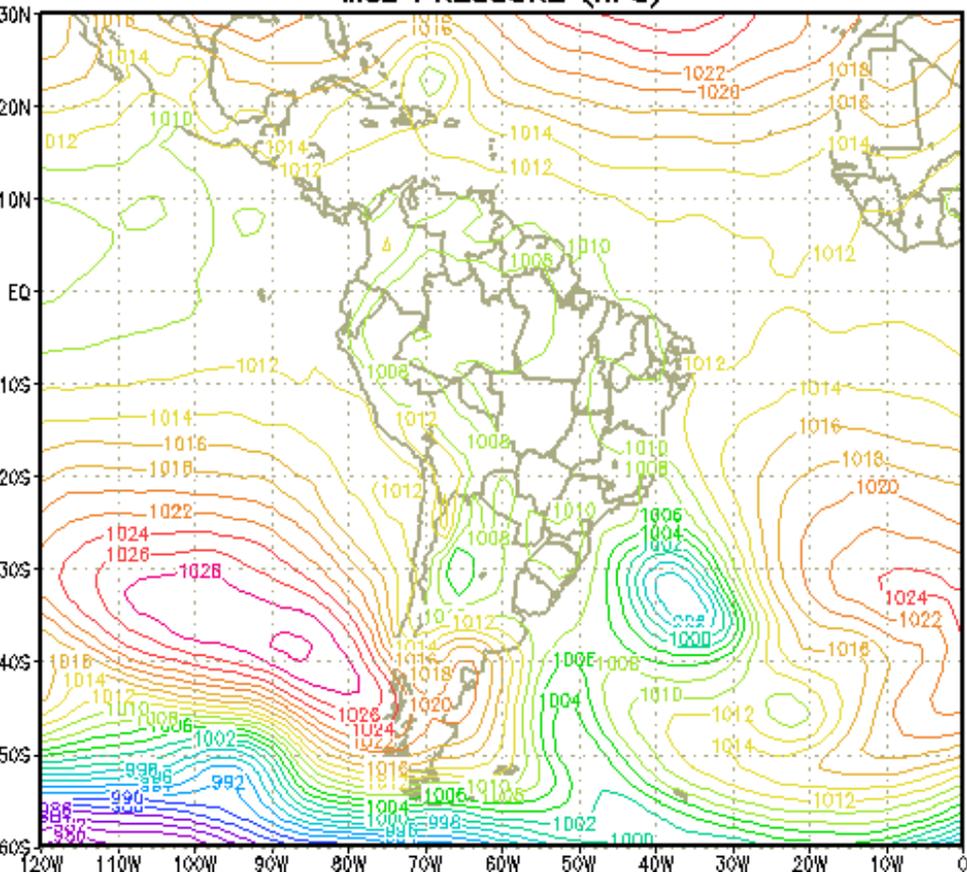


# Medindo o vento

---

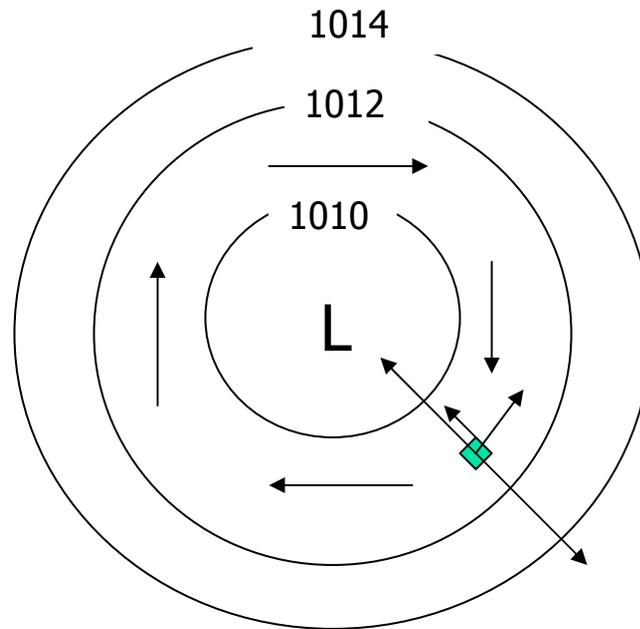
- Radiossondas
  - O balão é seguido desde a superfície
  - Cálculos simples determinam a velocidade do vento
- RADAR
  - Doppler em particular
  - Pode determinar a velocidade e a direção do vento pelas mudanças na frequência dos pulsos emitidos pelo Radar
- Satélites
  - Movimento das nuvens

CPTEC/INPE/MCT - GLOBAL MODEL - T062L28  
ANALYSIS: 2001120200  
MSL PRESSURE (hPa)



FURNAS/SAMSAT/DPO.0 GOES-8 IR 02/12/01 - 00:15Z

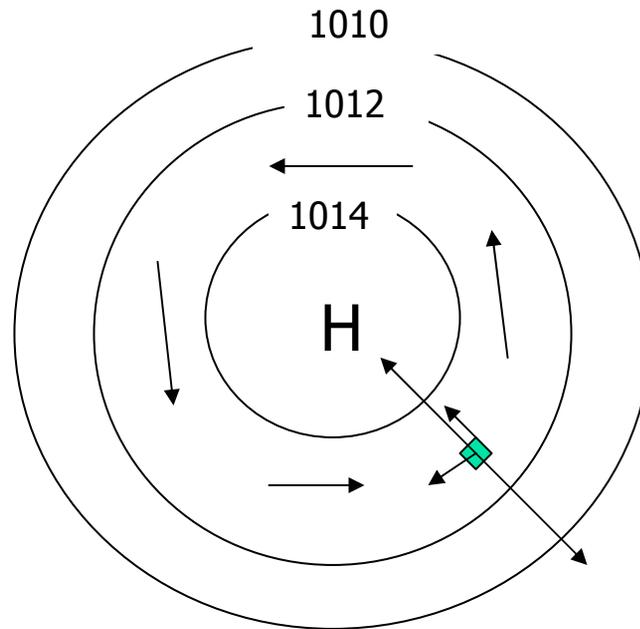
# Forças que atuam sobre vento



Direção do vento

- Força Gradiente Pressão
- Força Coriolis
- Força de Atrito
- Força Centrípeta

# Forças que atuam sobre vento



Direção do vento

Força Gradiente Pressão

Força Coriolis

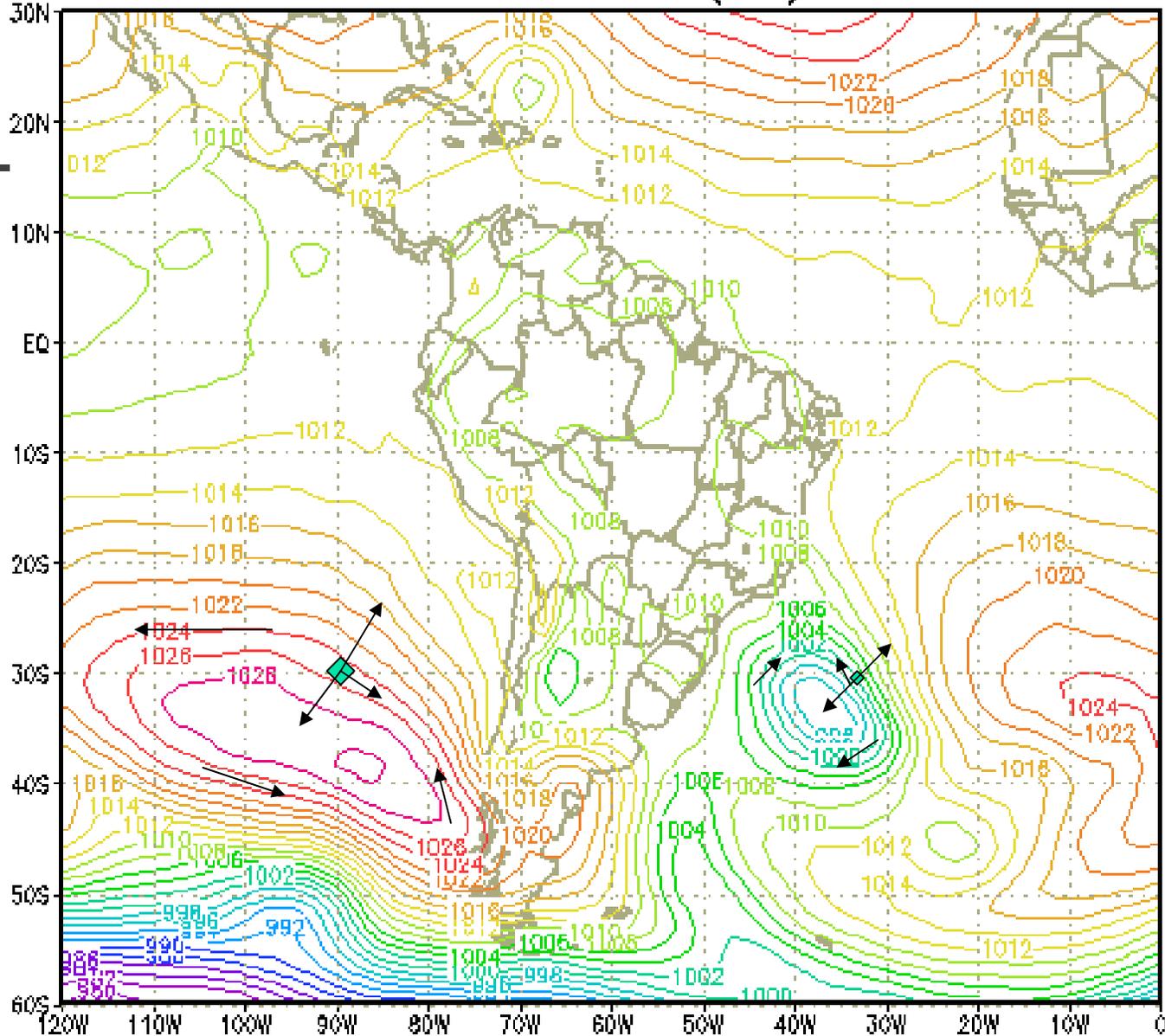
Força de Atrito

Força Centrípeta

CPTEC/INPE/MCT - GLOBAL MODEL - T062L28

ANALYSIS: 2001120200

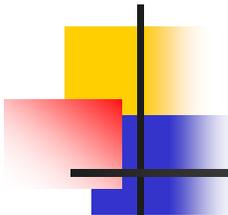
MSL PRESSURE (hPa)



FGP

FC

FA



# Pressão e ventos

---

- Qual foi a coisa mais importante ou interessante que aprendi hoje.
- O que foi que eu não entendi.

[justi@acd.ufrj.br](mailto:justi@acd.ufrj.br)