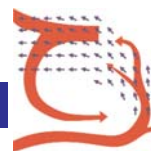


*UM PAPO  
SOBRE  
METEOROLOGIA  
PARA  
NAVEGANTES*  
*parte 1*

*Por  
Sergio Caetano*



## ÍNDICE

### 1. INTRODUÇÃO

### 2. OS MODELOS

### 3. A ATMOSFERA

A troposfera

A estratosfera

A relação entre a Terra e o Sol

Uso efetivo da radiação solar entrante

Transferência de energia - Água

Distribuição de energia - Altas e Baixas pressões

A Força de Coriolis

### 4. O MODELO TRICELULAR

A célula de Hadley

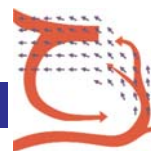
Horses latitudes

Célula de Ferrel

Westerlies

### 5. PRINCIPAIS FONTES

### 6. O PRÓXIMO CAPÍTULO



## INTRODUÇÃO

Faltava pouco para o Sol se por quando cheguei à praia do Puruba. Atravessar o rio de moto era arriscado e estava frio para cair na água. Fiquei feliz quando percebi que 100 metros rio acima havia uma canoa, e um canoeiro pronto para me levar à outra margem.

O Vadinho é funcionário da Prefeitura de Ubatuba (SP). Nosso diálogo foi curto e intenso.

*Eu - E o tempo, o que você acha?*

*Vadinho: - O tempo está arruinando*

*Eu - Como você sabe?*

*Vadinho: - Vi na TV que tem uma frente fria chegando.*

*Eu sabia que não era esse o tipo de informação que o faria usar uma expressão forte assim e perguntei, frisando o você.*

*- E você, o que você acha?*

*Ele olhou para o céu e disse calmamente:*

*- Esse bafo quente de noroeste, creio que vai mesmo arruinar.*

Antes de sair de casa, eu havia passado vinte minutos na internet checando as previsões - sinto necessidade de me posicionar em relação aos fenômenos meteorológicos - a previsão numérica do Cptec-inpe, indicava ventos de noroeste, temperatura em elevação e a aproximação de uma frente fria, exatamente como havia dito o Vadinho.

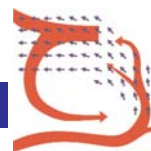
Creio que o Vadinho age da mesma maneira, não sai de casa sem se posicionar em relação ao tempo. Vivendo sempre na mesma praia, não precisa de internet, é uma questão de observação, um conhecimento pessoal que exercita diariamente, o dia todo.

O homem urbano se acostumou a olhar a previsão como se fosse um dado na tela do computador e fica difícil para muitos entender e aceitar o conhecimento do Vadinho, para quem analisar o tempo é uma experiência pessoal, um conhecimento trazido à flor da pele e exercitado cotidianamente. O Vadinho sabe que poucos o compreendem e por isso diz que viu a previsão na TV.

*- Quem vai acreditar que é esse bafo de noroeste e rabos de galos no céu que prenunciam a ruína do tempo?*

O homem do mar não analisa, não faz, não estuda a previsão, ele "vive" o fenômeno meteorológico em seu cotidiano. Se a nossa intenção é sair para o mar conhecedor das condições meteorológicas temos que colocar as informações do tempo em nosso dia a dia, nos posicionando em relação aos processos meteorológicos visceralmente.

O paulistano recebe pela manhã a informação de que a Av. Faria Lima está parada no sentido bairro-centro. Ele se posiciona em relação a esta informação e, como que por mágica, sabe que a Alameda Gabriel Monteiro da Silva estará congestionada, que a Avenida Brasil não é opção e, imediatamente, resolve



telefonar para o cliente. A previsão do tempo deve trazer o mesmo sentimento de posicionamento, devemos deixar que a informação meteorológica dite o rumo dos acontecimentos.

A sabedoria do Vadinho não pode ser adquirida em um ou dois anos. Foram necessários cinquenta anos vivenciando os fenômenos a partir de um mesmo ponto de observação, associando diferentes padrões a diferentes situações, desenvolvendo uma sensibilidade para ver sinais e referências que o permite prever dias antes o que vai rolar no clima.

A grande vantagem que a tecnologia de informação nos traz é que o conhecimento que o Vadinho levou anos para adquirir auto didaticamente está sistematizado, ilustrado e disponível em vários *sítes* da internet. E se o Vadinho sabe tudo sobre os fenômenos climáticos da Praia do Puruba, as previsões nos permitem saber como a atmosfera esta e estará se comportando nos próximos dias, em qualquer parte do planeta.

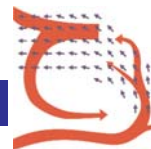
A idéia desses artigos é:

1. Oferecer ao leitor uma compreensão dos modelos explicativos dos processos meteorológicos.
2. Desenvolver no leitor a capacidade de analisar as previsões disponibilizadas na internet, com senso crítico, juntando à leitura a observação dos fenômenos meteorológicos atuais.

## **OS MODELOS**

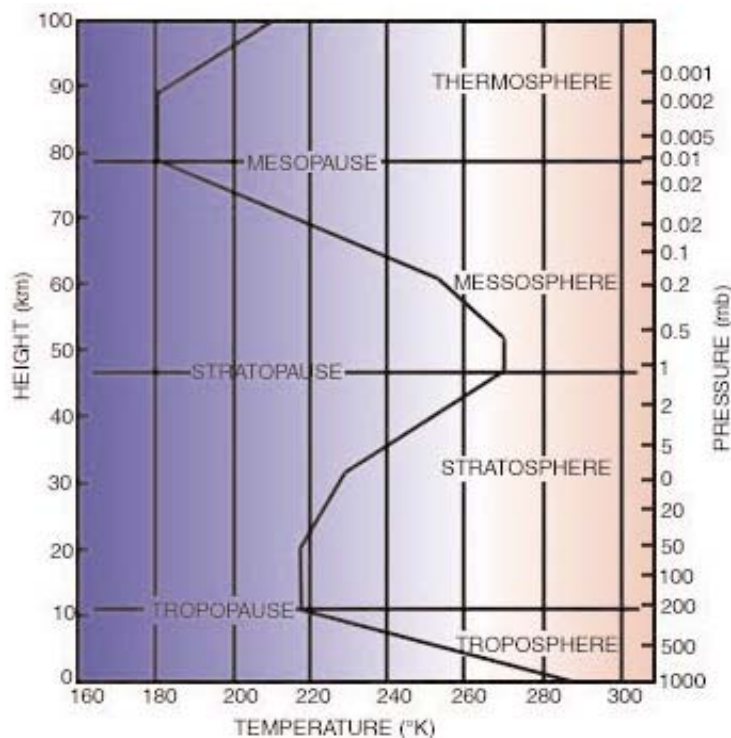
É necessário frisar que os modelos utilizados foram elaborados no hemisfério norte, dificultando a compreensão para quem vive no hemisfério sul. Os quatro anos que passei na costa oeste da Irlanda foram de fundamental importância para que eu pudesse entender, ou melhor, visualizar esses modelos. Na Irlanda as seqüências de nuvens que encontramos nos livros de meteorologia são perceptíveis até para o leigo. Penso que, se pedíssemos ao Vadinho para construir a seqüência de nuvens que professa a entrada de uma frente fria, teríamos algo muito mais semelhante à expressão deste fenômeno em nosso hemisfério do que as encontradas nos livros escritos na Europa ou EUA.

A segunda observação que devemos fazer é que os ventos no hemisfério norte giram em um sentido e no hemisfério sul no sentido oposto, assim, todas as rotações devem ser trocadas quando mudamos de hemisfério.



## A ATMOSFERA

A atmosfera terrestre é dividida em quatro camadas ou esferas isotérmicas:



**Troposfera, Estratosfera, Mesosfera e Termosfera.**

Cada camada é caracterizada por uma mudança uniforme de temperatura em função da altitude. Em certas camadas existe uma diminuição da temperatura com um aumento da altitude, enquanto em outras a temperatura aumenta com altura crescente. O topo de cada camada é denotado por uma "pausa" onde a temperatura muda de maneira abrupta, como mostrado na figura 1.

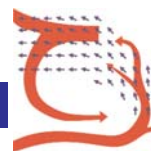
Fig. 1: Perfil de temperatura vertical da Atmosfera.

### A Troposfera

A troposfera contém aproximadamente 80% da massa da atmosfera, é a parte de atmosfera em que vivemos e aonde fazemos as observações de tempo. Nesta camada a temperatura diminui com a altitude, isto é conhecido como esfriamento adiabático, ou seja, diminuição de temperatura causada por diminuição em pressão.

O perfil térmico da troposfera é amplamente resultado do aquecimento da superfície terrestre por radiação solar entrante. Os raios solares esquentam a superfície do planeta que esquentam a base da troposfera; a ascensão do calor através da troposfera é feita então por uma combinação de convectividade e turbulência. A troposfera é mais propensa à mistura vertical causada por transferência convectivas e turbulentas do que outras camadas da atmosfera. Estes movimentos verticais e a abundância de vapor da água fazem da troposfera o lar de todos os fenômenos meteorológicos importantes.

A Troposfera possui uma espessura de aproximadamente 16 km ao redor do Equador, com a temperatura na tropopausa ao redor  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nas regiões polares a troposfera possui uma altura média de  $8\text{ km}$ , com a temperatura na tropopausa ao redor  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  no verão e  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  no inverno. Assim, apesar das temperaturas de superfície mais alta, a tropopausa nos trópicos é muito mais gelada do que em regiões polares.



## A Estratosfera

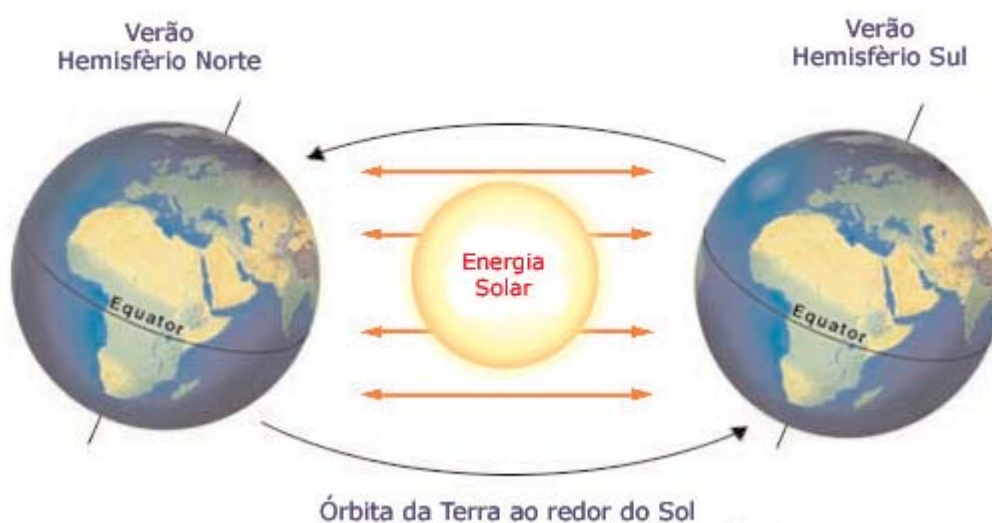
Em contraste com a troposfera, a temperatura na estratosfera é o resultado da absorção direta da radiação solar e aumentam com altitude crescente. Outra característica distintiva da estratosfera é a absorção de radiação ultravioleta pelo ozônio (O<sub>3</sub>). Isto é maior ao redor de 50 km, próximo a estratopausa, que é também aonde as temperaturas alcançam valor máximo, dependendo da latitude e estação, elas variam de -30 °C ao longo do pólo de inverno para +20 °C no pólo de verão.

## A relação entre a Terra e o Sol

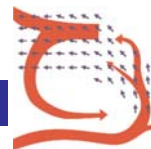
A principal razão para o aquecimento diferencial da superfície da Terra é a mudança na altura do Sol devido à latitude e a estação do ano. A Terra translada em torno do Sol aproximadamente a cada 365 dias. A Terra também gira em torno de seu eixo uma vez a cada 24 horas, gerando os dias e as noites. A órbita da Terra em torno do Sol nos fornece as variações sazonais (estações).

As estações resultam da variação na quantidade de radiação solar que alcança as diferentes partes do planeta, assim há épocas em que os dias são maiores no hemisfério sul com maior incidência de raios solares (22 de setembro a 20 de março) e outras em que as noites são mais longas (22 de março a 20 de setembro) com menor incidência de raios solares. Os dias 21 de setembro e 21 de março são os Equinócios, quando o Sol está acima do Equador e os dias e as noites são iguais. 21 de dezembro é o Solstício de verão no hemisfério Sul, o Sol está sobre o trópico de Capricórnio (23.5° S) e o dia é o mais longo do ano neste hemisfério, o mesmo ocorre no hemisfério norte no dia 21 de junho.

Fig.2: Movimento da Terra ao redor do Sol. Solstícios.



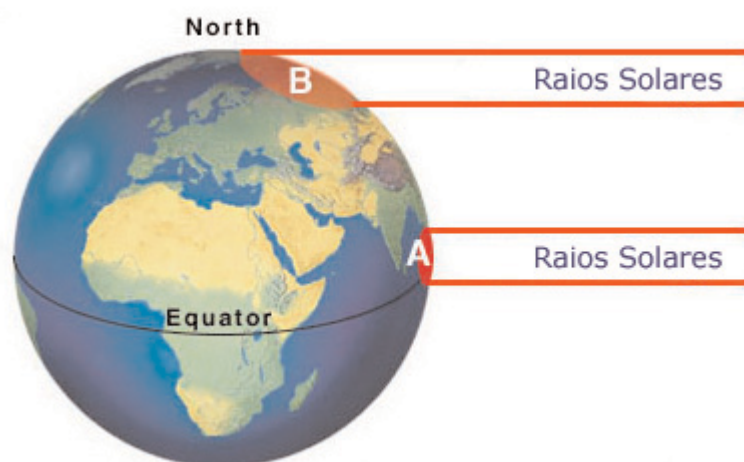
Isso ocorre porque o eixo rotacional da Terra é inclinado de um ângulo de 23.5° em relação à vertical do plano de translação da Terra em torno do Sol (eclíptica). Por causa desta inclinação o movimento aparente do Sol sobre



nossas cabeças parece mover do Trópico de Câncer ( $23.5^{\circ}$  N) no solstício de verão do hemisfério norte para o Trópico de Capricórnio ( $23.5^{\circ}$  S) no solstício de verão no hemisfério sul.

Se a órbita da Terra não fosse inclinada em relação ao seu eixo, não existiria mudança relativa da altura do Sol sobre nossas cabeças durante o ano, ou seja, não existiriam as estações e, exceto nos pólos, teríamos dias de 12 horas em todos os lugares ao longo do ano inteiro, como nos Equinócios. E, de fato, sabemos que as regiões equatoriais não possuem variação sazonal (estações), pois a altura do Sol não muda significativamente ao longo do ano.

Em latitudes altas os raios solares alcançam a superfície da Terra obliquamente de forma que a energia é espalhada por sobre uma área de superfície maior (B). Além disso, os raios de Sol percorrem um caminho mais longo através da atmosfera, e uma maior quantidade de radiação é perdida por difusão e absorção na atmosfera.



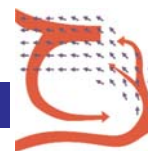
Próximo ao equador (A), onde o sol é próximo da vertical os raios do sol alcançam a superfície do planeta em ângulos retos em relação à atmosfera e a superfície da Terra, com intensidade bem maior, como mostrado na Figura 3.

Fig.3: A energia do Sol está mais concentrada por unidade de área em A do que em B. Equinócio.

### Uso efetivo da radiação solar entrante

Outro fator importante na compreensão do tempo e clima é a quantidade de energia solar absorvida pela superfície da Terra. A porcentagem de energia solar refletida pela superfície da Terra é conhecida como albedo. Quanto mais baixo o albedo de uma superfície particular menor a reflexão de energia e maior a radiação solar absorvida. As placas de gelo polar refletem a radiação de ondas curtas muito eficazmente deixando pouco calor disponível para elevação de temperatura. Desertos, por outro lado, refletem apenas aproximadamente 25% da radiação Solar e a conseqüente a alta taxa de absorção significa que eles podem se tornar muito quentes.

A quantidade de albedo também pode depender do ângulo dos raios de Sol. Por exemplo, quando o Sol está alto no céu, o mar absorve grande parte da radiação, quando o Sol está baixo no céu o mar funciona quase como um



| <b>Tipo de superfície</b> | <b>Albedo Típico (%)</b> |
|---------------------------|--------------------------|
| Água (elevação solar 90°) | 3                        |
| Água (elevação solar 30°) | 7                        |
| Água (elevação solar 10°) | 24                       |
| Gelo do mar               | 30-40                    |
| Neve fresca               | 75-95                    |
| Terra escura              | 5-15                     |
| Florestas                 | 5-10                     |
| Areia seca                | 20-30                    |
| Prado                     | 15-20                    |
| Nuvem magra               | 35-50                    |
| Nuvem espessa             | 70-90                    |

espelho, refletindo grande parte da radiação entrante.

A radiação solar que chega na atmosfera acima dos pólos durante o verão (praticamente 24 hs de luminosidade) é maior do que a que chega no equador. Porém, o baixo ângulo de incidência dos raios solares faz com que esta energia entrante seja distribuída por uma vasta área, muito maior do que no equador, reduzindo seu efeito de aquecimento; o albedo alto significa que uma grande parte da energia que alcança a superfície da terra é refletida de volta ao espaço. O albedo total planetário é estimado ao redor de 40%, ou seja, quatro décimos da radiação entrante é refletida de volta ao espaço.

### **Transferência de energia - Água**

Sem a água na atmosfera não existiria variação climática, nenhuma chuva, nenhuma neve, ou mesmo nuvens. Água, na forma de vapor da água na atmosfera, ou correntes oceânicas é responsável pela transferência de energia solar do Equador para os Pólos.

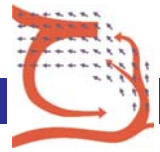
A água é a única substância que ocorre naturalmente na atmosfera como sólido (gelo), líquido (água, chuva) e gás (vapor). A energia absorvida e gerada durante essas mudanças de estado é o principal método de transferência de energia na atmosfera.

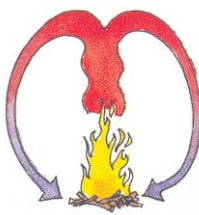
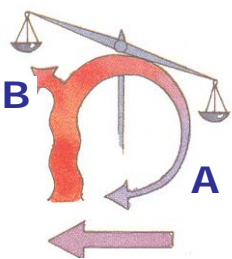
### **Distribuição de energia - Altas e baixas pressões**

MOVIMENTO e DISTRIBUIÇÃO da energia solar na Terra são as forças responsáveis pelo tempo.

### **O MODELO TRICELULAR**

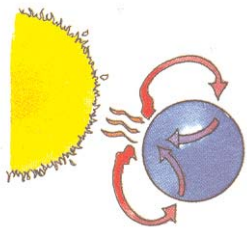


Temperaturas altas sobre o equador e temperaturas baixas sobre os pólos



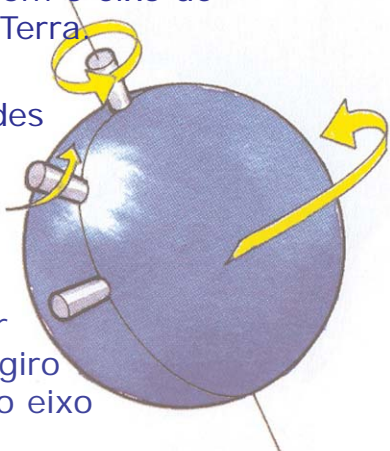

|  |   |
|--|---|
|  <p>Na medida que o Sol aquece a Terra o ar quente tende a subir e é substituído por ar frio, como numa fogueira.</p> |  <p>Ar frio é mais pesado e pode carregar menos umidade do que ar quente. Geram-se zonas de pressão <b>Alta</b> e de pressão <b>Baixa</b></p> |
|--|---|

O ar tentará sempre se mover de uma região de **ALTA** pressão para uma zona de **BAIXA** pressão

criam uma série de celas circulatórias que formam parte da teoria conhecida

|   |   |  |
|---|---|--|
|  <p>Em termos simples ar quente no equador sobe e é substituído por ar frio proveniente de outra região.</p> |  <p>Na realidade é um pouco mais complexo devido a desigual distribuição de energia ao redor do planeta.</p> |  <p>Oceanos se comportam como gigantes reservatórios de calor. As correntes oceânicas transportam água fria e quente para diferentes partes do planeta.</p> |
|---|---|--|

**A força de Coriolis** é causada pela diferença de velocidade de rotação da terra no Polos e no Equador.

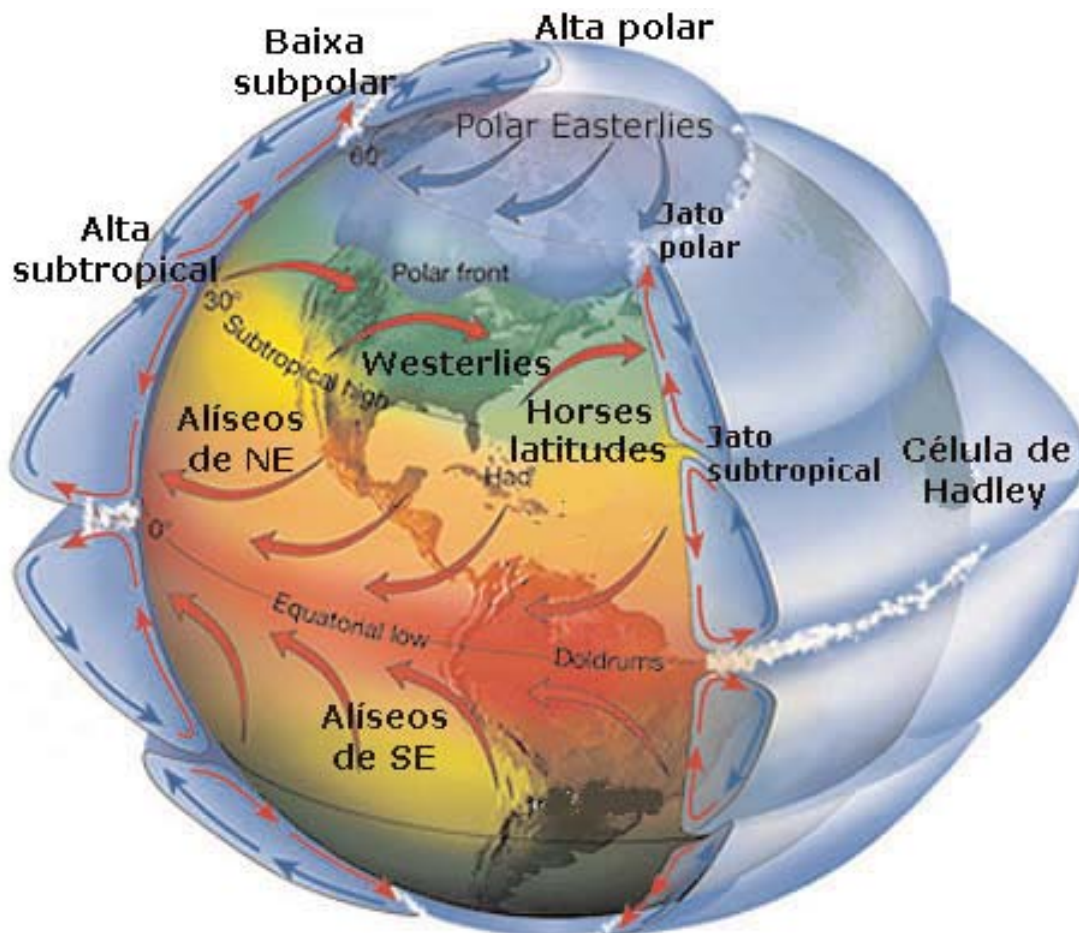
|  |  |
|--|--|
| <p>Uma pessoa no Pólo Norte gira junto com o eixo de rotação da Terra</p>  <p>Em latitudes médias o giro é menor</p> <p>No Equador não existe giro junto com o eixo</p> | <p>Quando o ar se move do Equador para os Polos é desviado para LESTE</p>  <p>Quando o ar se move dos Polos para o Equador é desviado para OESTE</p> |
|--|--|

A combinação desses efeitos leva a um complexo padrão climático



como modelo tricelular. As células de Hadley, Ferrel e Polar (veja Figura 4).

Fig. 4: A representação idealizada da circulação geral da atmosfera mostrando as três células, as posições das Frentes Polares; a ITCZ (Zona de Convergência Inter Tropical ou Doldrums); os Jatos Subtropicais (STJ) e os Jatos Polares (PJ) e os ventos alíseos.



### A célula de Hadley

Na região equatorial (latitudes próximas de zero), o ar superficial sobe e migra na direção de latitudes mais altas. Aproximadamente na latitude de 30°, o ar começa a descer e próximo à superfície inverte seu sentido de fluxo na direção do equador (veja Figura 5).

### Célula de Hadley

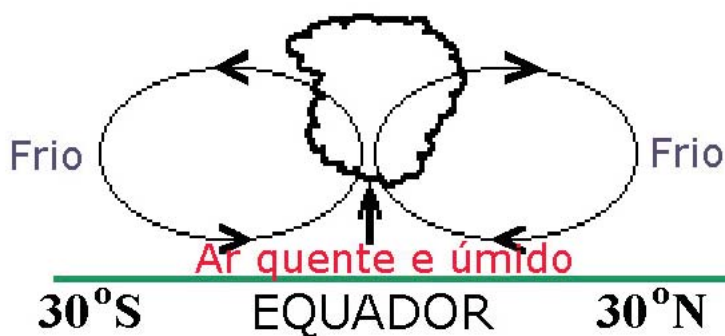


Fig. 5 . A Célula de Hadley  
A força de Coriolis age neste fluxo superficial de ar, inclinando o ar para a direita no hemisfério norte e para a esquerda no hemisfério sul. Assim os ventos que "deveriam" ser de norte no hemisfério norte tornam-se de nordeste, e os ventos que



deveriam ser de sul no hemisfério sul, tornam-se de sudeste. Temos assim os famosos e maravilhosos Alíseos de Nordeste e Alíseos de Sudeste, (trade winds). Quem teve o prazer de velejar esses ventos jamais esquece.

### Horses latitudes

Por volta dos 30° de latitude (norte e sul) do ocorre a região conhecida como as latitudes do cavalo ou alta subtropical. Estas regiões de ar descendente e alta pressão são de ventos fracos. Sem ventos e temerosos de ficar sem comida e água, os antigos marinheiros lançavam seus cavalos e gado ao mar para economizar provisões (ou os comiam).

Importantes desertos do mundo, como o Saara e o Grande Deserto australiano, localizam-se debaixo da zona de alta pressão das "horses latitudes".

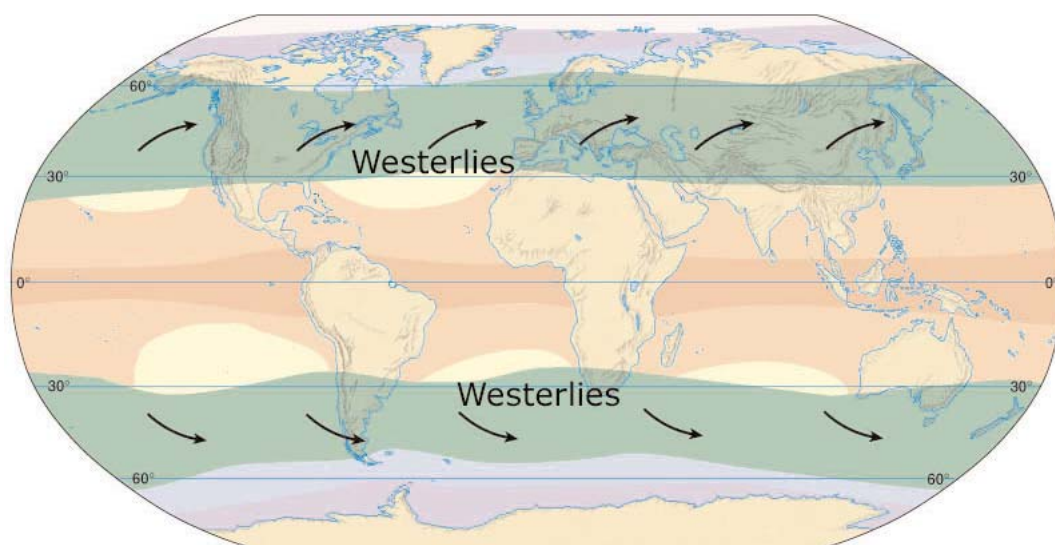
### Célula de Ferrel

Entre as latitude 30° e 60° (N e S) encontra-se a Célula de Ferrel. A célula de Ferrel gira em sentido oposto a das células de Hadley e Polar. Representa uma área de perturbações ciclônicas que intermitentemente transporta calor entre a célula tropical e regiões polares.

### *Westerlies*

São os ventos dominantes das latitudes médias (40°-50°), conhecidos como os *roaring forties* e *screaming fifties*. (quarenta roncadores, cinquenta gritadores) Os westerlies sopram principalmente de sudoeste no hemisfério norte e de noroeste no hemisfério sul, vão da alta subtropical para a baixa subpolar. (veja FIGURA 6)

Fig. 6. As regiões de vento oeste predominante.



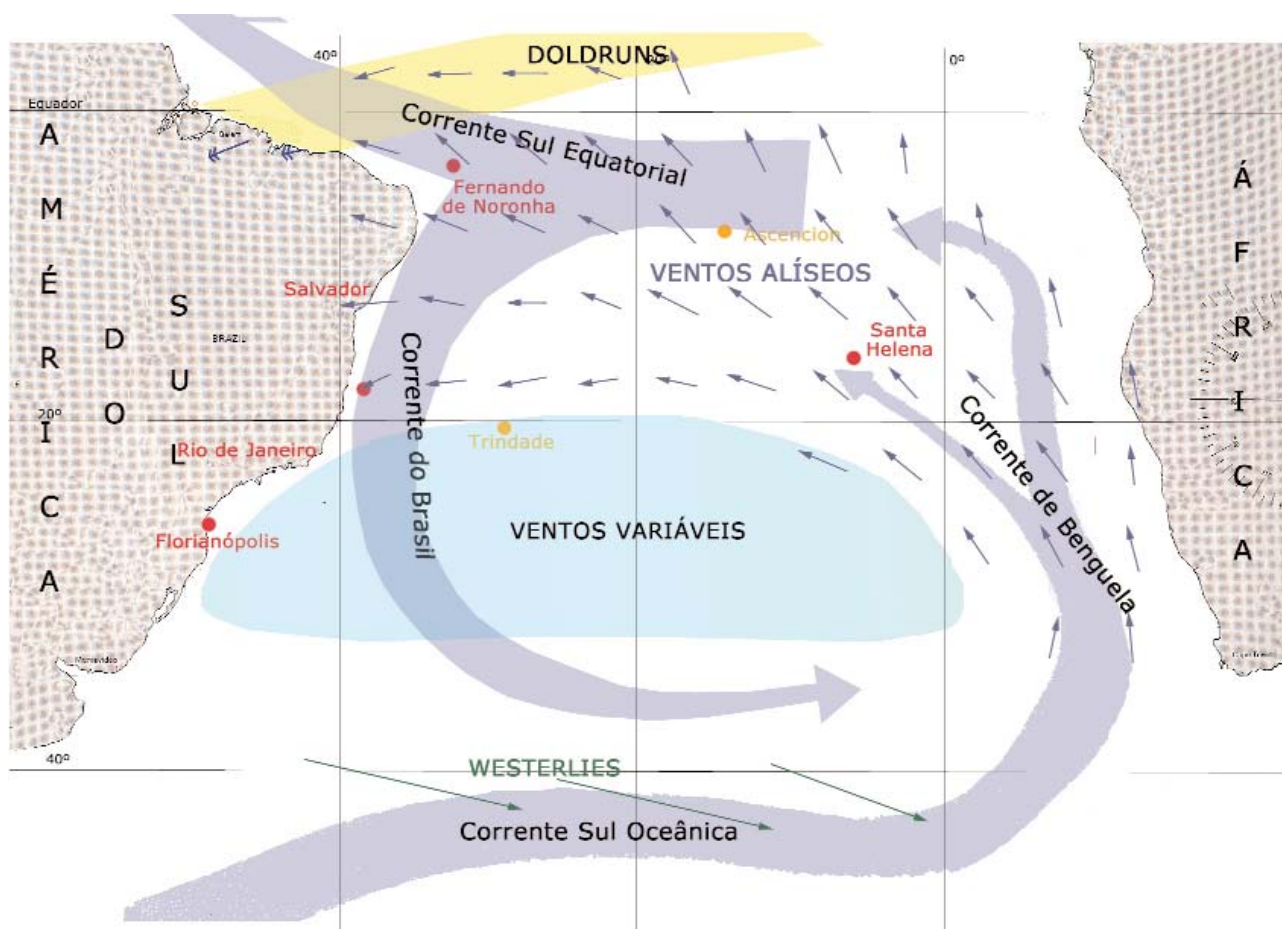
### PRINCIPAIS FONTES

United Kingdom Met Office site - The atmosphere



## O PRÓXIMO CAPÍTULO

Uma visão rápida do Atlântico Sul nos mostra os ventos alíseos, a zona de ventos variáveis (horses latitudes) e os ventos de oeste (westerlies). As correntes do Brasil, de Benguela e Sul Oceânica.



Normalmente, uma zona de alta pressão no centro do Atlântico Sul, entre os alíseos e os westerlies, gera ventos de E a NE em toda a costa brasileira.

Isso se não fossem as frentes frias, o assunto para o próximo capítulo.