

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE – EFOMM**

**INTERPRETAÇÃO DE INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS**

**Por: Carlos Henrique Santos de Lima e Silva**

**Orientador  
Marco Aurélio  
Rio de Janeiro  
2012**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO  
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA  
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA  
MARINHA MERCANTE – EFOMM**

**INTERPRETAÇÃO DE INFORMAÇÕES METEOROLÓGICAS:  
PRINCIPIOS DE SENSORIAMENTO REMOTO APLICADOS A  
METEOROLOGIA POR SATÉLITE**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução  
Almirante Graça Aranha como condição prévia para a  
conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas  
do Curso de Formação de Oficiais de Náutica (FONT)  
da Marinha Mercante

Por: Carlos Henrique Santos de Lima e Silva

**CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA  
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE –  
EFOMM**

**AVALIAÇÃO**

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): \_\_\_\_\_

NOTA - \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

\_\_\_\_\_  
Prof. (nome e titulação)

NOTA: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

NOTA FINAL: \_\_\_\_\_

## RESUMO

Este estudo é destinado à conscientização da importância dos conhecimentos de meteorologia, mais especificamente dos fatores meteorológico que ocasionam as tormentas, sua formação e como identificá-las em Cartas Sinóticas e em Imagens de Satélites de forma a executar uma navegação segura, já que a ignorância da natureza a sua volta deixa o homem à própria sorte, o que às vezes acarreta em danos irreversíveis, levando muito mais do que equipamentos e dinheiro, e sim a vida do tripulante.

Palavras – chave: Ciclones, Cartas Sinóticas e Avisos de Mau Tempo.

## **ABSTRACT**

This study is aimed at raising awareness of the importance of knowledge of meteorology, weather and more specifically the factors that cause the storms, their training and how to identify them in synoptic maps and satellite images in order to run a safe operation, as ignorance the nature around you leave man to his fate, which sometimes leads to irreversible damage, taking much more than equipment and money, but the life of the crew.

Key - words: Cyclones, synoptic maps and Severe Weather Warnings.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	07
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	09
1.1. PRESSÃO .....	09
1.1.1. MEDIDA DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA .....	09
1.1.2. DISTRIBUIÇÃO MÉDIA DA PRESSÃO NA SUPERFÍCIE DA TERRA .....	10
1.1.3. VARIAÇÃO ANUAL DISTRIBUIÇÃO MÉDIA DA PRESSÃO NA SUPERFÍCIE DA TERRA.....	11
1.1.4. DOLDRUMS .....	13
1.1.5. FAIXA DE ALTAS PRESSÕES.....	13
2. CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA E GRANDES SISTEMAS DE VENTO .....	17
3. FRENTE.....	20
3.1. FRENTE FRIA.....	23
3.1.1. PREVISÃO E DESLOCAMENTO DE UMA FRENTE FRIA .....	23
3.2. FRENTE QUENTE.....	27
3.3. FRENTE OCLUSA.....	29
3.4. FRENTE ESTACIONÁRIA .....	32
3.5. FRENTE POLAR.....	32
4. ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL.....	33
5. CICLONES EXTRATROPICAIS.....	34
6. CAVADO.....	36
7. ANTICICLONES .....	37
8. CRISTAS.....	38
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41

## INTRODUÇÃO

É Comprovado que a radiação solar é um dos elementos primordiais para a vida no planeta, não só a vida terrestre, mas como também a maior parte dos fenômenos naturais, principalmente os meteorológicos que demandam uma enorme quantidade de energia pra se desenvolver, tais como furacões, formação de grandes ondas ou formação de cumulonimbus. Essa quantidade gigantesca de energia envolvida está em constante transformação, ora sob forma de energia cinética, ora energia potencial, ora cinética e potencial ao mesmo tempo e é importante saber que nestes processos, muitas das vezes ocorrem mudança de estado dos elementos envolvidos, no caso, a água, o que demanda também energia em forma de calor latente e sensível, apenas para o seu aquecimento.

Além de termos todas essas variações de energia que possibilitam a existência dos fenômenos naturais que balanceiam o equilíbrio térmico do planeta, também temos a diferença de incidência dos raios solares na superfície terrestre que como consequência, resulta o aquecimento diferenciado na superfície e o efeito da sazonalidade (Inverno, Primavera, Verão e Outono). Essa diferença é causada pelo ângulo de incidência dos raios solares que é variável durante o dia devido ao movimento de rotação da terra, e também durante o ano devido ao movimento de translação e inclinação do eixo de rotação da terra em relação a trajetória do movimento aparente do Sol. Nesse processo de desigual aquecimento, notamos o quanto é bastante variável a temperatura do ar e os efeitos que essas variações podem causar; do total de energia solar que chega a terra, as chamadas ondas curtas, boa parte é refletida para o espaço, ainda na configuração de ondas curtas, e o restante é absorvido pela superfície, sendo esta pequena parcela, a única fonte de aquecimento do planeta uma que vez que estamos sujeitos ao resfriamento durante todo o dia emitindo energia na forma de ondas longas.

No processo de equilíbrio térmico, observamos que a radiação aquece o solo que aquece a massa de ar junto a sua superfície, que por sua vez, se desloca verticalmente e transporta energia para as camadas superiores (condução) e por meio do seu movimento horizontal, a energia é transportada para regiões adjacentes (Advecção). Porém, quando esse fenômeno ocorre de uma maneira “inversa”, ou

seja, a temperatura da superfície em questão (solo ou massa de água) é mais fria do que a massa de ar em suspensão e quando essa quantidade de ar junto a superfície é dotada de uma umidade relativa de 100%, atingimos um fenômeno conhecido como Temperatura do Ponto de Orvalho (TPO) que é o ponto onde o vapor de água presente na massa de ar, se condensa gerando dois tipos de fenômenos: Nevoeiro de Radiação, que ocorre normalmente sobre o continente e o Nevoeiro de Advecção, que ocorre sobre a superfície do mar, sendo de suma importância para a Navegação Costeira, pois têm-se uma acentuada diminuição de visibilidade do navegante a menos de 1 Km e , no caso de um nevoeiro denso, esta cai para algo em torno de 100 metros, o que torna a travessia muito mais perigosa.

Adiante, temos um estudo de meteorologia voltado para atenção que devemos ter para com as Tormentas, como reconhecê-las, saber identifica-las, uma vez dentro delas, e como evitá-las. Será mostrado como são formadas essas Tempestades, os fatores que geram sua formação e uma parte da tecnologia envolvida no processo de detecção das mesmas no oceano, e o conhecimento necessário ao navegante para lidar com essa tecnologia.

# 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## 1. PRESSÃO

### 1.1.1 MEDIDA DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA

**Pressão atmosférica** é a força exercida pelo peso da atmosfera sobre uma área unitária. Assim, a pressão a uma altitude especificada é o peso, por unidade de área, da atmosfera acima dessa altitude. Logo, a pressão decresce à medida que a altitude aumenta, pois o peso da atmosfera remanescente diminui continuamente.

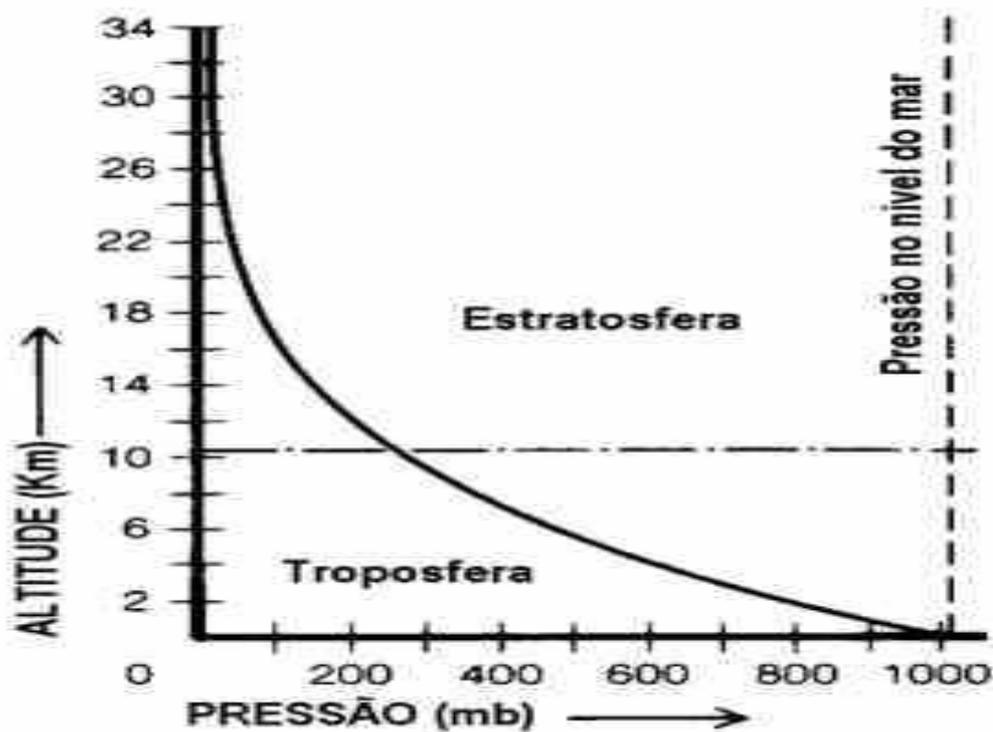


Figura 1 – Variação Vertical da Pressão Atmosférica

Como a pressão atmosférica diminui com a altitude, uma corrente de ar ascendente terá uma expansão contínua enquanto se eleva. Essa expansão é a causa principal do seu resfriamento até a temperatura do ponto de orvalho e a subsequente formação de nebulosidade.

## 1.1.2 DISTRIBUIÇÃO MÉDIA DA PRESSÃO NA SUPERFÍCIE DA TERRA

Na escala anual, por sua vez, a pressão, principalmente sobre os continentes, tende a ser maior no inverno (pois o ar frio é mais denso) e menor no verão. Esta variação anual da pressão é proporcional à variação anual da Temperatura, sendo pouco significativa sobre o equador, mas ponderável nas Latitudes médias e altas. As linhas que unem pontos da superfície da Terra de igual pressão atmosférica no mesmo instante são denominadas de **isóbaras**. Quando, sobre uma carta meteorológica, são traçadas as isóbaras, geralmente de 3 em 3, ou de 4 em 4 milibares, obtém-se um mapa de isóbaras, ou configuração isobárica. Esta representação facilita a identificação de centros de alta pressão (ou anticiclones), depressões ou centros de baixa (ciclones), frentes, oclusões, cristas, cavados, etc. Além disso, permite a determinação do gradiente barométrico, que indica a força do vento num lugar. O exame da configuração isobárica, especialmente de mapas de isóbaras sucessivos, é de grande importância para a previsão do tempo. Traçando as isóbaras das **pressões médias** calculadas para longos períodos de tempo, observa-se que a pressão, apesar de suas contínuas variações, tende a se distribuir com certa regularidade sobre a superfície da Terra. A **circulação geral da atmosfera**, em virtude do aquecimento das regiões equatoriais, forma-se aí uma **zona de baixas pressões** (ITCZ: zona de convergência intertropical), subindo o ar quente e dirigindo-se em altitude para Latitudes mais elevadas; porém, ao ultrapassar os trópicos, o ar arrefece e desce, dando lugar a uma **zona de altas pressões**, na Latitude média de 30° em ambos os hemisférios. Estas zonas de altas e baixas pressões são praticamente permanentes durante todo o ano, e originam entre elas os ventos **alísios de NE** no Hemisfério Norte e os **alísios de SE** no Hemisfério Sul. Nas Latitudes de cerca de 60° N e 60° S forma-se uma outra **zona de baixas pressões** semipermanente. Como vimos, entre as **altas subtropicais** e estas zonas de baixas pressões sopram, em ambos os hemisférios, ventos de Oeste. Tais ventos predominam entre os paralelos de 35° a 60° e são provenientes da circulação anticiclônica em torno dos centros de alta pressão situados nas Latitudes de 30° N e 30° S. Os pólos N e S são, por sua vez, regiões de altas permanentes, onde se originam os **ventos E polares**, em ambos os hemisférios.

### 1.1.3 VARIAÇÃO ANUAL DISTRIBUIÇÃO MÉDIA DA PRESSÃO NA SUPERFÍCIE DA TERRA

Na escala anual, por sua vez, a pressão, principalmente sobre os continentes, tende a ser maior no inverno (pois o ar frio é mais denso) e menor no verão. Esta variação anual da pressão é proporcional à variação anual da temperatura, sendo pouco significativa sobre o equador, mas ponderável nas Latitudes médias e altas. As linhas que unem pontos da superfície da Terra de igual pressão atmosférica no mesmo instante são denominadas de **isóbaras**. Quando, sobre uma carta meteorológica, são traçadas as isóbaras, geralmente de 3 em 3, ou de 4 em 4 milibares, obtém-se um mapa de isóbaras, ou configuração isobárica. Esta representação facilita a identificação de centros de alta pressão (ou anticiclones), depressões ou centros de baixa (ciclones), frentes, oclusões, cristas, cavados, etc. Além disso, permite a determinação do gradiente barométrico, que indica a força do vento num lugar. O exame da configuração isobárica, especialmente de mapas de isóbaras sucessivos, é de grande importância para a previsão do tempo, como veremos adiante. Traçando as isóbaras das **pressões médias** calculadas para longos períodos de tempo, observa-se que a pressão, apesar de suas contínuas variações, tende a se distribuir com certa regularidade sobre a superfície da Terra. Conforme vimos quando estudamos a **circulação geral da atmosfera**, em virtude do aquecimento das regiões equatoriais, forma-se aí uma **zona de baixas pressões** (ITCZ: zona de convergência intertropical), subindo o ar quente e dirigindo-se em altitude para Latitudes mais elevadas; porém, ao ultrapassar os trópicos, o ar arrefece e desce, dando lugar a uma **zona de altas pressões**, na Latitude média de 30° em ambos os hemisférios. Estas zonas de altas e baixas pressões são praticamente permanentes durante todo o ano, e originam entre elas os ventos **alísios de NE** no Hemisfério Norte e os **alísios de SE** no Hemisfério Sul. Nas Latitudes de cerca de 60° N e 60° S forma-se uma outra **zona de baixas pressões** semipermanente. Como vimos, entre as **altas subtropicais** e estas zonas de baixas pressões sopram, em ambos os hemisférios, ventos de Oeste. Tais ventos predominam entre os paralelos de 35° a 60° e são provenientes da circulação anticiclônica em torno dos centros de alta pressão situados nas Latitudes de 30° N e



## (Verão no Hemisfério Norte )

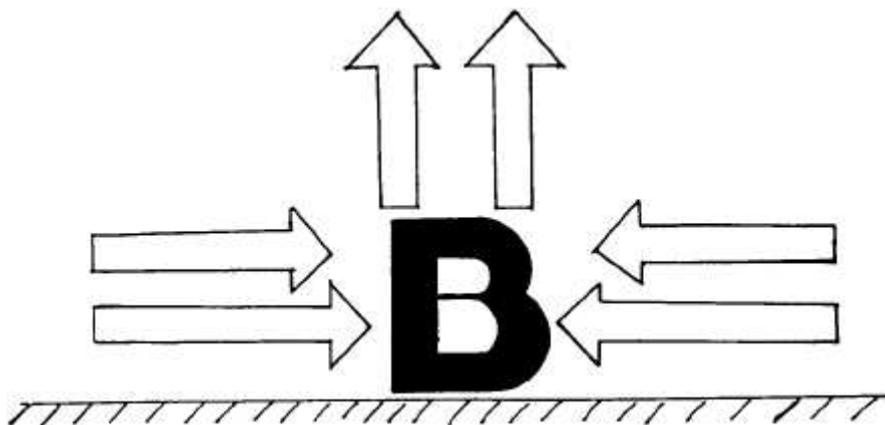
### 1.1.4 DOLDRUMS

Em janeiro, a faixa equatorial contínua de baixas pressões (ITCZ) apresenta seus centros de pressões mais baixas sobre áreas continentais do Hemisfério Sul, onde já é meio de verão. Em julho, a faixa se localiza, quase toda ela, ao norte do Equador, e as pressões baixas se estendem para o norte, sobre a América do Norte e Ásia, com mínimas no noroeste da Índia e sudoeste dos Estados Unidos (figura 3). Os ventos alísios de nordeste, do Hemisfério Norte, em janeiro chegam a atingir e mesmo ultrapassar o Equador, em alguns casos. Em julho, os alísios de SE do Hemisfério Sul cruzam o equador e atingem Latitudes de 10° N a 20° N. A convergência desses ventos na região dos *doldrums* os movimentos verticais resultantes causam chuvas fortes e freqüentes durante todo o ano na região da ITCZ.

### 1.1.5 FAIXAS DE ALTAS PRESSÕES

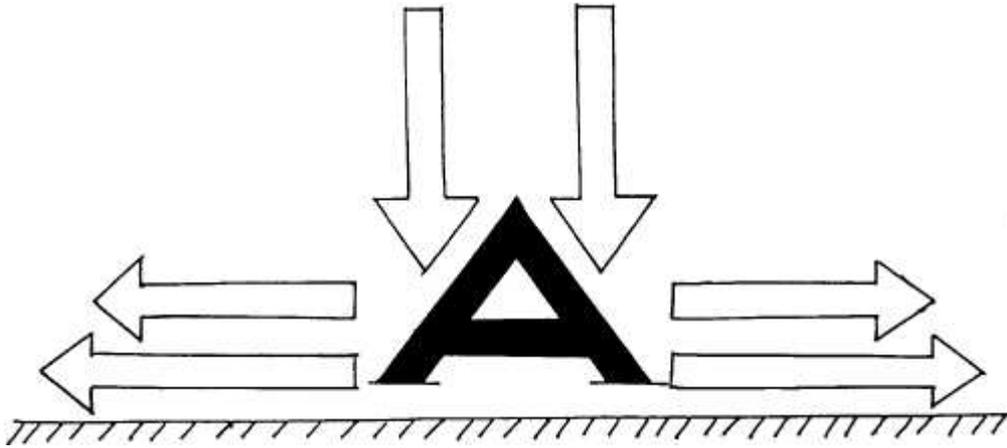
Em janeiro, a faixa subtropical de altas pressões se apresenta, praticamente, contínua no Hemisfério Norte, próximo à Latitude 30°, com pressões um pouco mais elevadas nas áreas lestes do Atlântico e Pacífico, e menos elevadas nas áreas oeste dos mesmos oceanos. No Hemisfério Sul, onde a Terra se apresenta aquecida em janeiro, há três máximas sobre as regiões relativamente frias do oceano, devido ao resfriamento anormal da água por efeito de correntes frias que se deslocam para o norte. Em julho, no Hemisfério Norte, a faixa de altas pressões é quebrada pelo desenvolvimento de baixas pressões sobre as regiões quentes do interior do sudoeste dos Estados Unidos e sudoeste da Ásia, porém, há ocorrência de células de altas pressões bem desenvolvidas sobre as áreas oceânicas frias. Essas duas células são de grande importância, pois afetam o tempo em todas as regiões temperadas do Hemisfério Norte. Ao sul do equador, embora se observem pressões mais elevadas sobre as áreas continentais, os centros de pressões mais

altas permanecem sobre as áreas marítimas, como acontece em janeiro. A pequena proporção de terras nessas Latitudes não é bastante para inverter a distribuição de pressões, como no Hemisfério Norte. **Vento** é o movimento horizontal do ar, resultante de diferenças na pressão atmosférica entre áreas adjacentes. Quando uma região na superfície terrestre é aquecida sob a influência dos raios solares, a irradiação do calor provoca o aquecimento do ar, que, em consequência, se torna menos denso, mais leve e sobe para as camadas superiores. Isto é, na região considerada forma-se uma zona de **baixa pressão atmosférica** na superfície, afluindo para aí o ar das áreas vizinhas mais frias (figura 4), onde a pressão é mais elevada. Então, os **centros de baixa pressão** (ciclones) são centros convergentes, isto é, na superfície o ar converge para o centro de baixa pressão, conforme mostrado na figura 4.



**Figura 4 – Circulação nos Centros de Baixa Pressão (Convergente / Ascendente)**

Por outro lado, uma região fria na superfície resfria o ar adjacente, tornando-o mais denso e resultando em uma **área de alta pressão**. Este ar tende a fluir para as zonas de baixa pressão. Como indicado na figura 5, os **centros de alta pressão** são centros divergentes, isto é, na superfície o ar se afasta dos **centros de alta**, na direção de regiões de pressão mais baixa. Isto causa a descida (subsistência) do ar das camadas mais altas para a superfície (figura 5).



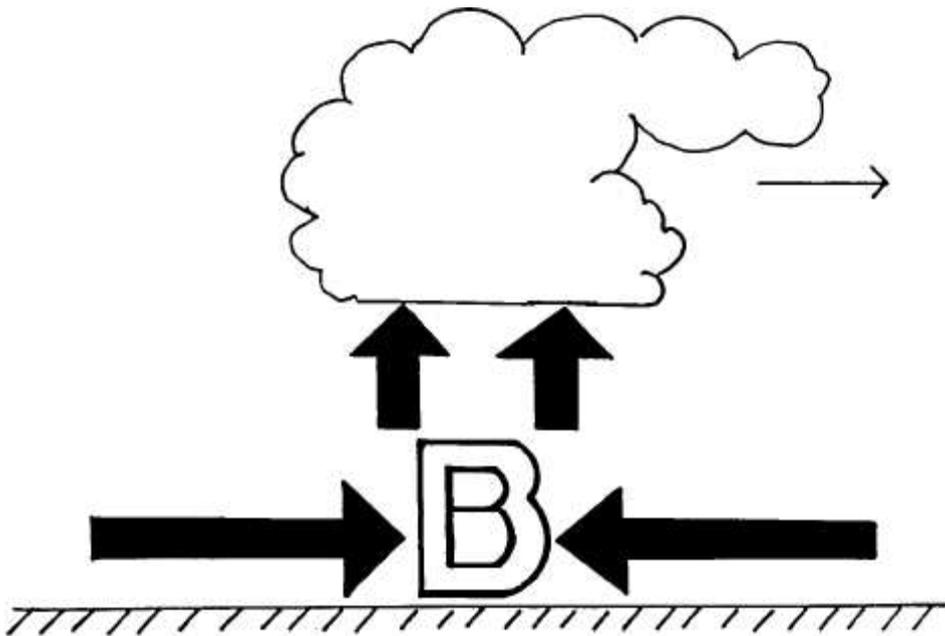
**Figura 5 – Circulação nos Centros de Alta Pressão (Divergente / Descendente)**

Assim se originam os ventos na superfície da Terra, podendo-se, pois, enunciar como lei geral dos ventos:

“O vento sopra dos centros de alta pressão para os centros de baixa pressão”.

Em vez disso, o vento segue uma trajetória curva. Em virtude da rotação do globo terrestre, os ventos, pelo Efeito de Coriolis, são desviados para a **direita** no Hemisfério Norte e para a **esquerda** no Hemisfério Sul. Então, no Hemisfério Norte os ventos giram no sentido anti-horário em torno dos centros de baixa pressão e no sentido horário em volta dos centros de alta. No Hemisfério Sul sucede o contrário, isto é, os ventos giram no sentido horário em torno dos centros de baixa e no sentido anti-horário em torno dos centros de alta pressão (figura 5). Há, então, uma relação entre os efeitos da temperatura e da pressão e a circulação resultante. Existe, normalmente, uma associação entre temperaturas de superfície mais frias, pressões atmosféricas mais altas, subsidência e divergência; e entre temperaturas de superfície mais elevadas, pressões mais baixas, convergência e ascensão do ar. O vento é resultado dessas associações. Áreas de alta e de baixa pressão e os fluxos de ventos a elas associados formam-se e movem-se continuamente através da superfície da Terra. Certas características meteorológicas são típicas destas áreas de pressão e, assim, o conhecimento de sua localização e de seus movimentos é essencial para a previsão do tempo. Em regra, os **sistemas ciclônicos** de ventos movem-se rapidamente e são acompanhados por **mau tempo**. Os ventos à

superfície convergem para os centros de baixa pressão. Além disso, nas depressões há subida de ar da superfície para as camadas superiores, causando, assim, o resfriamento desse ar e, conseqüentemente, a sua saturação, seguida da formação de nebulosidade e possibilidade de chuvas (figura 6). Por outro lado, os **sistemas anticiclônicos** deslocam-se vagarosamente e, em geral, estão associados a **bom tempo**.



**Figura 6 – Formação de Nuvens nos Centros de Baixa Pressão, pela Ascensão e Resfriamento do Ar.**

A **direção** do vento é a direção de onde ele sopra. Assim, o vento **N** (norte) sopra do **norte** para o **sul**; o vento **E** (leste) sopra de **leste** para **oeste**. A **força** do vento é a pressão que ele exerce sobre a unidade de área. A **força** do vento não é função da pressão barométrica, mas sim da diferença de pressões entre dois lugares e da distância entre eles, isto é, a **força** do vento é proporcional ao **gradiente barométrico**, que é a diferença de pressões, em milibares, medida perpendicularmente às isóbaras (e correspondente à distância de 60 milhas). Quanto mais próximas estiverem as **isóbaras**, maior o **gradiente barométrico** e maior a força do vento. Porém, em vez de se medir a **força**, mede-se a **velocidade** do vento, ou seja, a distância que o ar percorre na unidade de tempo. Em meteorologia marinha, a velocidade do vento é expressa em **nós** (milhas náuticas

por hora); 1 nó é igual a 1,852 km/h, ou 0,514 m/s. Para indicar a força do vento, adota-se a **escala Beaufort**, com números de 0 a 12 para designar desde a **calmaria** até ventos de **furacão**.

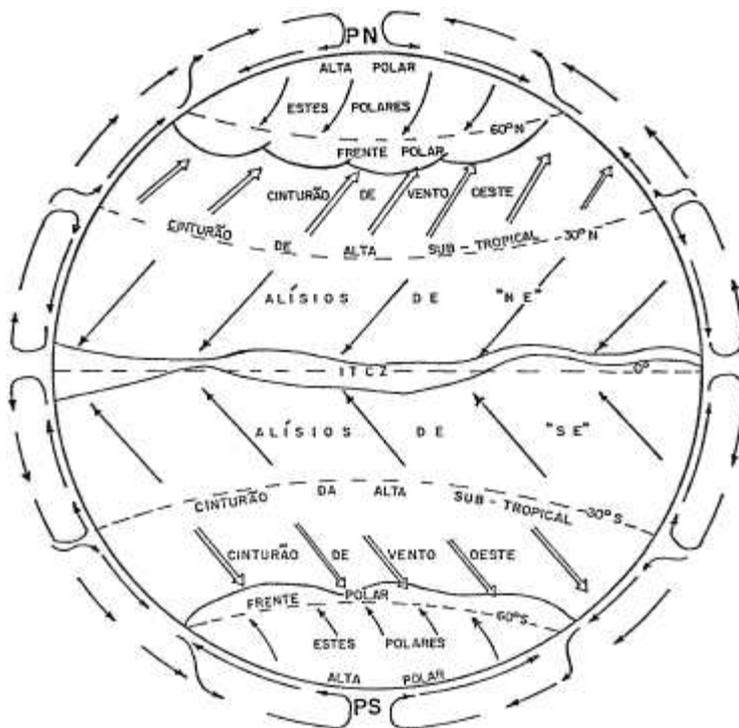
## 2 CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA E GRANDES SISTEMAS DE VENTO.

A energia da **radiação solar** recebida pela Terra é absorvida de forma diferenciada pelas regiões tropicais, pelas áreas temperadas e pelas altas latitudes. A região tropical absorve mais energia do que emite, ficando com um saldo positivo, enquanto as áreas polares absorvem menos energia do que emitem, ficando com saldo negativo. A busca do equilíbrio térmico origina e desencadeia a **circulação geral da atmosfera**, que transporta calor da região tropical para as áreas de médias e altas latitudes. Essa circulação é de grande escala ou planetária, diferindo das circulações regionais (monções), das circulações dos sistemas sinóticos (@ 1.000 km) e dos sistemas locais. O aquecimento desigual da superfície da Terra e da atmosfera estabelece a grande **circulação atmosférica**, ascendente pela parte aquecida e descendente pelos lados mais frios. Os **grandes sistemas de vento** daí resultantes são mostrados na figura 7. O ar fortemente aquecido nas **regiões equatoriais** torna-se mais leve e ascende, criando na zona tórrida um cinturão de baixas pressões atmosféricas, denominado **Zona de Convergência Intertropical**, ou **ITCZ** ("intertropical convergence zone"), para onde flui na superfície o ar, tanto do Hemisfério Norte como do Hemisfério Sul. Estes fluxos, afetados pelo Efeito de Coriolis, que causa um desvio para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, constituem os **ventos alísios** (Alísios de NE no Hemisfério Norte e Alísios de SE no Hemisfério Sul), representados na figura 7. Na **faixa equatorial de baixas pressões**, os ventos apresentam-se normalmente fracos e variáveis, com calmarias freqüentes, possuindo, porém, uma deriva suave e lenta de Leste para Oeste. A faixa inteira é chamada **doldrums**, mas este termo foi, originalmente, aplicado às áreas oceânicas próximas ao equador, onde os navios de vela muitas vezes se viam às voltas com as calmarias. A zona de calmas equatoriais é, então, caracterizada por calmarias ou ventos fracos e variáveis, trovoadas e chuvas, fortes e freqüentes, durante todo o ano. Os **ventos alísios**, por sua vez, são constantes e

moderados, soprando da faixa de pressões altas das Latitudes subtropicais na direção do equador (região dos **doldrums**). Os alísios sopram com mais força no inverno dos respectivos hemisférios (em dezembro no Hemisfério Norte e em junho no Hemisfério Sul). Quando são mais fortes, aproximam-se mais das direções dos pólos (ou seja, sopram do N no Hemisfério Norte e do S no Hemisfério Sul); sendo fracos, sopram mais do Leste. A zona dos ventos alísios, em cada hemisfério, está compreendida, em média, entre a zona de calmas equatoriais e o paralelo de 30°. Por cima dos **ventos alísios**, nas altas camadas Atmosféricas, sopram em sentido contrário os chamados **contra-alísios** mantendo-se, assim, a circulação entre as zonas tropicais e subtropicais e a zona equatorial.

Então, o ar aquecido na zona tórrida desloca-se em altitude para regiões mais afastadas do Equador e passa a resfriar-se, com aumento da densidade. Na altura das Latitudes 30° N e 30° S, o aumento da densidade é tal que o ar mergulha, originando, nessas regiões, zonas permanentes de altas pressões atmosféricas, denominadas **Cinturões de Alta Subtropical**. Dessas zonas de alta pressão à superfície, o ar flui tanto para a zona equatorial (ventos alísios), como para zonas de baixas pressões situadas em Latitudes mais altas. Novamente em virtude do Efeito de Coriolis, causando um desvio para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, os ventos resultantes em ambos os hemisférios sopram da direção geral Oeste (W), sendo as áreas em que atuam, então, denominadas **Cinturão de Vento Oeste**, ou **Oestes Predominantes** (figura 7) Assim, os ventos que sopram dos lados polares das faixas subtropicais de pressões altas, provenientes da circulação anticiclônica em torno dos centros de alta pressão situados nas Latitudes de 30° N e 30° S, se defletem à medida que se deslocam para Latitudes mais elevadas, tornando-se ventos de Sudoeste nas Latitudes temperadas do Hemisfério Norte e ventos de Noroeste, ou Oeste, nas Latitudes temperadas do Hemisfério Sul. São os chamados **ventos predominantes de Oeste**. Começam em torno das Latitudes 35°, em ambos os hemisférios, e se estendem até as baixas subpolares, nas proximidades dos círculos polares. Perto da superfície eles são submetidos às interrupções causadas pelas grandes perturbações atmosféricas e pelos ventos irregulares e intermitentes que sopram de todas as direções; porém, tendem sempre a manter a direção predominante de Oeste. São, por isso, muitas vezes, chamados de **ventos tempestuosos de Oeste**. Persistem o ano todo, embora sejam mais fortes no inverno, principalmente no Hemisfério

Norte, sobre o Atlântico Norte e Pacífico Norte. As áreas entre as Latitudes 40° S e 60° S situam-se quase que totalmente sobre os oceanos, e os ventos de Oeste que aí ocorrem são fortes e persistentes o ano todo. A região é denominada pelos navegantes de Latitudes tormentosas. Os pólos constituem regiões de altas pressões atmosféricas (Altas Polares), de onde flui o ar para regiões menos frias. Ainda por causa da Força de Coriolis, os ventos que sopram dos pólos para a região de baixas pressões na altura das Latitudes de 60° N e 60° S procedem da direção geral Leste (E), sendo, então, denominados **Estes Polares**. A zona de baixa pressão para a qual fluem é conhecida como **frente polar**.



**Figura 7 – Circulação Básica da Atmosfera e os Grandes Sistemas de Vento (Ventos Gerais)**

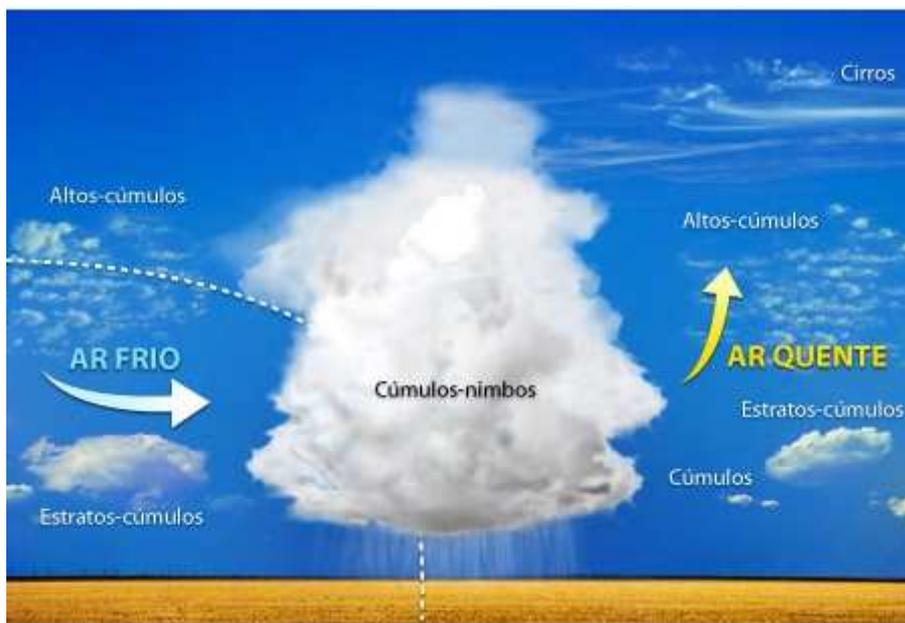
Os ventos predominantes de Oeste, relativamente aquecidos, encontram os ventos frios polares de Leste, ou o ar frio dos continentes, ao longo de uma zona irregular limítrofe que recebe a denominação de **frente polar**. A **frente polar** é o limite, à superfície, do ar frio que avança na direção de Latitudes mais aquecidas. Logo como é de conhecimento geral, a ação desses **grandes sistemas de vento** sobre os oceanos gera uma circulação predominantemente superficial e eminentemente horizontal, produzindo **correntes oceânicas** cujo conhecimento é de

grande importância para a navegação. Além disso, a compreensão da circulação geral da atmosfera é, também, essencial no estudo da meteorologia.

### 3 FRENTE

#### 3.1 Frente fria

A frente fria se dá quando ocorre a passagem do ar frio por um determinado local da superfície terrestre, substituindo o ar quente que existia antes no local. Dizemos que a massa de ar pré-frontal (antes da passagem da frente) é quente e a massa de ar pós-frontal (após a passagem da frente) é fria.



**Figura 8 - Característica de uma superfície frontal fria associada com os tipos de nuvens**

Nas frentes frias, em geral a inclinação é bem acentuada em relação à frente quente. À medida que o ar frio avança e vai substituindo o ar quente e úmido, a formação de nuvens vai aumentando e a precipitação é mais intensa. A frente fria pode vir acompanhada de rajada de ventos.

Parâmetros meteorológicos	Antes da passagem	Durante a passagem	Após a passagem
Pressão atmosférica	Diminui	Aumenta consideravelmente	Aumenta lentamente
Direção e velocidade do vento	Muda de direção ( ex: leste para NW). O vento aumenta sua intensidade	Muda bruscamente de direção par NW. Ventos fortes com rajadas	Vento de intensidade moderada diminui.Ventos de sudeste a leste
Temperatura do ar	Estável omeça a diminuir	Diminui bruscamente	Sofre pouco variação com a chuva
Temperatura do ponto de orvalho	Ligeiro aumento	Diminui bruscamente	Pouca variação
Umidade Relativa	Aumenta no decorrer da chuva	Mantém-se elevada	Diminui bruscamente após a chuva
Tipos de nuvens	Cirrus, Alto-estratus, Alto-estratus, Cúmulo-Nimbus	Cúmulo-nimbus, alto-estratus	Cúmulus
Fenômeno meteorológico	Chuva e, por vezes, granizo	Pancada de chuva forte, granizo , aguaceiro, voada, descarga atmosférica.	Chuva , às vezes nevoeiro
Visibilidade	Fraca	Muito fraca a reduzida	Fraca a boa

Tabela 1 – Mudança e as condições do tempo associadas a passagem de uma frente fria.

Abaixo, Figura 9, às 15h45min do horário de Brasília, mostra uma situação real na atmosfera de uma frente fria ativa, com a faixa de nuvens que vai do Paraguai até os estados de Santa Catarina e norte do Rio Grande do Sul, indo pelo Oceano Atlântico. A frente sistema frontal mostra uma grande área da massa de ar quente (São Paulo, Goiás, Mato Grosso do sul, parte do Paraná e sul de Minas Gerais), com manchas brancas de nuvens esparsas, enquanto ao sul da frente fria, tem-se uma grande área escura entre o Rio Grande do Sul, Argentina e Uruguai, que é o domínio da massa de ar fria e seca, de origem subantártica. Já as áreas escuras são de ausência de nuvens.

Na figura 10 tem-se outra situação real, em que há uma frente fria ativa no Nordeste, com bandas de nuvens desde o sul do Piauí, Bahia, norte de Minas Gerais e Espírito Santo.

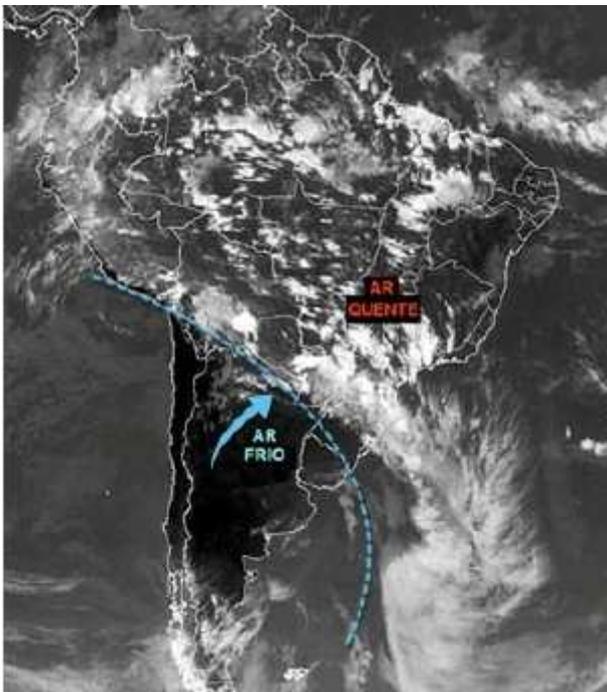


Figura 9 - Imagem de Satélite GOES-10, no canal Infravermelho, no dia 11 de fevereiro de 2009, às 15h45min do horário de Brasília.

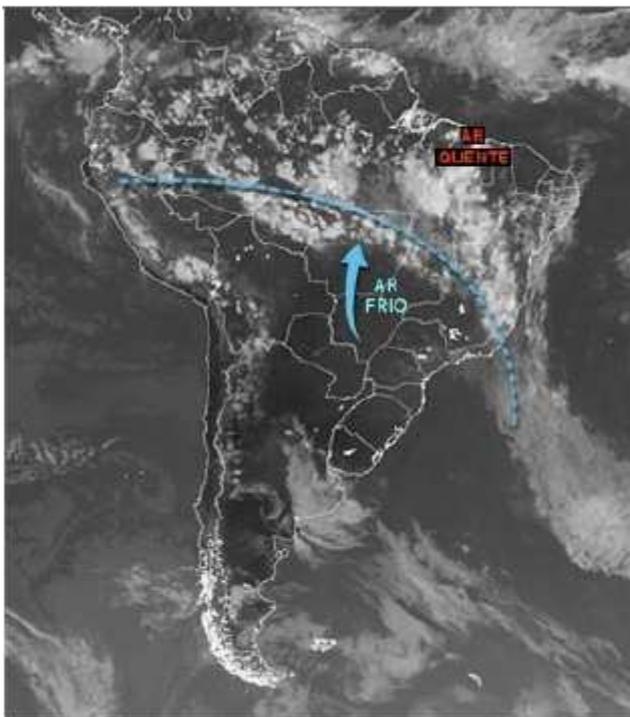


Figura 10 - Na imagem de satélite GOES-12 do dia 06 de janeiro de 2009, às 19h15min do horário de Brasília

### 3.1.1 Previsão e deslocamento de uma frente fria

A configuração e representação de uma frente fria, bem como a previsão de seu deslocamento, são observadas na atmosfera em tempo real, de acordo com os mapas de previsão do tempo do campo de pressão atmosférica ao Nível Médio do Mar (NMM) gerado pelo Modelo Brasileiro de Alta Resolução (MBAR), do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Nos mapas de pressão atmosférica ao NMM (linhas de pressão, isóbaras) com o vento em setas, as áreas de baixa pressão, representadas em vermelho e pela letra B, são regiões de ar mais quente e úmido. Enquanto as áreas de alta pressão, representadas em azul e pela letra A, são regiões de ar mais frio. A unidade de pressão atmosférica utilizada na meteorologia é hectoPascal (hPa). Um hectoPascal equivale a um milibar (mb). O mapa de análise da pressão ao NMM (abaixo) mostra a frente fria ativa na Argentina próximo à Bacia da Prata, representada com as setas em azul. Há uma baixa pressão frontal na Bacia da Prata com o Uruguai (centro de 1003 hPa), representado pela letra B. Também há um centro de alta pressão (1021 hPa) localizado no Oceano Atlântico, bem a leste do sul do Rio Grande do Sul, representado pela letra A.

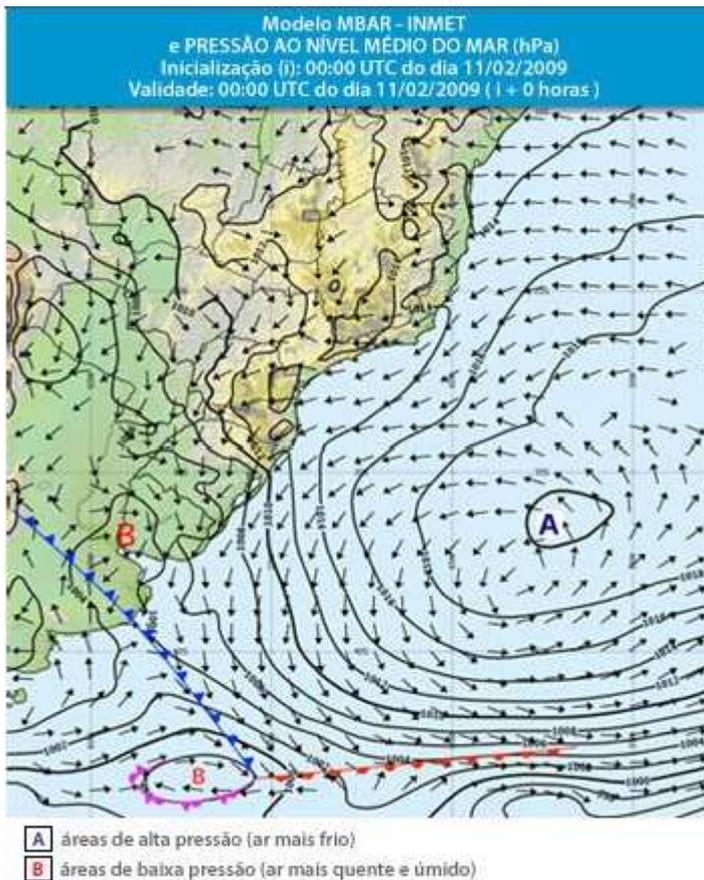


Figura 11 – Carta Sinótica INMET do dia 11/02/2009

O mapa de pressão ao NMM, do dia 12 de fevereiro de 2009 (após um dia), mostra a frente fria prognosticada com seu deslocamento sobre o Estado de Santa Catarina, representada pela linha azul com as setas. No prosseguimento dessa frente pelo Oceano Atlântico, tem a baixa pressão da oclusão, centro de 884 hPa, bem a leste da Bacia do Prata. Na Argentina e no Uruguai, tem-se uma alta pressão (ar mais frio), de 1016 hPa, centrado no leste da Argentina, que, por sua vez, invadiu a área onde se encontrava a frente fria no dia anterior

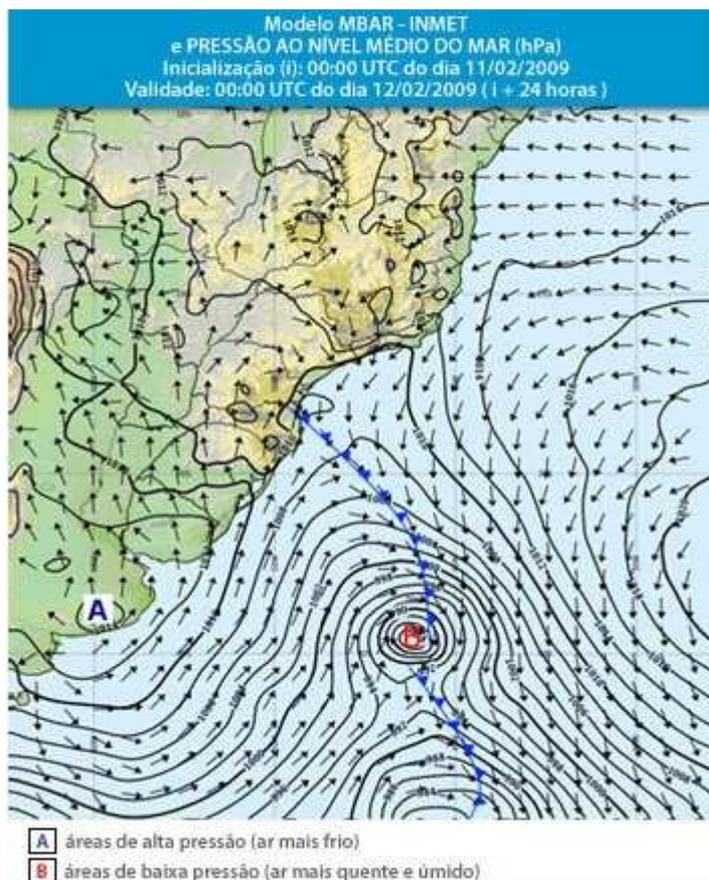


Figura 12 – Carta Sinótica INMET do dia 12/02/2009

O mapa de pressão ao NMM, do dia 13 de fevereiro de 2009 (após dois dias), mostra a evolução da frente fria no Estado do Rio de Janeiro com uma baixa pressão (letra B) de 1006 hPa. A alta pressão do ar frio apresenta uma expansão em sua evolução, centrada a leste do Uruguai com 1018 hPa, no Oceano Atlântico (letra A). Ela se expande desde a Região Sul, Uruguai, com a crista da alta pressão de 1012 hPa em sua isóbara, atingindo o Estado de São Paulo. O mapa de pressão ao NMM, do dia 14 de fevereiro de 2009 (após três dias), mostra que a frente fria praticamente permaneceu no Rio de Janeiro, e a oclusão, no Oceano Atlântico, próximo ao litoral de São Paulo, com centro de baixa pressão, de 1004 hPa (letra B), considerada de intensidade moderada para esta latitude. Outro centro de baixa pressão, de 1004 hPa (letra B) é observado sobre o Paraguai. O centro de alta pressão de ar frio deslocou-se para o Oceano Atlântico e não aparece mais no mapa-somente a crista da alta pressão que se estende com as isóbaras de 1018, 1016 e 1014 hPa, do Oceano até o litoral do Uruguai com o Rio Grande do Sul.

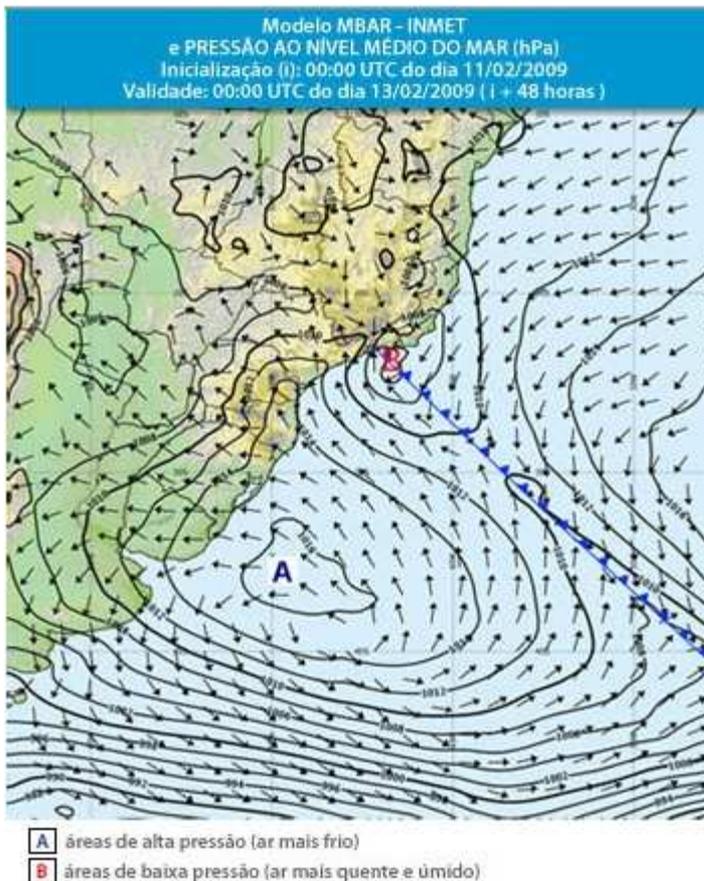


Figura 13 – Carta Sinótica INMET do dia 13/02/2009

O mapa de pressão ao NMM, do dia 14 de fevereiro de 2009 (após três dias), mostra que a frente fria praticamente permaneceu no Rio de Janeiro, e a oclusão, no Oceano Atlântico, próximo ao litoral de São Paulo, com centro de baixa pressão, de 1004 hPa (letra B), considerada de intensidade moderada para esta latitude. Outro centro de baixa pressão, de 1004 hPa (letra B) é observado sobre o Paraguai. O centro de alta pressão de ar frio deslocou-se para o Oceano Atlântico e não aparece mais no mapa -somente a crista da alta pressão que se estende com as isóbaras de 1018, 1016 e 1014 hPa, do Oceano até o litoral do Uruguai com o Rio Grande do Sul.

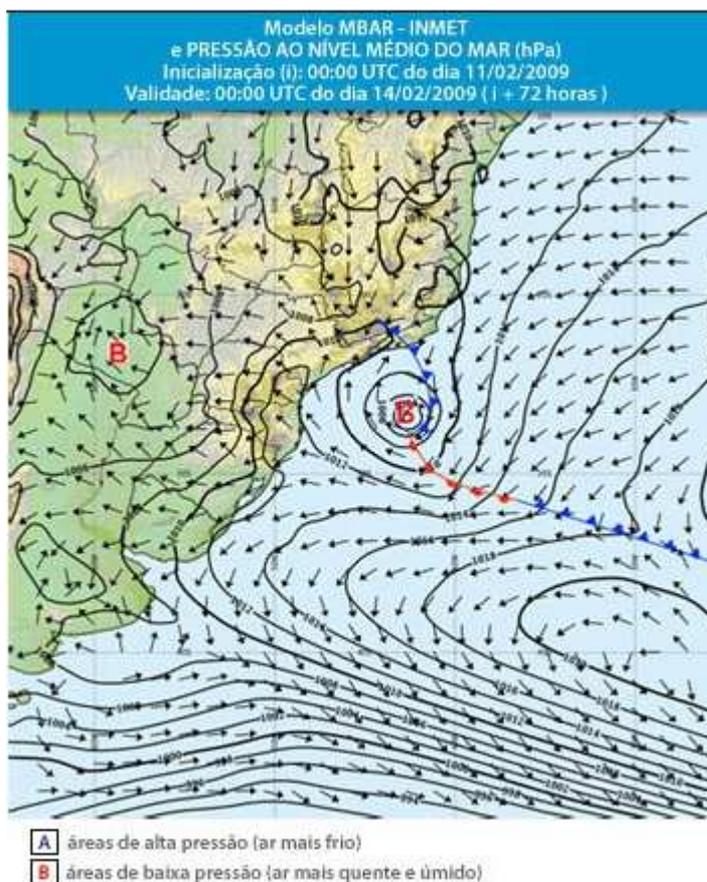
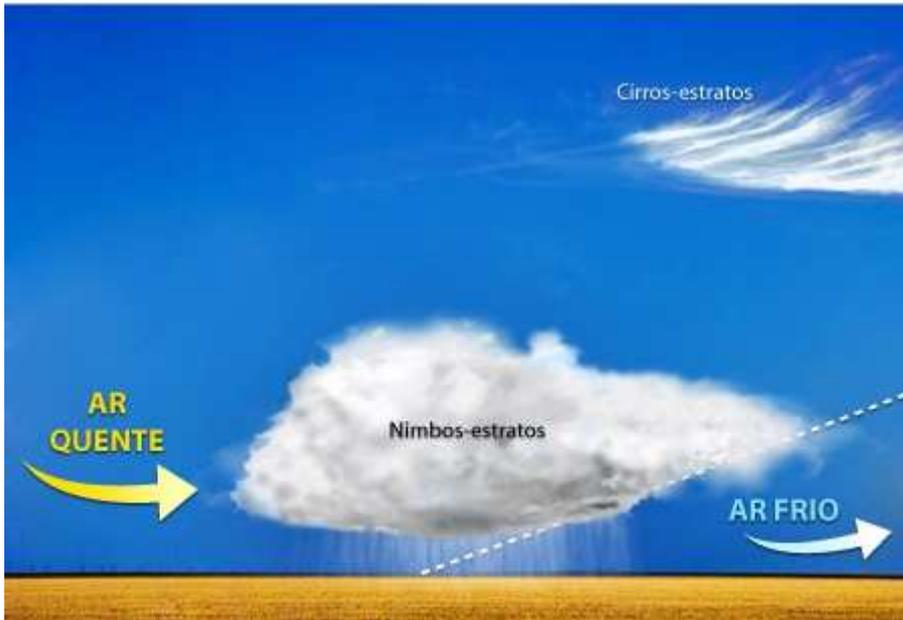


Figura 14 – Carta Sinótica INMET do dia 14/02/2009

### 3.2 Frente quente

Uma frente é denominada quente quando ocorre a invasão ou a passagem de uma massa de ar quente, que substitui o ar relativamente frio existente em uma determinada região da superfície da terra. Neste caso, a superfície frontal quente se estende na mesma direção da massa de ar quente, por cima do ar pré-frontal. Esta situação das massas de ar justaposto à superfície da terra tendendo à estabilidade provoca um deslocamento mais lento do sistema, menor velocidade da frente quente em relação à frente fria. À medida que a frente se aproxima, o ar quente se concentra mais próximo da superfície, e nuvens médias Alto-estratos e Alto-cúmulos são formadas. O processo da chuva ou neve ocorre quando as nuvens Alto-estratos atingem sua maior densidade. A intensificação da precipitação pode ocorrer com a formação das nuvens nimbo-estratos.



**Figura 15 - Característica típica de uma frente quente associadas com os tipos de nuvens**

Parâmetros meteorológicos	Antes da passagem	Durante a passagem	Após a passagem
Pressão atmosférica	Diminui	Mantém-se estável	Estável
Direção e velocidade do vento	Quadrante norte moderados	Gira no sentido anti-horário moderados	Gira para o quadrante sul
Temperatura do ar	Aumenta lentamente	Diminui	Fica estável
Temperatura do ponto de orvalho	Aumenta	Diminui	Estável
Umidade relativa do ar	Aumenta com a chuva	Ligeiro aumento	Pouca variação

Tipos de nuvens	Cirrus, Cirro-estratus, Nimbo-estratus, Alto-estratus	Estratus, Nimbo-estratus	Estratus, Estrato-cúmulus
Fenômeno meteorológico	Chuva fraca, chuvisco	Chuva intermitente, chuva contínua ou chuva esparsa	Chuva fraca e chuvisco
Visibilidade	Boa a fraca	Fraca	Fraca

Tabela 2 – Mudança e as condições do tempo associadas a passagem de uma frente quente.

### 3.3 Frente Oclusa

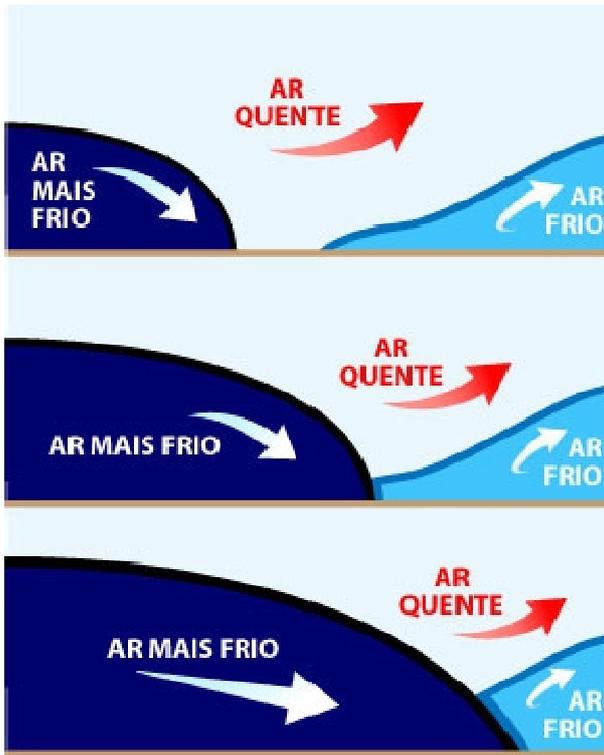
Também conhecida como oclusão, é um sistema que se forma quando uma frente fria encontra ou avança uma frente quente.



Figura 16 - Esquema de uma frente oclusa com sua cunha

Na atmosfera podem ocorrer dois tipos de oclusão de frente:

1. **Oclusão de frente fria:** sistema que se forma quando o ar que se encontra na frente da frente quente é menos frio do que o ar que vem por trás da frente fria. O ar que está por trás da frente fria é mais denso e faz com que a cunha se levante primeiro.



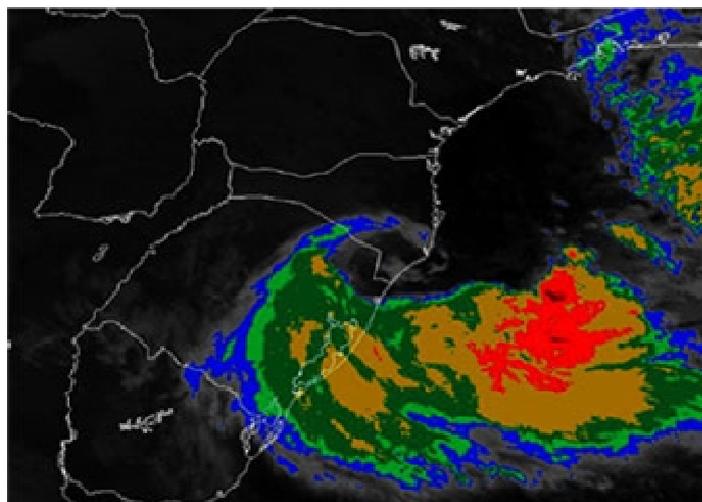
**Figura 17 - Processo de oclusão do tipo frente fria**

2. **Oclusão de uma frente quente:** sistema que se forma quando o ar que se encontra adiante da frente quente é mais frio que o ar por trás da frente fria. Por ser mais leve, o ar que está por trás da frente subirá primeiro.



**Figura 18 - Processo de oclusão do tipo frente quente**

Uma situação real na atmosfera de uma frente oclusa do tipo frente fria ocorreu no dia 03 de maio de 2008, sobre o Rio Grande do Sul, com vendavais, chuvas e ventos fortes, conforme imagem de satélite GOES-12 de topos de nuvens, do mesmo dia, às 06h45min de Brasília (figura 10). O Centro da oclusão está na divisa de Santa Catarina com o nordeste do Rio Grande do Sul. As áreas em vermelho são de temperaturas abaixo de  $-55^{\circ}\text{C}$ , e as áreas em verde, por vezes, estão associadas com chuvas.



**Figura 19 - Imagem de satélite GOES-12, topo de nuvens, no dia 03 de maio de 2008, às 06h45min de Brasília**

### 3.4 Frente estacionária

Uma frente estacionária é aquela em que ar se move muito pouco ou não há nenhum deslocamento observado desde a sua última posição do registro sinótico. É também conhecida como frente sei estacionária, conforme mostra a imagem abaixo:

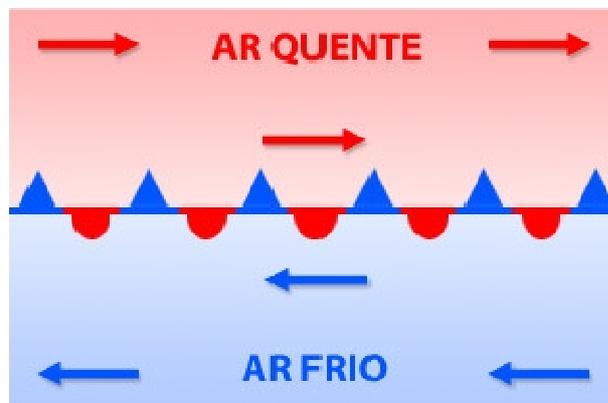


Figura 20 - Esquema de uma frente estacionária

### 3.5 Frente polar

Na América do Sul, o ar quente que fica ao norte da frente polar é chamado massa de ar tropical e inclui as regiões tropical e subtropical. O ar frio que está ao sul da frente polar é chamado de massa de ar polar, de origem das regiões Antártica e subantártica. Entre as massas de ar polar e de ar tropical há uma fronteira semicontínua e semipermanente. Ela é parte integrante de uma antiga teoria meteorológica conhecida como "**Teoria da frente polar**". No período de inverno as frentes polares, vindas da Região Antártica, avançam com as massas de ar frio para latitudes mais baixas que no verão, quando avançam mais para a Região Equatorial. Os avanços e

retrocessos das frentes polares são as características fundamentais das latitudes médias, que por sua vez, causam a variação no tempo e no clima na região tropical. Na frente polar, o forte gradiente de temperatura (térmico) causa um forte gradiente de pressão horizontal. Ao longo da frente polar forma-se a corrente de jato da frente polar, em torno dos 12 km de altitude.

#### **4 Zona de Convergência do Atlântico Sul**

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é uma região com uma extensa faixa e bandas de nuvens formadas desde a Amazônia, Brasil Central e Sudeste até o Oceano Atlântico. Essas nuvens estão associadas com chuvas ora fortes, ora moderadas, ora intermitentes, que persistem por no mínimo quatro dias e podem causar grandes transtornos, tais como alagamentos, inundações, desabamentos e transbordamentos. Climatologicamente, este sistema meteorológico da ZCAS é responsável pela grande quantidade de chuva de verão entre as Regiões Centro-Oeste, Sudeste, partes da Norte e do Nordeste. A ausência desse sistema causa forte redução nas chuvas nessas regiões, prejuízo financeiro aos tomadores de decisão, com perdas na produção agrícola considerável, e alto risco de racionamento de água e de energia. A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é uma região com uma extensa faixa e bandas de nuvens formadas desde a Amazônia, Brasil Central e Sudeste até o Oceano Atlântico. Essas nuvens estão associadas com chuvas ora fortes, ora moderadas, ora intermitentes, que persistem por no mínimo quatro dias e podem causar grandes transtornos, tais como alagamentos, inundações, desabamentos e transbordamentos. Climatologicamente, este sistema meteorológico da ZCAS é responsável pela grande quantidade de chuva de verão entre as Regiões Centro-Oeste, Sudeste, partes da Norte e do Nordeste. A ausência desse sistema causa forte redução nas chuvas nessas regiões, prejuízo financeiro, aos tomadores de decisão, com perdas na produção agrícola considerável, e alto risco de racionamento de água e de energia.

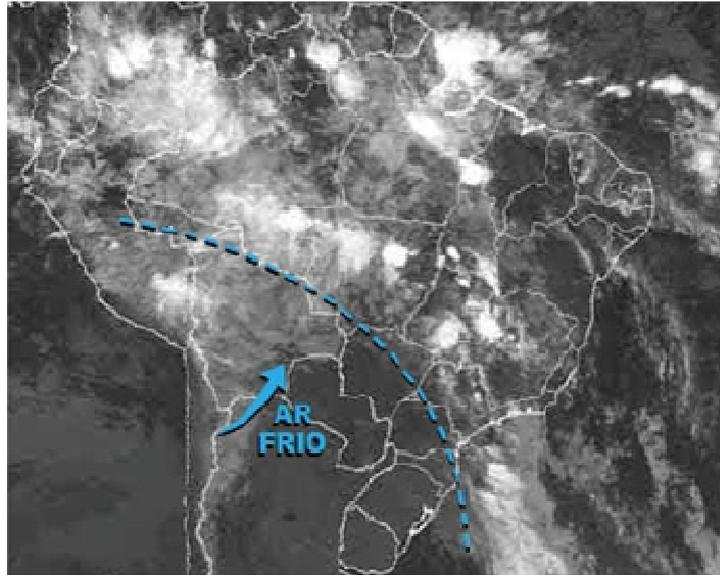


Figura 21 -animação das imagens de satélite GOES-12 (acima), no canal infravermelho, que ocorreu no período de 17 a 22 de janeiro de 2009

Na prática podemos observar uma situação real na formação do sistema da ZCAS. É observado o deslocamento de uma frente fria da Argentina e que passa pelo sul do Brasil até sua chegada ao Centro-Oeste e Sudeste, permanecendo de 21 a 25 de janeiro, por mais de quatro dias entre Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Tocantins e sul do Pará.

## 5 Ciclones extratropicais

Ciclones extratropicais são áreas de baixa pressão atmosférica formadas entre a Argentina, o Uruguai, o Sul do Brasil e o Paraguai. Em geral são baixas pressões ligadas a frentes frias que resultam em uma ondulação (oclusão) em uma frente já existente. O centro desse sistema é o ponto onde a pressão é mínima, com várias isóbaras fechadas. No Hemisfério Sul, a circulação dos ventos se dá em sentido horário. A baixa pressão está associada ao movimento vertical ascendente do ar, que resulta de uma divergência nos níveis elevados da atmosfera. Um ciclone extratropical tem as mesmas características termodinâmicas, estrutura e configuração de um ciclone tropical (furacão). O furacão ou ciclone tropical tem uma estrutura própria, independe da circulação geral e se forma no mar, em águas quentes. Tem uma configuração fechada e um olho em seu centro. Esse sistema ocorre

com frequência no Hemisfério Norte, e raramente no Hemisfério Sul.



Figura 22 – Furacão Catarina

O furacão Catarina (na foto acima, visto da Estação Espacial Internacional) é um exemplo da rara ocorrência de ciclone tropical no Hemisfério Sul. Em 27 e 28 de março de 2004, o Catarina deixou em alerta a população do sul de Santa Catarina e do nordeste do Rio Grande do Sul, surpreendendo meteorologistas de todo o mundo. O Catarina foi o primeiro furacão registrado no Atlântico Sul, com rajadas de vento de 180 km/h. Ao contrário do ciclone tropical, o ciclone extratropical tem uma estrutura dependente da circulação geral da atmosfera e da frente fria. Veja na imagem abaixo um exemplo de ciclone extratropical no sul do Brasil.

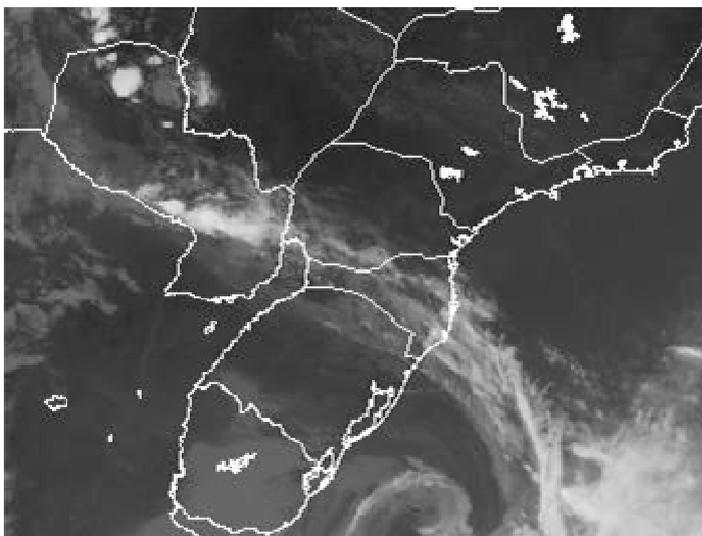


Figura 23 - Na imagem de satélite observa-se a nebulosidade causada pelo

## ciclone extratropical sobre o Rio Grande do Sul no dia 24/05/2008 às 18h15

Compare com a imagem abaixo, do Catarina:

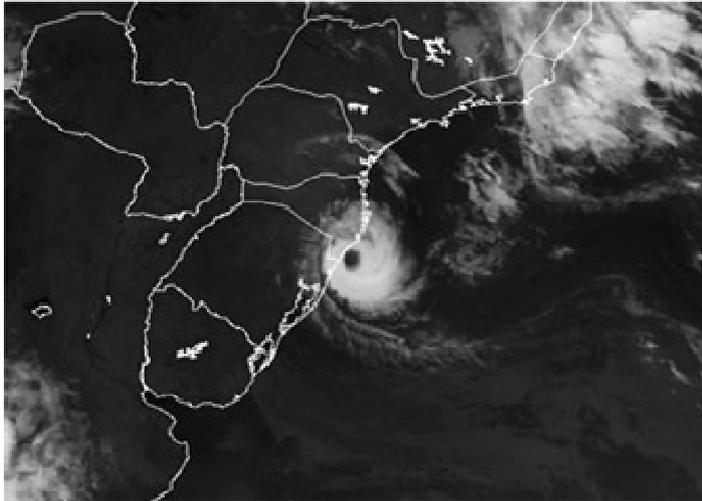
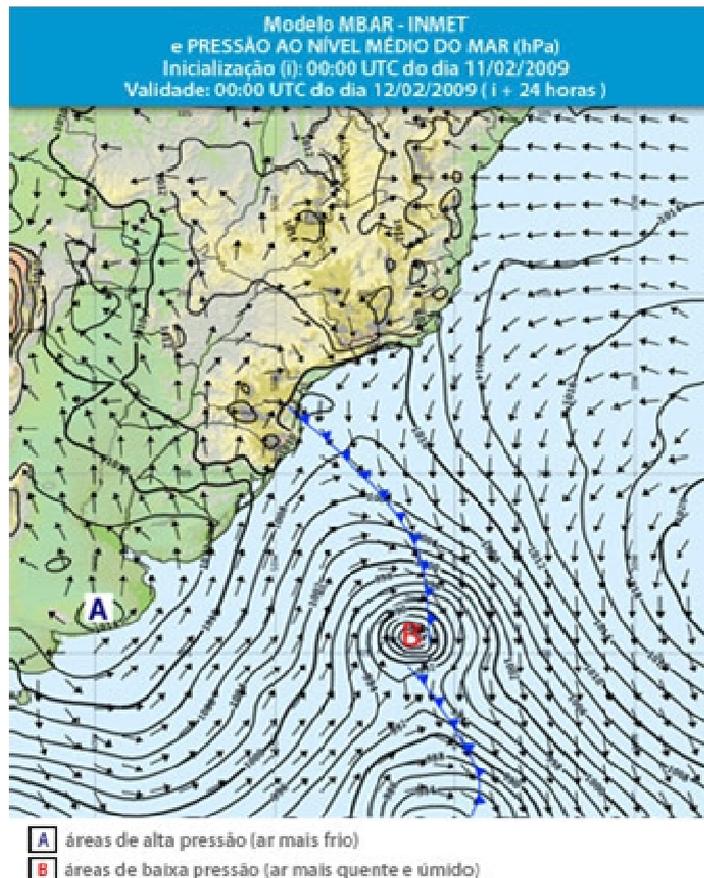


Figura 24 - Imagem de satélite GOES-12, 28/03/2004, 03:45 UTC mostra o Furacão Catarina na costa da Região Sul

## 6 Cavado

Um cavado é uma região de baixa pressão, em que as isóbaras estão mais distantes de seu centro. A linha que une os pontos das isóbaras mais afastadas do centro do eixo é denominada cavado. A imagem abaixo mostra a configuração de um cavado ao longo da frente fria em azul.



**Figura 25 – Carta Sinótica INMET do dia 12/02/2009**

As frentes normalmente estão sempre associadas aos cavados. No entanto, nessas regiões a pressão atmosférica é relativamente baixa e apresenta convergência e ascendência do ar com formação de nuvens, instabilidade e condições de chuvas intensas e vendavais

## 7 Anticiclones

Uma região de pressões atmosféricas relativamente altas é denominada anticiclone. Em seu centro a pressão é máxima, com as isóbaras são fechadas ao seu redor. Os ventos são fracos, e a região está associada às condições de tempo bom, com ou sem pouca formação de nuvens e sem chuva. A circulação dos ventos em torno do seu centro é um movimento de sentido anti-horário, no Hemisfério Sul.

Exemplo da configuração de um anticiclone é verificado no mapa de pressão atmosférica, de centro de 1018hPa (letra A em azul), próximo ao Uruguai.

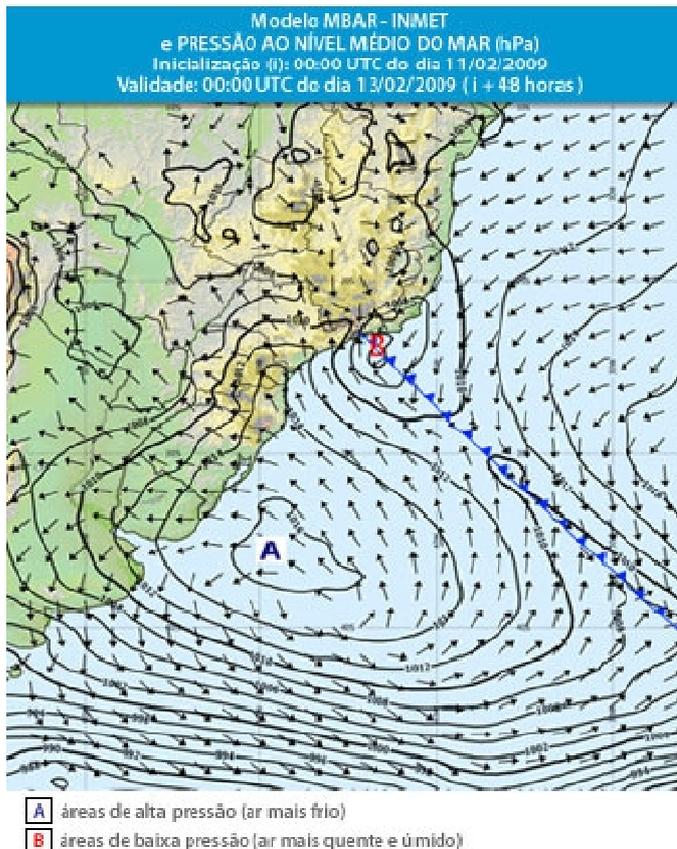
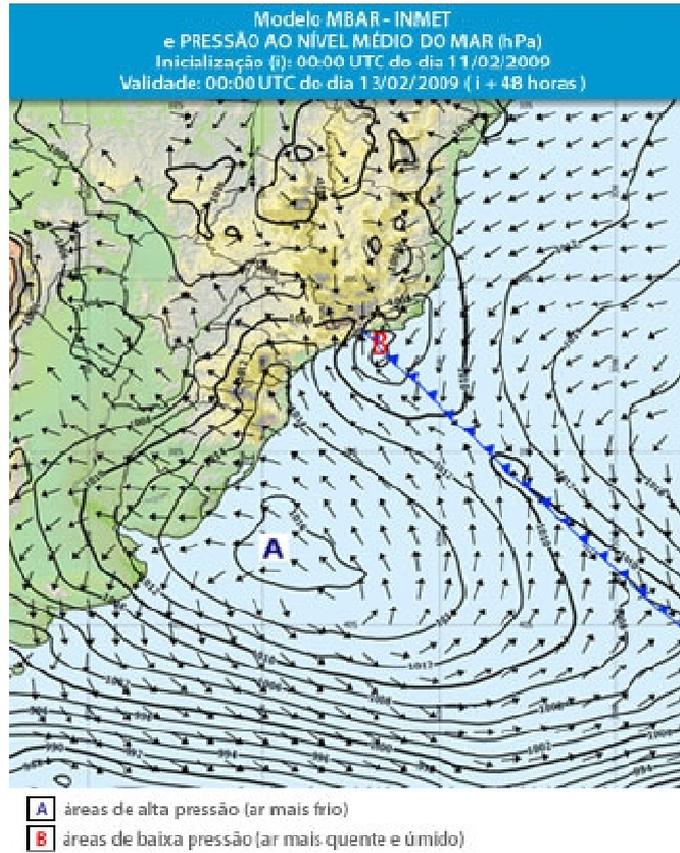


Figura 26 – Carta Sinótica INMET do dia 13/02/2009

## 8 Crista

Uma região de pressão atmosférica relativamente alta alongada com altas pressões em suas isóbaras é denominada **crista de alta pressão**. A crista é representada pelas isóbaras arredondadas que se m para o exterior de um anticiclone. A pressão em um ponto da linha da crista é mais alta do que nos pontos adjacentes que se encontram ao lado da mesma. A imagem abaixo mostra a crista de alta pressão desde o Uruguai e Rio Grande do Sul indo na direção do Oceano Atlântico.



**Figura 27 – Carta Sinótica INMET do dia 13/02/2009**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos observar com o presente estudo, que a meteorologia sem dúvida é um conhecimento fundamental para a execução de uma navegação segura e prevenção de acidentes, pois, como podemos ver o caso o estrago que uma tempestade tropical, como o caso do Katrina, Ike e Catarina, pode causar está avaliado sempre em milhões, sem contar o quantidade de vidas que um evento desses pode levar em apenas poucas horas. Como foi dito, o estudo de manobras evasivas é um importantíssimo conhecimento para o navegante, uma vez que este se vê dentro da Tormenta, saber como sair e manobrar rapidamente para safar-se do estado de mar severo. A identificação dos aspectos físicos da tormenta no horizonte é algo de extrema importância para evitar que se navegue para dentro da mesma, sem contar as próprias Cartas Sinóticas e Imagens de Satélite, algo de exímia importância para a navegação, o que não se deve esquecer da conscientização da transmissão de Mensagens Ship, algo feito com pouca frequência mas de muita importância. Ou seja, o maior dos ensinamentos é conhecer e respeitar e saber como proceder com a natureza a sua volta.

## REFÊRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- ESSENTIALS OF METEOROLOGY – Ahrens
- 2- MANUAL DE METEOROLOGIA DE PASSADIÇO. Diretoria de Hidrografia e navegação. 1 ed. 1991 Brasil.
- 3- METEOROLOGIA E OCEANOGRAFIA. Lobo, Paulo Roberto Valgas. 2 ed. 2007. Rio de Janeiro – Brasil.
- 4- [www.wikipedia.com.br](http://www.wikipedia.com.br) acessado em 2 de Agosto de 2012.
- 5- [www.dhn.mar.mil.br](http://www.dhn.mar.mil.br) acessado em 26 de Julho de 2012.
- 6- [www.radiomar.com.br](http://www.radiomar.com.br) acessado em 26 de Julho de 2012.
- 7- DONN, Willian L. Meteorology. 3 ed. 1965.
- 8- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Guide to Meteorological Services. WMO – no. 431. Geneva – Switzerland, 1977.