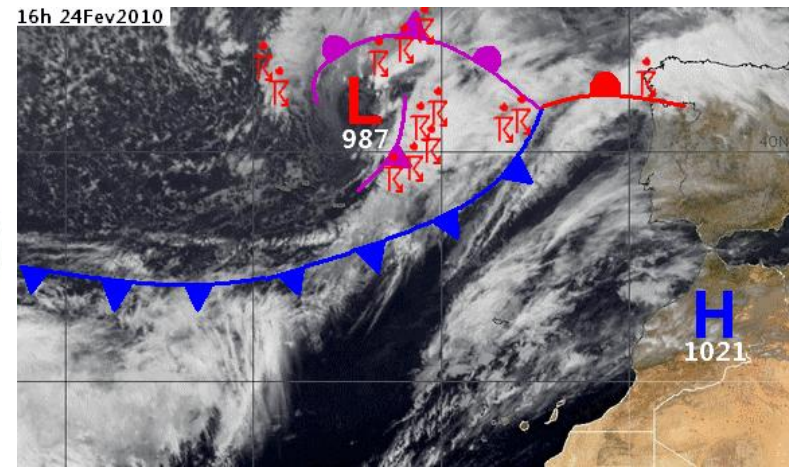
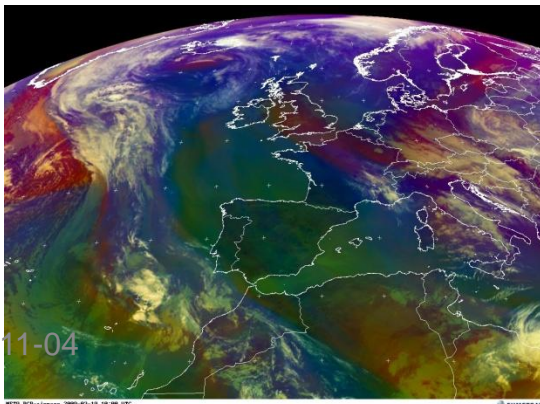


# Unidade 3.2 - Aquecimento diferencial e os seus efeitos na circulação atmosférica - Continuação

Massas de ar – frentes -Jactos



# Definida como:

Em particular:  
 $\text{grad } p \approx 0$  e  $\text{grad } p \approx 0$

- Uma extensa porção da atmosfera que, por ter permanecido sobre uma região uniforme durante vários dias, adquiriu uma estrutura termodinâmica e estática própria.
- Esta manifesta-se por uma distribuição horizontal da temperatura e da humidade quase uniforme e, em cada nível isobárico, por uma variação ao longo da vertical destes parâmetros quase constante, com uma estabilidade estática própria. Uma massa de ar é portanto quase barotrópica.

$$\left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_p = cte$$

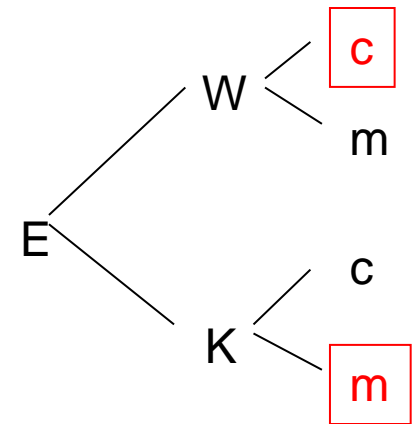
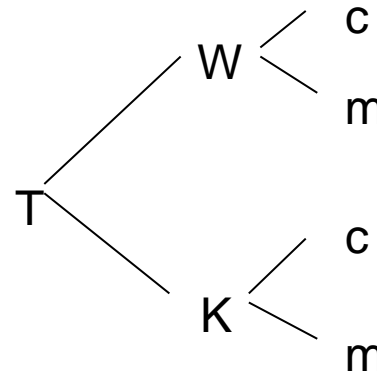
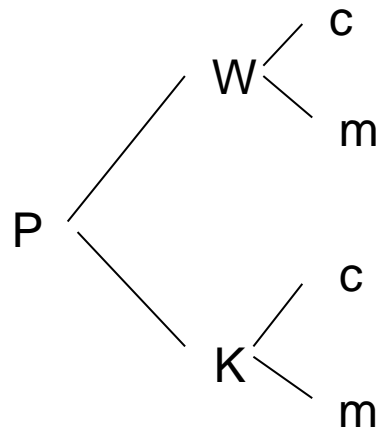
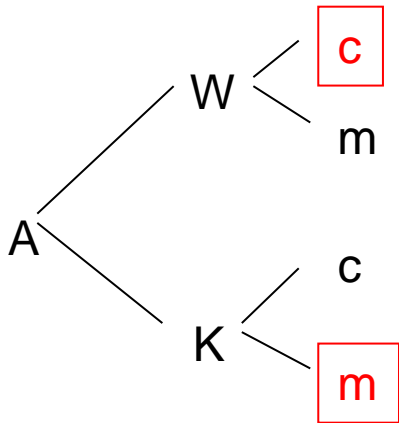
$$\left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_p = cte$$

■ Quando duas massas de ar entram em contacto não se difundem uma na outra, mantêm as suas propriedades independentes.

- O conceito de massa de ar foi introduzido por T. Bergeron (1928).
- **Tamanho:** cobrem centenas, ou milhares, de milhas quadradas; verticalmente estendem-se, a mais de mil ou dezenas de mil ( pés).
  - Evidentemente não temos problemas em distinguir as correntes oceânicas, no seno do oceano global; podemos vê-las, pois, a água do oceano é visível: pela cor, temperatura, material vegetal que leva consigo, etc.
- Na tabela que se segue, resume-se a informação fundamental, relativa a 6 tipos principais de massas de ar. Os símbolos **W** ou **K**, servem para indicar para onde se desloca.
-

Assim sendo, **cPk** significa ar polar continental, deslocando-se sobre uma superfície inferior, de terra ou mar, menos fria.

W →→ quente  
K →→ fria



Não se observam

# Tabela 3.1 Classificação das massas de ar

Designação da massa	Lugar de origem	Propriedades	Símbolo
<b>Ártica</b>	<u>Regiões polares</u>	Baixas temperaturas, humidade específica baixa, alta humidade relativa no verão; é a mais fria das massas de ar em inverno	<b>A</b>
<b>Polar continental</b>	<u>Áreas continentais subpolares</u>	Baixas temperaturas (aumentando no seu movimento para o sul), Baixa humidade, que permanece constante	<b>cP</b>
<b>Polar marítima</b>	<u>Área subpolar e Ártica</u>	Baixas temperaturas que aumentam com o movimento, humidade mais alta.	<b>mP</b>
<b>Tropical continental</b>	Zonas terrestres <u>subtropicais de altas pressões</u>	Elevadas temperaturas, baixo conteúdo de humidade	<b>cT</b>
<b>Tropical marítima</b>	Zonas de altas pressões em <u>limites meridionais oceânicos subtropicais</u>	Temperaturas moderadamente altas, humidade específica e relativa altas	<b>mT</b>
<b>Equatorial</b>	<u>Mares tropicais e equatoriais</u>	Elevadas temperatura e humidade	<b>E</b>

**Tabela 3.2 com características das massas de ar sobre a PI.**

Massa de ar	Ártico A	Polar P	Tropical T	Equatorial E
Tem. Pot. Ter. Molhado	< 5°C	6 -12°C	12-18°C	> 18°C
Nuvens	Cumuliformes	Cumuliformes	Estratisformes Estratocúmulos	Estratocúmulos Cumuliformes
Precipitação	Aguaceiros	Aguaceiros	Chuva Chuvisco	Chuva Aguaceiros
Estabilidade Grad. Temp.	8-10°C/km	6-9°C/km	4-6°C/km	3-5°C/km
Visibilidade	Muito boa	Boa	Moderada	Fraca
Vento á Superfície	c/ rajadas turbulentas	c/ rajadas turbulentas	Contínuos turbulentas fraca	Contínuos turbulentas fraca

# Polar continental

- Origina-se nas regiões polares dos continentes, tais como a **Sibéria, o Norte de Canada e a Antártida**. É formada por processo de Arrefecimento Radiativo e é **particularmente fria no Inverno**. A superfície terrestre perde **radiação IV** para o espaço e, em virtude da radiação solar incidente, se houver alguma, chegar em ângulo obliquo à superfície, e esta **arrefece**. Pelo processo de **condução, o ar** em contacto com a superfície também arrefece. Isto **rapidamente estabelece uma taxa de variação vertical de temperatura bastante estável** e, eventualmente, cria-se uma inversão.
- Simultaneamente, **no topo da inversão ocorre um arrefecimento devido a divergência** do fluxo de massa enquanto o arrefecimento Radiativa prossegue na superfície.
  - Isto resulta **num aprofundamento da camada de inversão** e, portanto, num **aprofundamento de massa de ar**.
  - A Fig.3.11, ilustra o aprofundamento bem como o arrefecimento da massa de ar em função do tempo, **O céu deve estar limpo para que o arrefecimento radiativo seja significativo.**

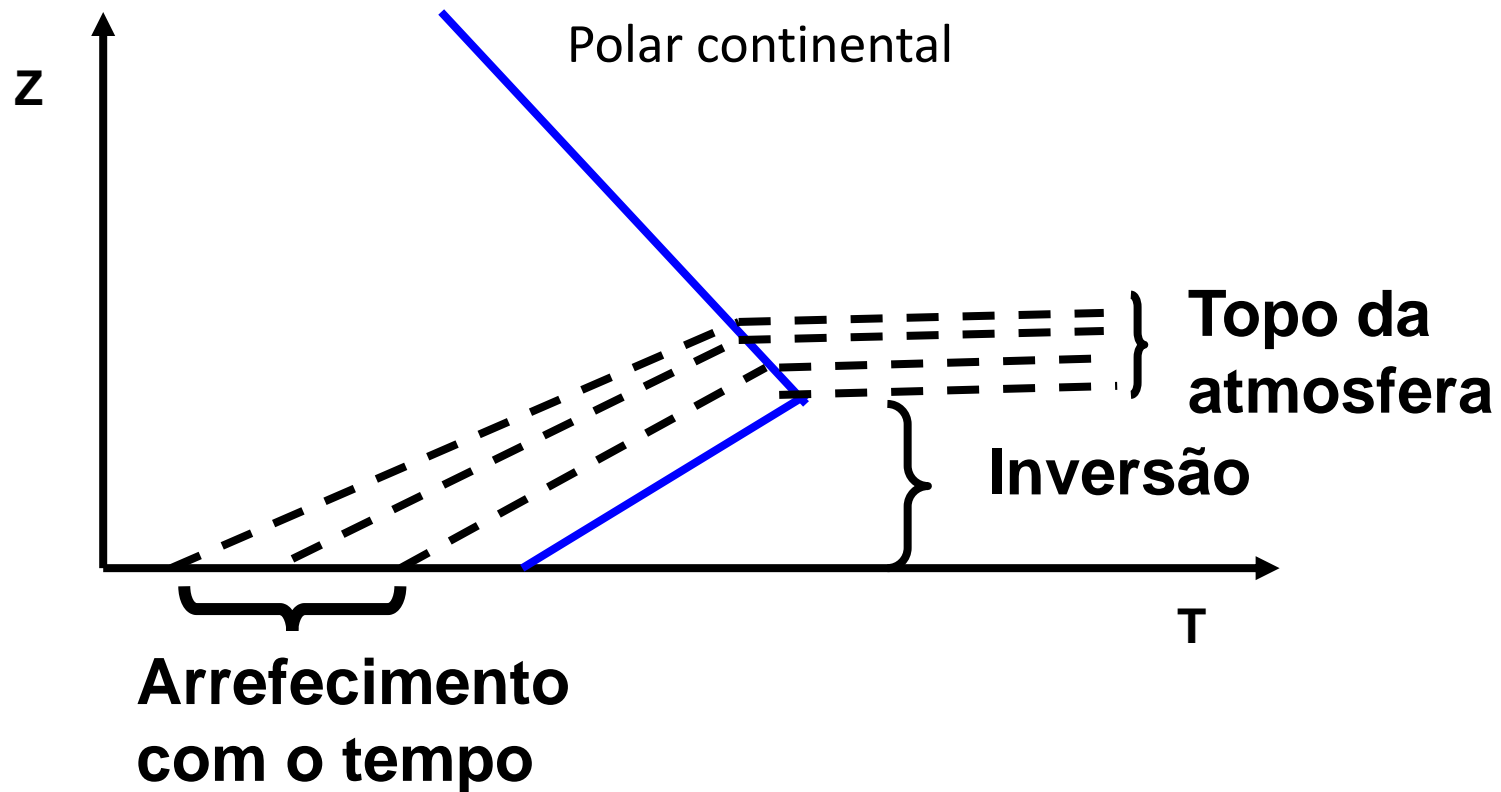


Fig. 3.11- Perfil vertical de temperatura em função do tempo devido ao arrefecimento por baixo

As características gerais de uma massa de ar **polar continental** na sua região de origem são

- **Fria**
- **Seca**
- **Estável**
- **Pouco profunda (de 3 a 4 km de profundidade)**



# Polar continental

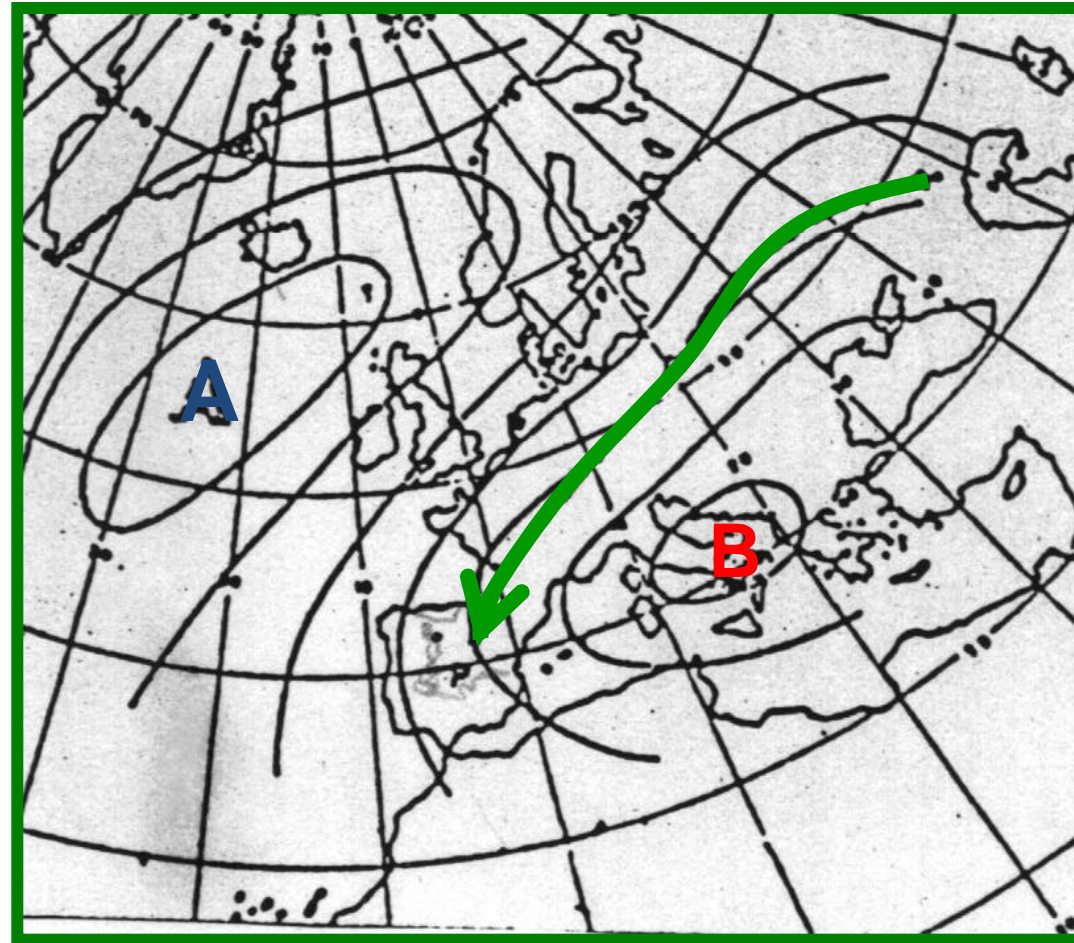
- Quando uma massa de ar é deslocada da sua região de origem, as suas características são modificadas pela superfície subjacente. Considere agora o que acontece quando uma massa de ar **cP se desloca em direcção ao Eq.** Em geral, se a **superfície da Terra é mais quente em latitudes mais baixas, então ocorre aquecimento por baixo.** Isto criará **instabilidade** na camada inferior da massa de ar.
  - Se o aquecimento for muito intenso, como pode ser o caso durante o **Outono, o Verão e a Primavera** ou quando a massa passa sobre regiões constituídas por águas mais quentes, **pode ocorrer convecção.**
- Se **houver introdução de água para o ar,** seja por uma superfície húmida ou por um oceano ou lago descongelado, a **convecção pode visualiza-se através de nuvens cumuliformes** que se desenvolvem, geralmente do **tipo de bom tempo.** Como essa massa de ar é seca e a mistura ocorre à medida que a massa de ar se desloca em direcção ao Equador, a visibilidade tornam-se **excelente e o céu, de azul brilhante.**

## Polar continental

- Em certos casos, **uma grande quantidade de calor e de humidade é fornecida ao ar**. Isto ocorre **sobre as áreas oceânicas na costa Leste de Ásia e da América do N, bem como ao longo da costa da Antárctida, especialmente durante os meses de Inverno.**
  - Nesses casos a **convecção é, com frequência, suficientemente forte para romper a inversão**, o que resulta no desenvolvimento de **cumulo - nimbos**.
  - Quando isto ocorre a massa de ar já foi modificada de tal modo que não se parece com a massa de ar original.
  - A massa de ar que se forma da maneira acima descrita é chamada **polar marítima mP**

## Polar Continental (cP) sobre a PI

- Procede da **Rússia central ou meridional**. Produz-se quando o Anticiclone se desloca para o Norte da Rússia, unem-se pela ponte a outro anticiclone deste país. Às vezes o **fluxo é indirecto como o da Figura seguinte, onde o ar frio desce para o Mar Cáspio e depois é transportado para França e Espanha pela Baixa de pressão do Mediterrâneo**.
- Apresenta-se em Inverno, em princípios da primavera e finais de Outono. A temperatura é 5°C mais alta que a do Arctico, em média.



## Polar Continental (cP) sobre a PI

- O ar penetra pela Galiza e pelo litoral Cantábrico, ultrapassando os sistemas montanhosos e modificando-se devido à ascensão forçada a barlavento e FOEHN a sotavento, chegando seco e relativamente temperado nas regiões do Sudeste. Ao longo do Ebro sopra forte ou do “Cierzo” penetrando pelo funil formado pelos Pirenéus e os Alpes; criando-se uma Baixa pressão secundária "semi-permanente" no Golfo de Génova.
- Esta entrada de massa de ar frio é muito frequente embora a crista do Anticiclone seja pouco persistente, ao passar pela baixa pressão Atlântica é destruída facilmente e passa pelo eixo horizontal sobre a Península. O ar polar frio é instável devido à passagem pelas águas quentes na sua trajectória para o Sul.

# Polar marítima

- Se forma sobre áreas oceânicas em latitudes altas e médias como resultado da transformação da massa polar continental. As **características gerais** desta massa de ar na sua região de origem são
  - Fria
  - Húmida
  - Instável
  - profunda (se estende através da troposfera)
- Quando esta massa atinge a costa oeste de um continente ela começa a perder humidade (H).
  - No caso de América do Norte e Sul e Norte de Europa, o ar é forçado a subir as extensas cadeias de montanhas . A medida que sobe arrefece, ocorre condensação que resulta em precipitação abundante - **Efeito orográfico**

# Polar marítima

- No lado **Este** ou **sotavento** o ar **sofre subsidência** e é aquecido por um processo próximo do **adiabático seco**. Em geral, o ar **chega na base das montanha mais quente e mais seco do que estaria no mesmo nível a barlavento** das montanhas. A **diferencia na T<sup>a</sup> seria aproximadamente equivalente á quantidade de calor liberado pelo vapor de água que se condensa á medida que o ar sobe no lado oeste das encostas**. A Fig. 12 ilustra este caso

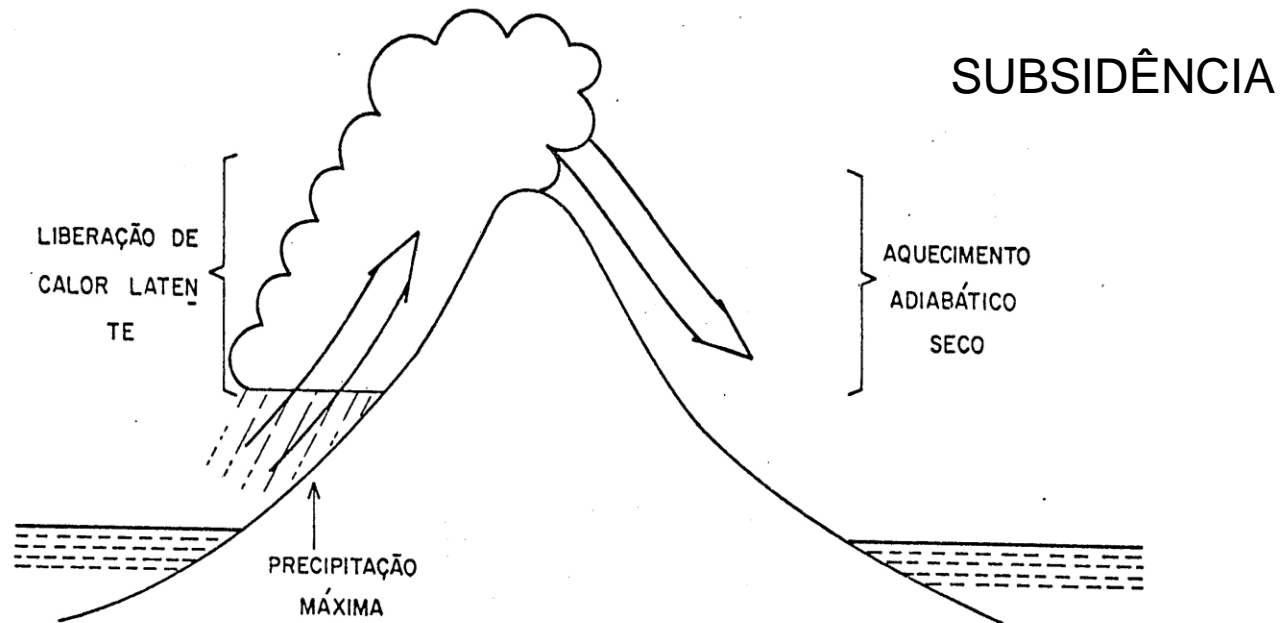
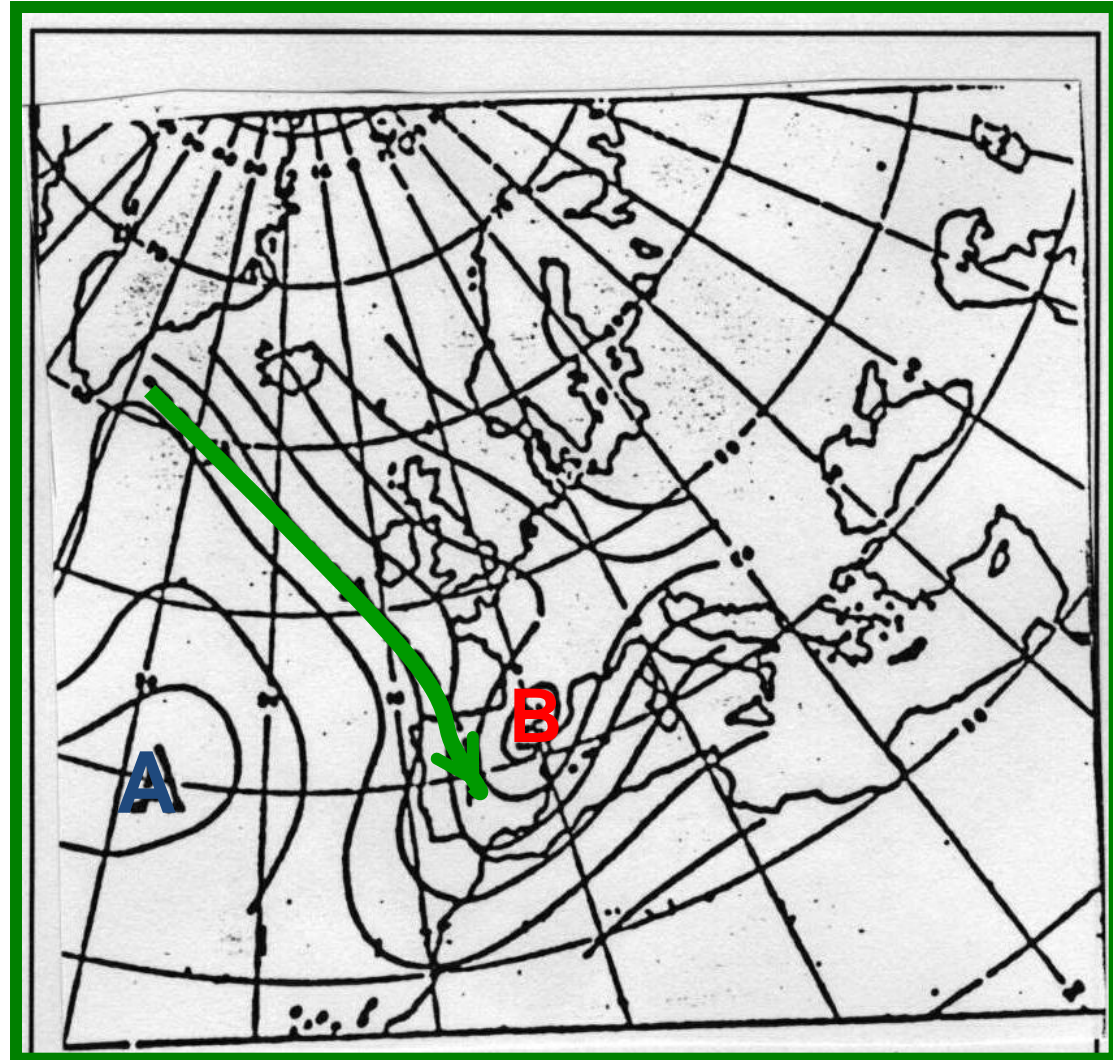


Fig. 3.12 - Diagrama esquemático que ilustra o efeito da topografia com base nas diferenças climáticas

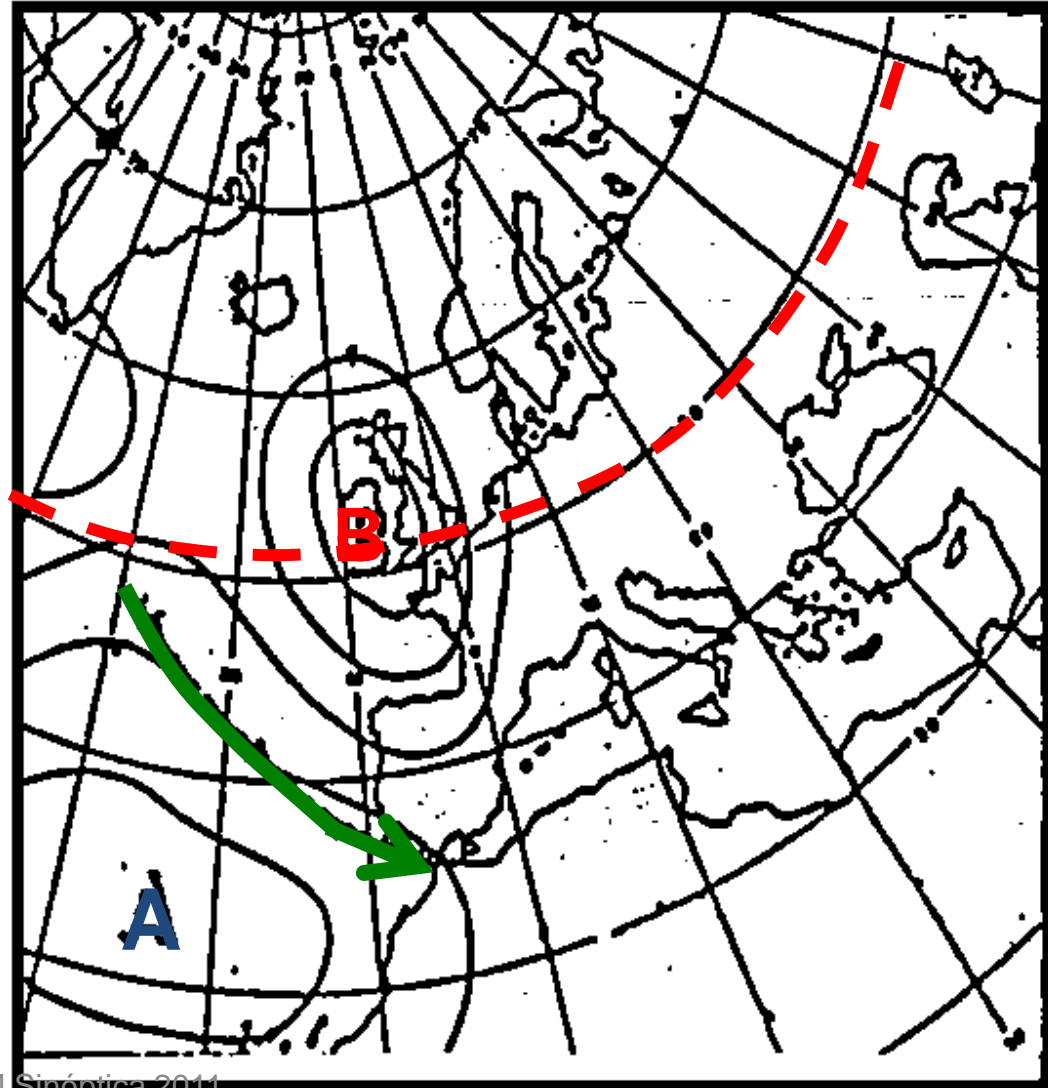
# Polar marítima fria (mPF), sobre a PI

- Procede de Canadá e Norte do Atlântico. É a massa mais frequente na nossa Península e pode apresentar-se em qualquer época do ano.
- O Anticiclone dos Açores estende-se com uma lomba na direcção de Groenlândia e o ar marítimo polar frio avança pelo Atlântico desde o NW, na retaguarda de uma **Depressão** que se desloca para **Este** e na Fig., aparece centrada sobre o Ebro.



# Polar marítima - quente (mPQ)

- **Procede do Atlântico, ao Sul do paralelo 50° Norte.** Pode aparecer em qualquer altura do ano, se bem que durante o verão pode aparecer menos vezes.
- **O Anticiclone dos Açores está deslocado ligeiramente para o sul da sua posição media.**
- A massa de ar vêm com direcção **Noroeste** e chega a Península, passando pelo **Mediterrâneo a través do Estreito de Gibraltar** e canal de Alborán, nesta massa **a instabilidade fica marcada por uma estreita camada.**





# Tropical Marítima

- **Forma-se sobre águas tropicais ou subtropicais.** Uma vez que o calor e humidade são fornecidos por baixo, esta massa de ar é caracterizada por convecção. Na sua região de origem ela é:
  - Quente
  - Húmida
  - instável
  - Profunda
- É, geralmente, condicionalmente instável, isto é, a partir do levantamento do ar este se torna instável convectivamente e nuvens cúmulos crescem rapidamente
- Se consideramos uma situação de Inverno quando os continentes, em latitudes médias e altas, são bastantes frios. À medida que a massa de ar mT avança na direcção ao pólo sobre continentes mais frios ocorre arrefecimento por baixo que resulta estabilização, eventualmente, formação de nevoeiros com baixa visibilidade. Quando a massa de mT se move sobre água mais fria, nevoeiros muito densos se desenvolvem. A Inglaterra é famosa pela atmosfera e enevoadada, devido a este mecanismo dos nevoeiros

# Tropical Marítima

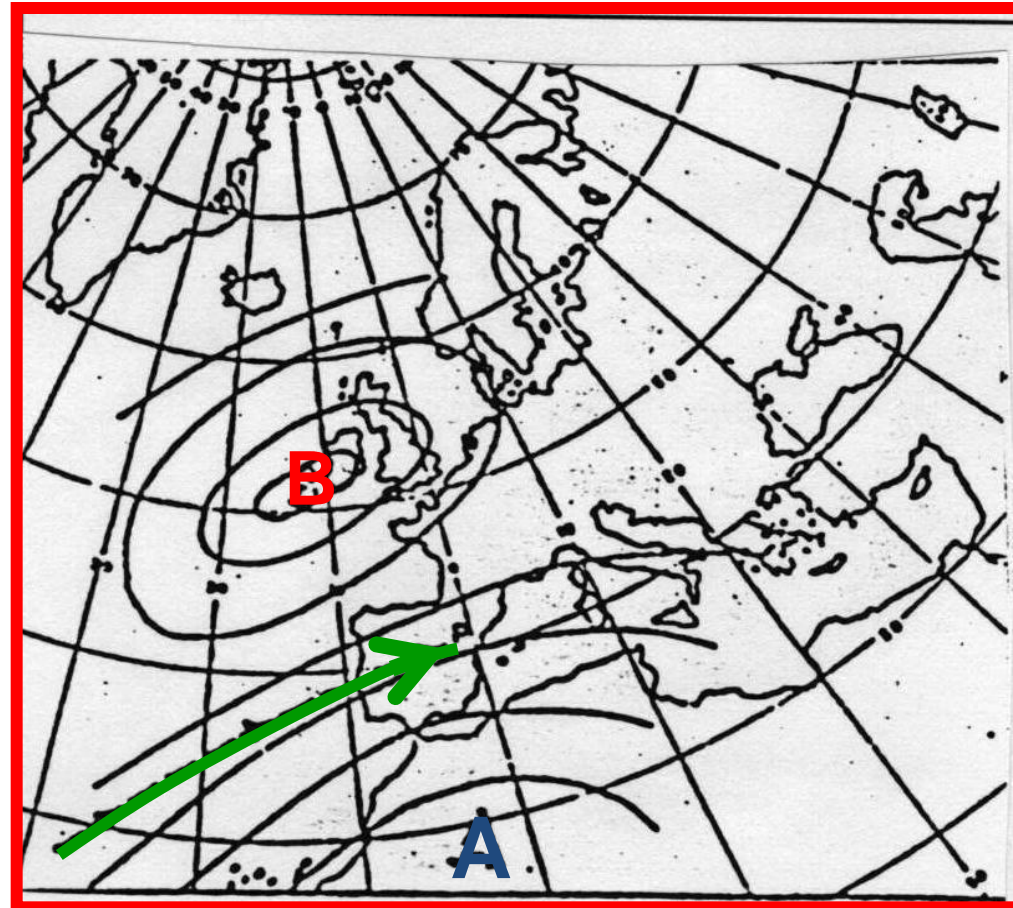
## Durante o verão

1. As situações nocturnas devem ser consideradas separadamente. A noite, a massa de ar é arrefecida por baixo e a formação de nevoeiros é comum. Em geral, os nevoeiros de verão tendem a ser menos persistentes e mais raros que os nevoeiros de inverno.
2. Durante o dia,
  - Ocorre forte aquecimento que rapidamente dispa qualquer nevoeiro presente e serve para aumentar a instabilidade e dessa massa de ar instável. Isto resulta numerosas tempestades. O tempo no verão na Amazónia, é bastante influenciada por este tipo de actividades. È a mT que, em virtude do seu alto conteúdo em humidade , provoca sensação de desconforto e o céu com aparência esbranquiçada – Névoa húmida

# Tropical Marítima

Sobre a PI

- **Procede dos Açores, apresenta –se frequentemente durante o Inverno, a Primavera e raramente no resto do ano. o A. dos Açores é deslocado por ar polar e situa-se sobre a **ilha de Madeira ou África Ocidental.** Sobre as ilhas Británicas situa-se quase sempre uma Baixa pressão, a massa de ar entra na Península pela costa Portuguesa e o Golfo de Cádiz e é muito húmida e quente.**



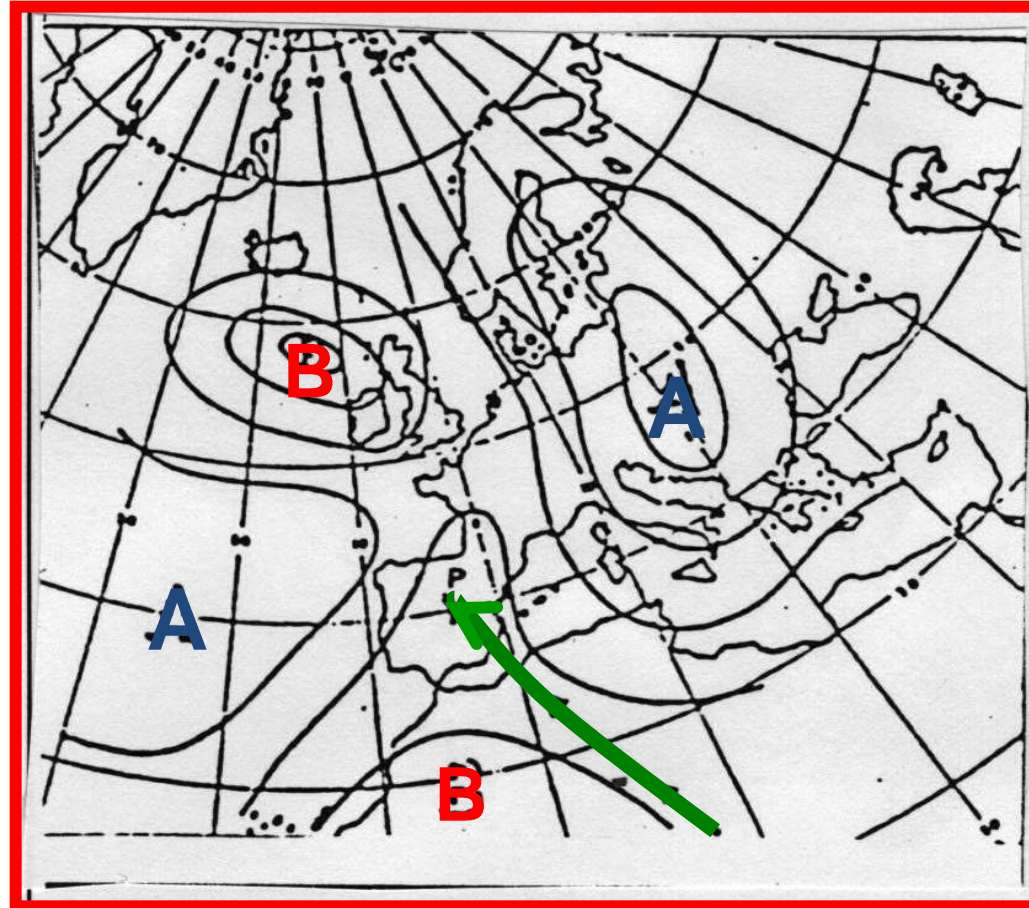
# Tropical continental

- Forma-se em **regiões desérticas**. As suas características são
  - Quente
  - Seca
  - Instável
  - Profunda
- É **frequentemente encontrada no Sahara**, nas região Oeste dos Estados Unidos e em algum grau, embora em forma modificada no interior do Brasil, Bolívia Paraguai durante o fim do Inverno, antes do início da estação seca

# Tropical continental

## Sobre a PI

- **Procede do Norte de África .  
Apresenta-se na Primavera, Verão e Outono.**
- A massa pode ser extremamente quente e no verão produz as ondas quentes do Sahara, dura 4 ou 5 dias e raramente semanas .
- **Uma área de A. aparece sobre Europa e sobre o Mediterrâneo e uma B sobre o Norte de África.**
  - Esta última traz o ar tropical para a Península a través do Sudeste de Andaluzia, estendendo-se para o Norte e afectando todo o país, atingindo por vezes as ilhas Britânicas e Escandinávia. .



# Massa de ar Ártica

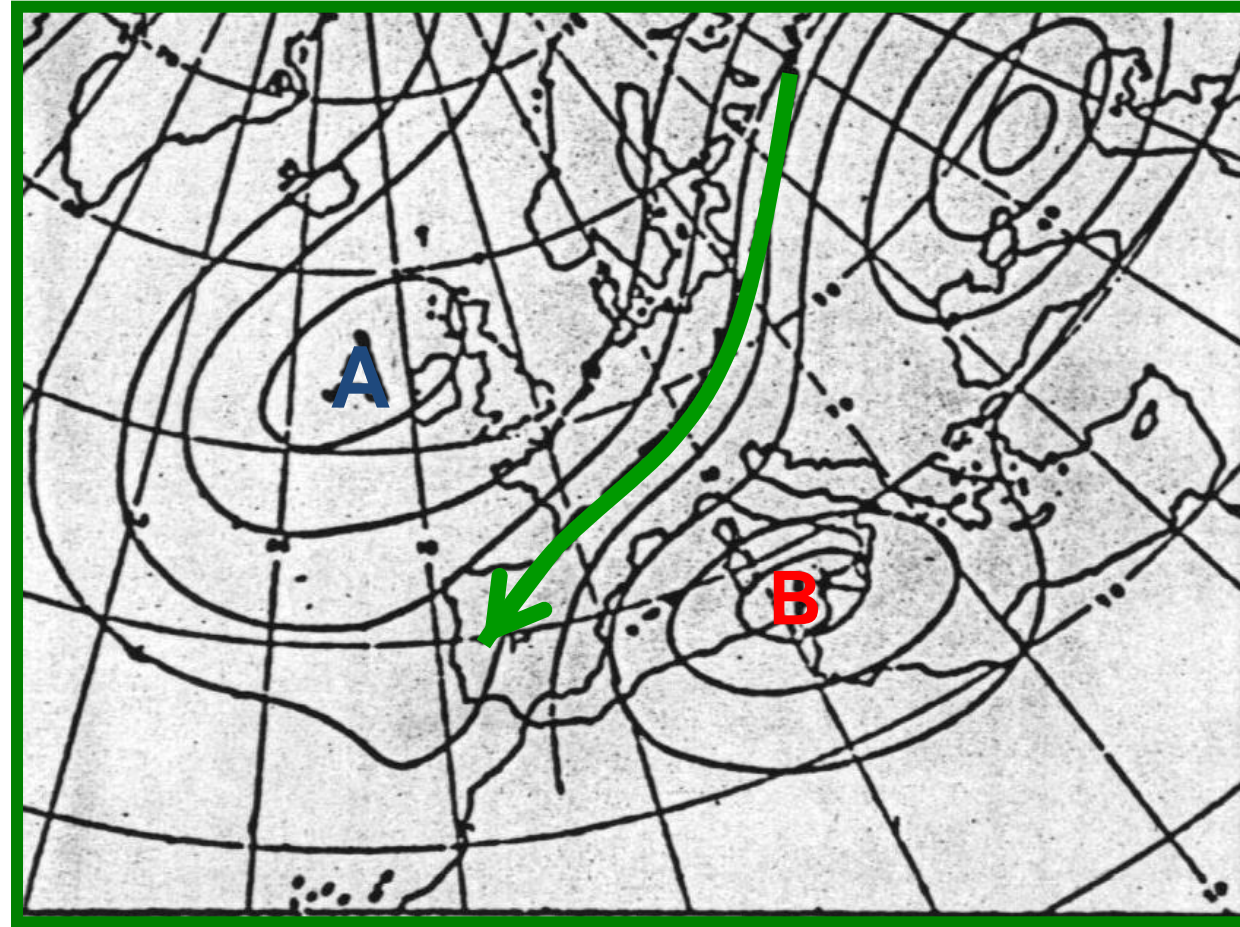
- Forma-se sobre as regiões geladas do oceano **Ártico e do norte da Sibéria**.
- Durante a **“noite de inverno”**
  - **Sobre o oceano**, o ar **pode receber algum calor dos oceanos, por condução através do gelo** (com uma espessura média de **2 a 3m**), ou através de alguma **fissura ou ruptura nos gelos**, por isso a  $T^a$  do ártico raramente desce abaixo de  $45^{\circ}\text{C}$  no inverno.
  - **Sobre os continentes**, o fluxo vertical de calor é muito menor e, por isso, as temperaturas podem descer até  $-70^{\circ}\text{C}$  (caso de Sibéria).
- No **verão, parte do gelo funde-se, e a  $T^a$  á superfície devido a coexistência das duas fases, é aproximadamente  $0^{\circ}\text{C}$ . No verão é muito difícil distinguir o ar ártico do ar Polar e pode dizer-se que aquele quase desaparece**

# Ar continental Ártico (cA)

- Procedente do **Norte da Rússia**. caracterizada pelo Anticiclone em que o eixo apresenta um declive de **45° e alongado com dois centros** : um nas proximidades das ilhas Britânicas e outro ao Norte da Rússia.
- Constitui a massa de ar mais fria que pode chegar às nossas latitudes, **aparece 3 a 4 vezes durante o Inverno**. A massa de ar no **manancial Siberiano, inicia o deslocamento** para o sul com T<sup>as</sup> extremamente baixas e, empurrada por uma longa e intensa corrente do Nordeste, cruza toda Europa e **atinge a barreira dos Pirenéus**, onde é detida, vendo-se, em geral, obrigada a **desviar-se para as Vascongadas**, desde onde interrompe na Península, estendendo-se para o **Sul e até África**. Pela parte oriental decorrem Baixas barométricas que se mexem para o Mediterrâneo subministrando a humidade necessária para produzir fortes nevões.

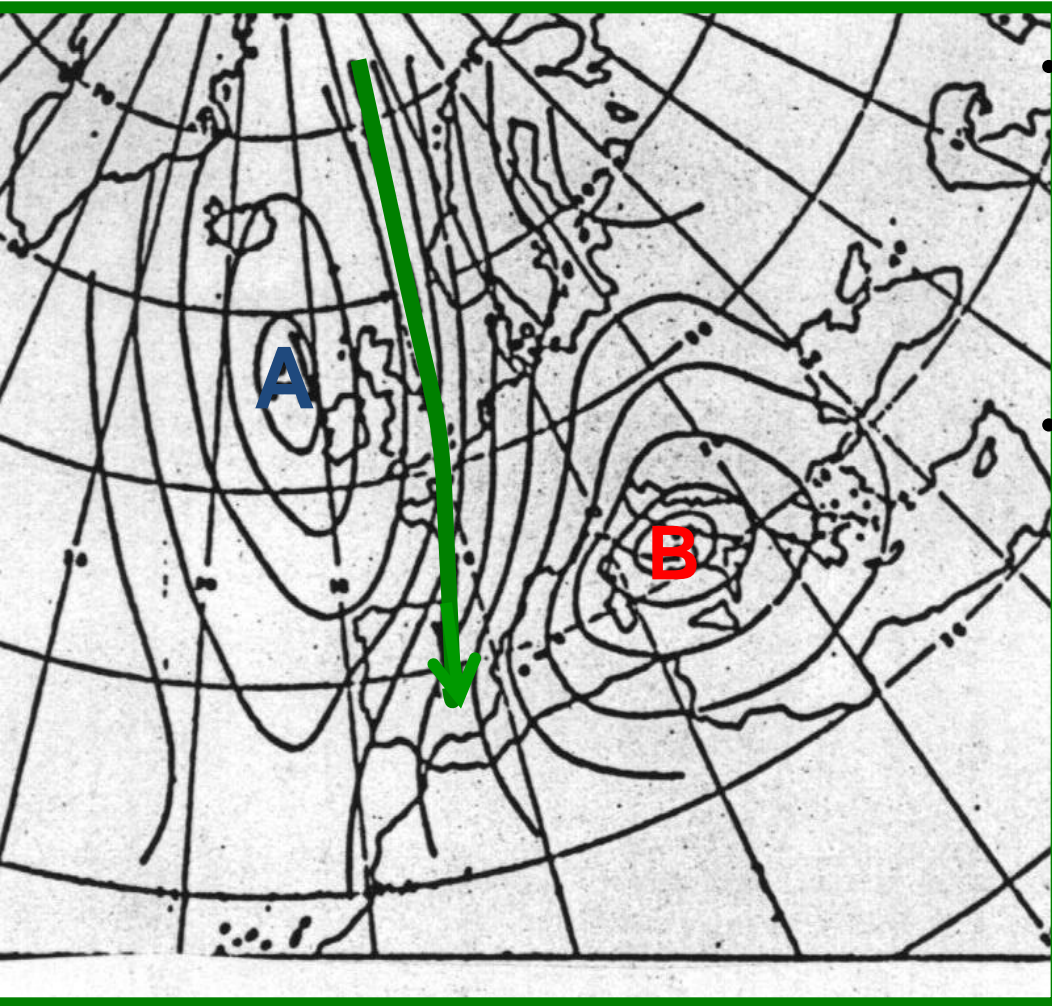
# Continental Ártico. a linha de traços indica o trajecto até P

- Se a Depressão está mais alongada para Este, está o céu limpo.
- Quando vai para o Sul, a massa fria vai aquecendo tanto por efeito de subsidência como pelo contacto com o solo mais quente e vai adquirindo mais humidade.





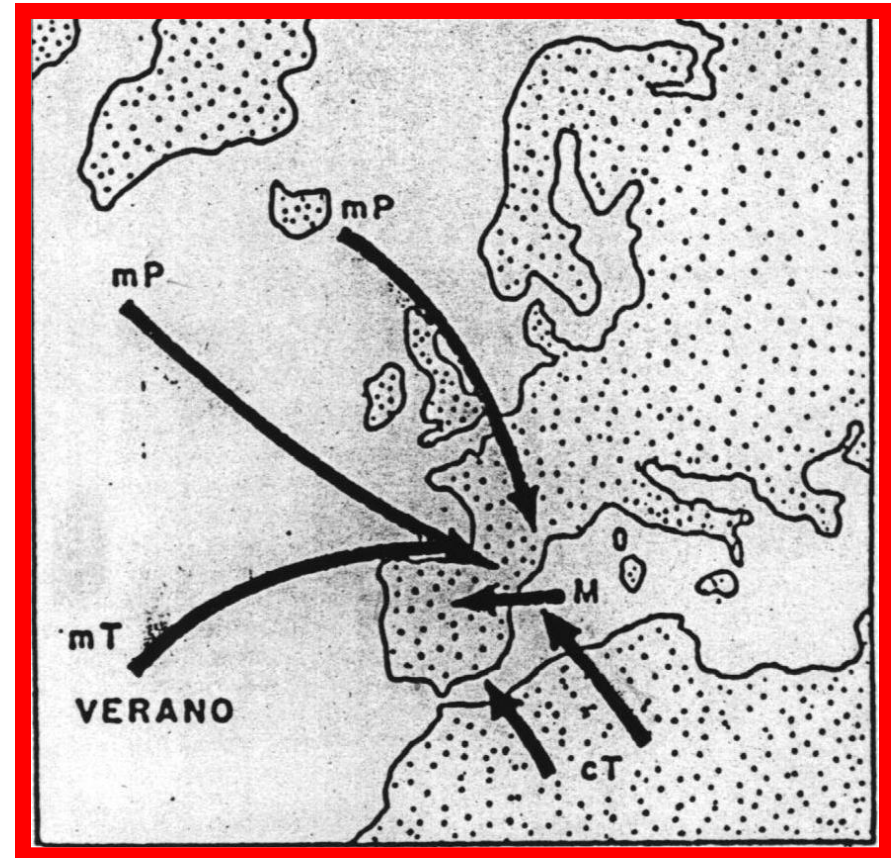
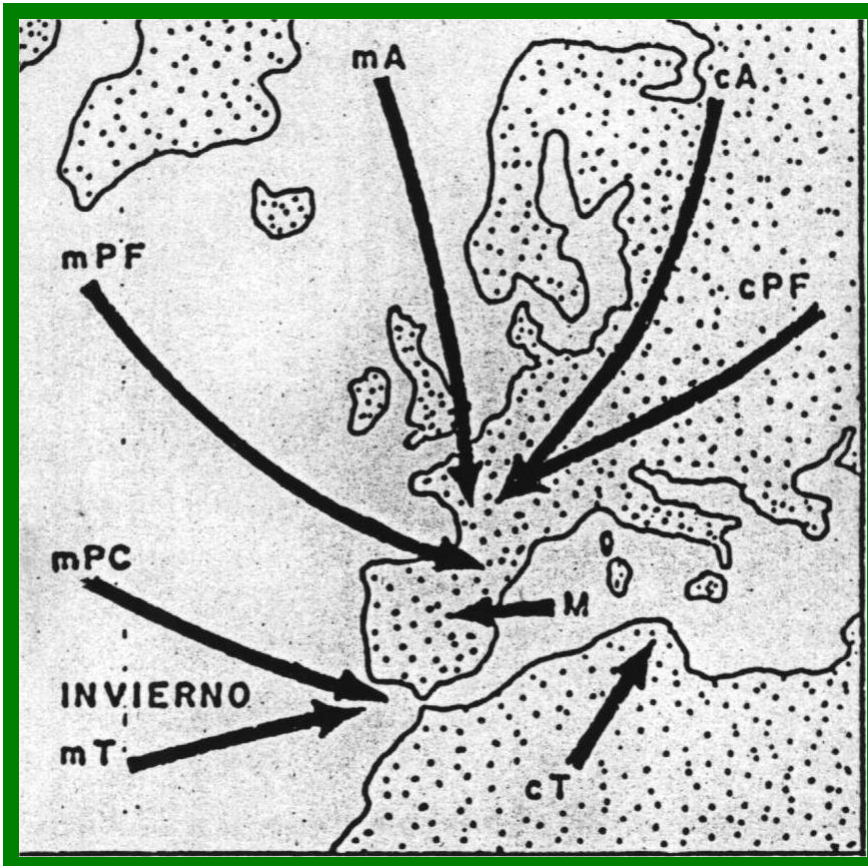
# Marítima Ártico (mA).



• **Procede de Groenlândia e Spitzberg, apresenta-se de dois a três vezes por ano, principalmente em Fevereiro, com um **Anticiclone centrado nas I. Britânicas e alongado para Groenlândia.****

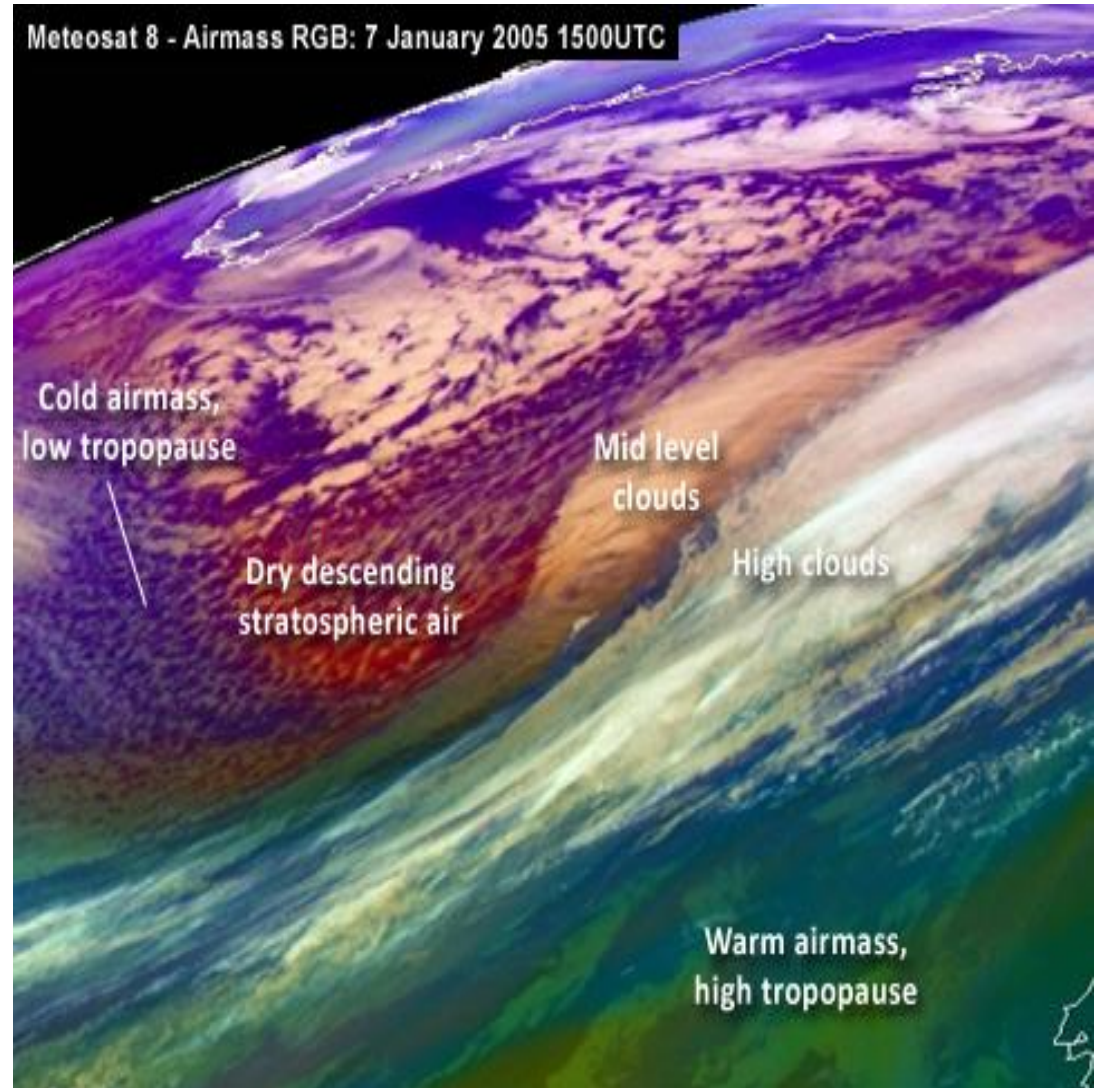
• **O ar frio mexe-se para o Sul, atravessando o Mar do Norte, entra na Península, com ventos do Noroeste, que rapidamente tendem para Norte. As pequenas baixas quando estão próximas proporcionam a humidade suficiente para produzir nevões. Estas massas são menos frias que as Árticas e podem chegar até as Canárias**

As principais massas de ar que chegam à Península Ibérica no inverno e no verão estão representadas na Fig.



# Airmass is an RGB composite

- Airmass is an RGB composite based upon data from infrared and water vapour channels from **Meteosat Second Generation**. It is designed and tuned to monitor the evolution of cyclones, in particular rapid cyclogenesis, jet streaks and PV (potential vorticity) anomalies (appear reddish in the image).
- Due to the incorporation of the water vapour and ozone channels, its usage at high satellite viewing angles is limited. The Airmass RGB is composed from data from a combination of the **SEVIRI WV6.2, WV7.3, IR9.7 and IR10.8** channels and can thus be used day and night.



## The Air Mass Analysis product of the **SAFNWC** aims

The Air Mass Analysis product of the **SAFNWC** aims to support the nowcasting applications through providing several products describing air mass characteristics. These characteristics are determined by the surface temperature, the moisture content of the airmass and the stability of the airmass derived from **SAI (Stability Analysis Index)**. The criteria then allow a discrimination of **about 16 different airmasses** Because of the use of the surface temperature the AMA can only be calculated for cloudfree areas. Validation has been performed only in the European Area.

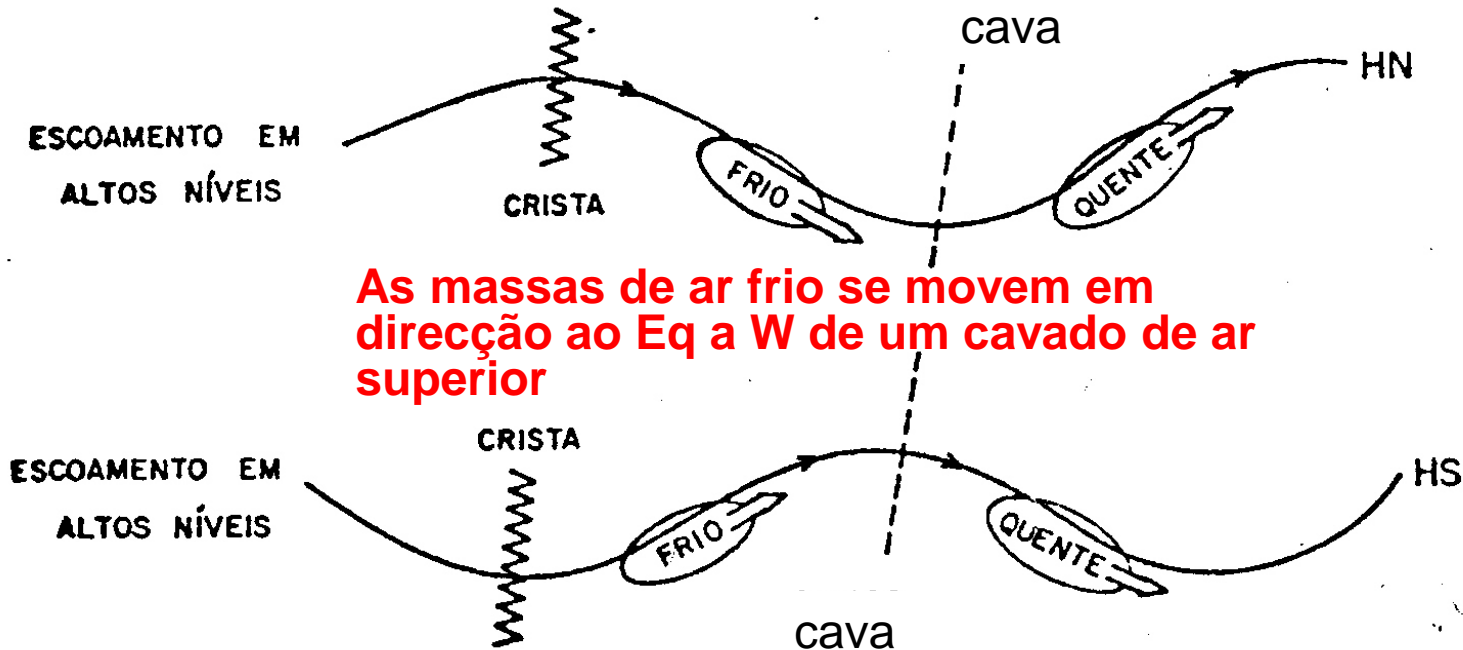


# Frentes

# Características

As massas de ar deixam as suas regiões de origem em resposta às configurações do escoamento em níveis altos e baixos.

Exemplo da Figura :



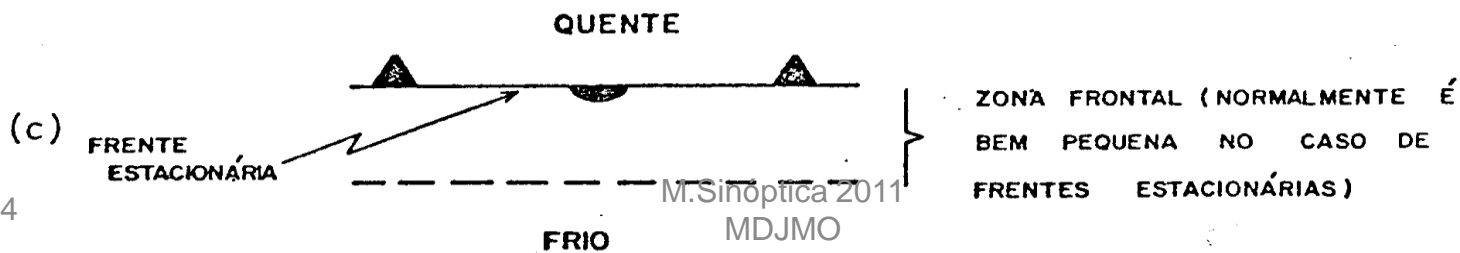
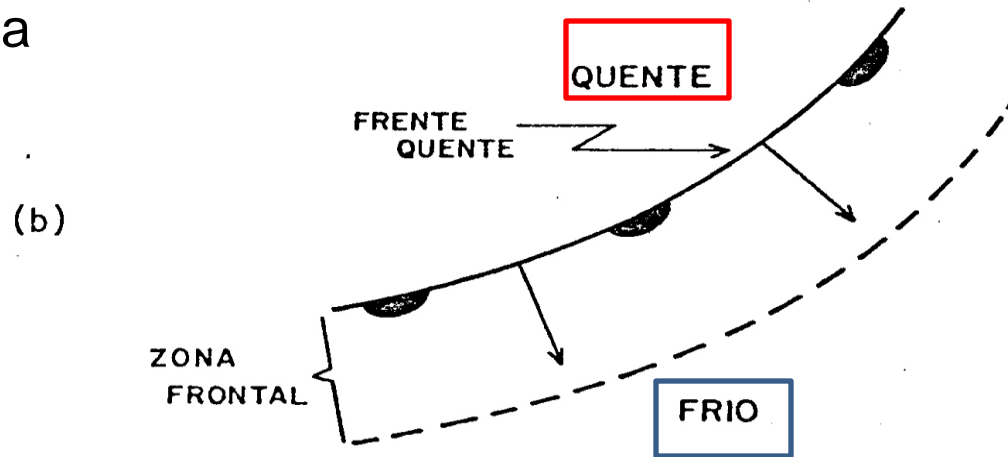
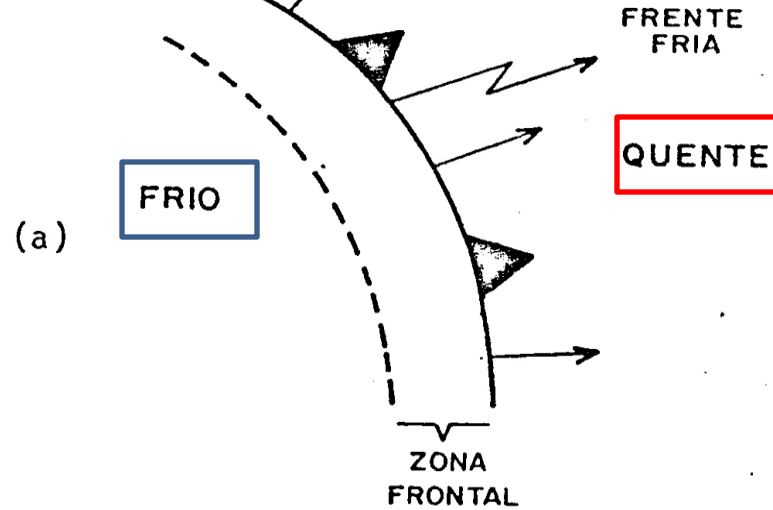
- Fig. 3.13 – Esquema que ilustra o deslocamento de massa de ar em resposta a configuração do escoamento em altos níveis

# Características

- As massas de ar frio movem-se em direcção ao Eq., a W de uma cavade ar superior
- Quando 2 massas de ar de diferentes regiões de origem, e portanto com diferentes características , se aproximam, **se desenvolve uma zona de transição**. Em alguns casos nomeia-se como **Zona frontal**, é bastante abrupta, enquanto em outras é bastante gradual.
- Quando o **ar frio esta avançando e substituído pelo ar quente**, a borda anterior da zona frontal é marcada por uma **frente fria** Fig 3.14 a
- Na borda posterior de **uma zona frontal quando o ar quente está avançando e substituindo o ar frio** designa-se por **frente quente** Fig. 3.14b
- Quando nenhuma das massas de ar esta avançando, a frente é chamada frente **estacionaria** Fig 3.14c
- Um ciclone extra tropical apresenta uma configuração conforme ilustra a Fig 3.15

# Características

- Fig 3.14 – Esquema (a) frente fria, (b) frente quente e (c) frente estacionaria

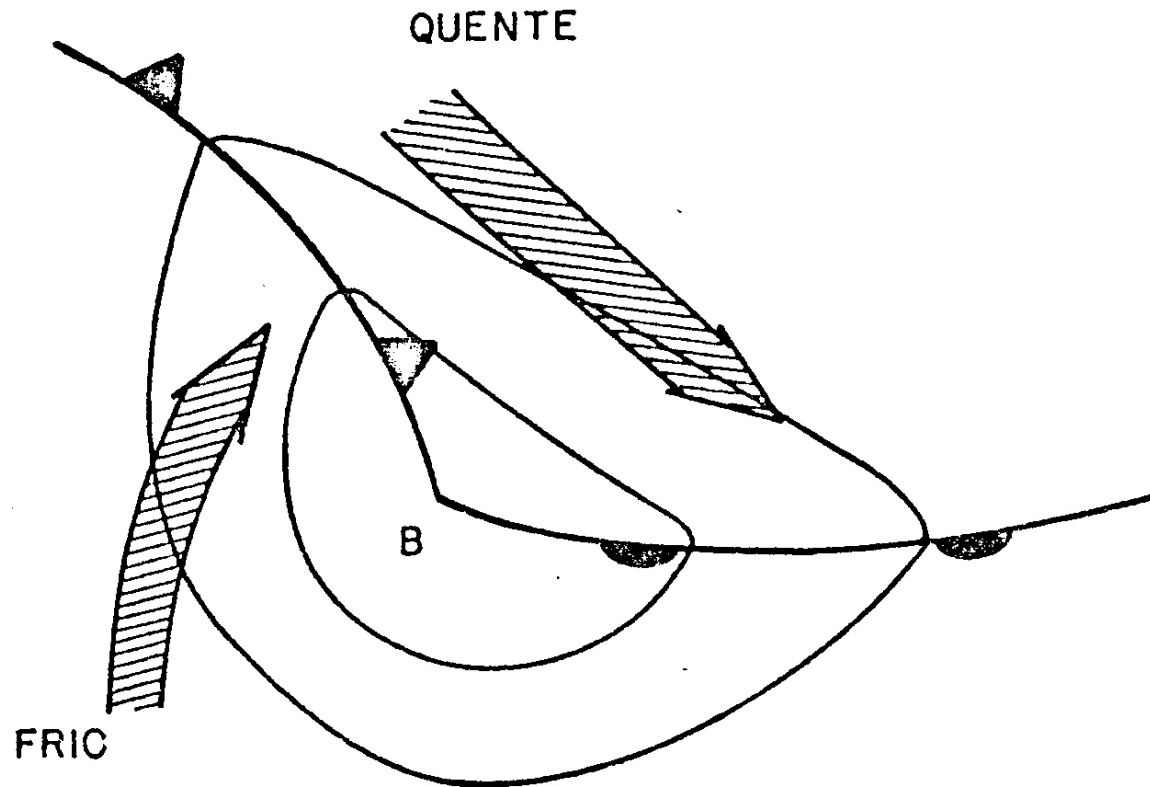


Dados de superfície, tais como o do Vento, Pressão, tendência de pressão, tempo e temperatura são úteis para localizar frentes numa carta de superfície.



# Características

- Estes parâmetros são os **melhores indicadores de frentes** durante a **tarde e nas primeiras horas da noite**, ou seja, quando o aquecimento da Terra pelo sol “misturou” quaisquer das inversões radiativas existentes.
- Durante as **últimas horas da noite e primeiras horas da manhã**, em algumas estações (possivelmente em virtude da topografia), os **ventos podem ser calmos** e, portanto, as **T<sup>a</sup>s são mais baixas**. Este efeito, pode distorcer e modificar o campo de T<sup>a</sup> a superfície, dificultando a detecção de frentes fracas. **Neste caso, a eq. de espessura se torna útil.**
  - **Uma vez que a espessura é dependente da T média da camada., e se se escolher uma camada suficientemente espessa, as variações à superfície, tais como descritas acima, não distorcerão o valor  $\bar{T}$ , de modo apreciável. Assim sendo, a análise de espessura às 1200 Z é muito útil na análise de frentes áa superfície**



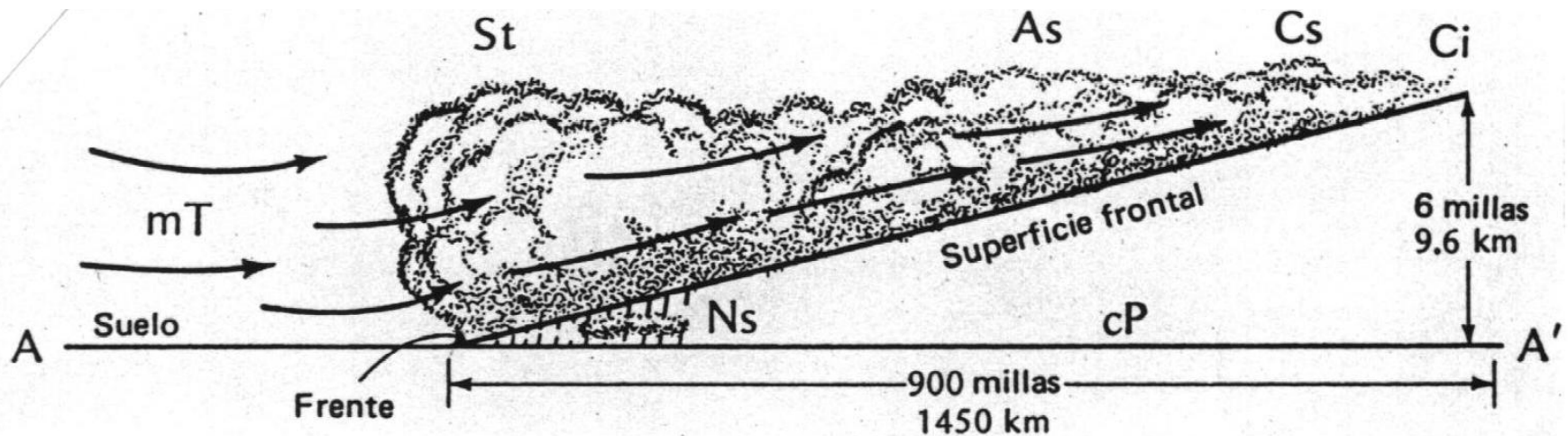
- **Fig. 3.15 – Configuração á superfície de um ciclone extra tropical com as frentes frias e quente associadas (HS)**

## **SUPERFÍCIE FRONTAL QUENTE.**

- Definido **como uma frente ao longo do qual o ar quente substitui a o ar frio**. Se temos uma massa de ar frio e uma massa de ar quente, adjacentes, estarão separadas por uma frente. Se a direcção de deslocamento é da forma que o **ar quente vai avançando progressivamente , sobre a superfície do solo que anteriormente estava coberta por frio**, a frente será quente. Esta se indica sobre o mapa, com **pequenos semicírculos vermelhos** . A seguir ao passo da frente quente, prevalecerão as condições do tempo típicas de uma massa de ar tropical.
- Vejamos que acontece se damos um corte vertical. Na Fig. Temos uma secção vertical, de Oeste para Este, através da frente quente, conforme a linha AA'. nesta secção vertical, a frente quente fica talvez melhor definindo-se ou consideramos como a borda da cunha de ar frio que vai deslocando-se .
- O ar frio polar forma um declive, escapando-se da frente quente, e vem limitada, superiormente pela superfície inclinada em que o declive é sempre ascendente e dirigida na direcção do movimento da frente; neste caso de Oeste para Este. Em consequência, o ar quente sobe, ao longo da superfície frontal, formando uma camada contínua na frente quente; quando o ar ascendente arrefece até à temperatura do ponto do orvalho, origina-se uma camada de nuvens extensa no ar quente que cobre a superfície frontal até a distancia de 1600 km( 1000 milhas) a frente e junto ao solo, e em toda o seu comprimento.

## SUPERFÍCIE FRONTAL QUENTE.

Ao passo da **frente quente**, junto ao solo, (por cima do observador), as densas nuvens estratiformes e as precipitações vão deslocar-se, para dar lugar (dentro da massa quente), a céus Limpos ou quase limpos.



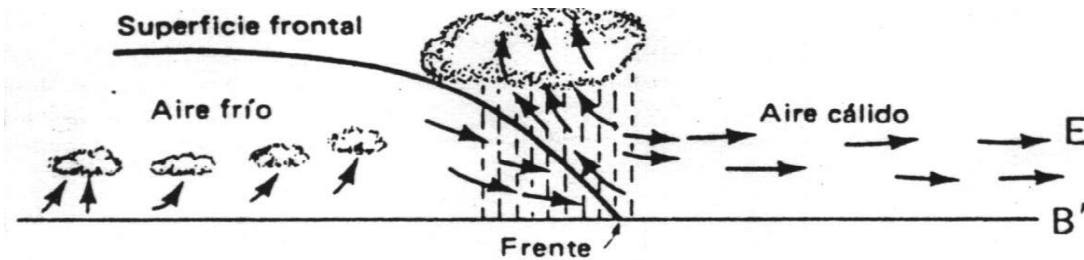
Secção vertical de uma frente quente, mostra a típica camada de nuvens que se vão formando no ar quente ascendente,

## SUPERFÍCIE FRONTAL FRIA.

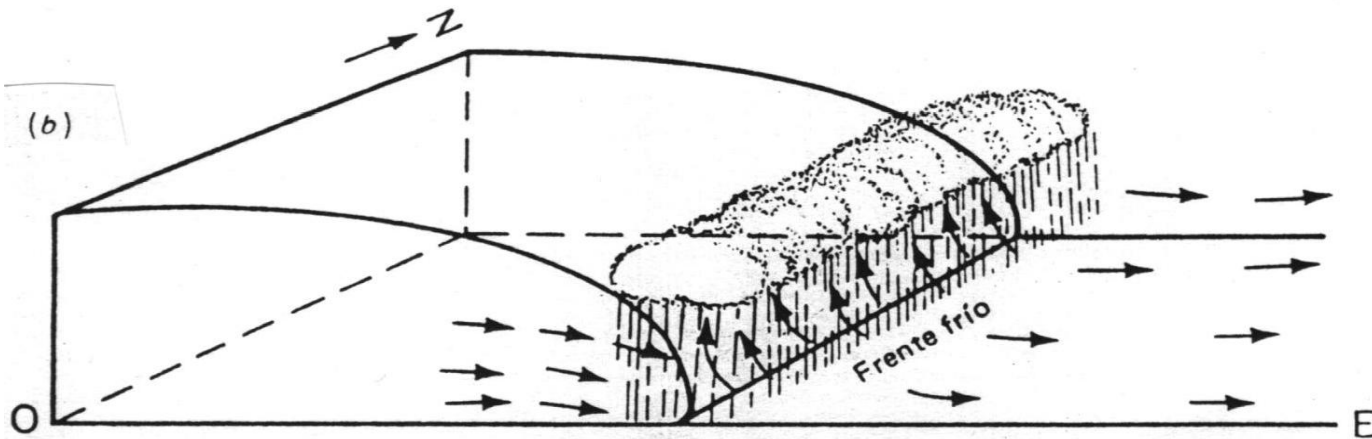
- São frentes ao longo das quais **o ar frio substitui ao ar quente**. as pequenas **cunhas azuis são os símbolos usuais no mapa do tempo**.. Neste caso a superfície frontal apresenta um declive para abaixo na direcção do movimento, ao longo da linha BB` ; portanto a frente fria, junto ao solo, é a borda de frente da referida cunha de ar frio.
- **Na maioria dos casos, o ar frio avança mais depressa que o quente**; em Consequência; o ar quente que precede a frente se vê obrigado a realizar uma violenta ascensão forçada, ao longo da superfície frontal fria; esta rápida ascensão do ar quente determina o seu rápido arrefecimento, em toda a coluna de ar , dando lugar a formação de nuvens, tipo cúmulos e cumulo nimbos, geralmente acompanhados de precipitações em forma de chuva.
- Dependendo do declive da superfície frontal, assim como das condições térmicas do ar quente, as nuvens que se originam as chuvas que se produzem, chegam a ter carácter tempestoso, com condições de turbulência extrema no ar, ao, longo de toda frente

## SUPERFÍCIE FRONTAL FRIA.

A precipitação normalmente é muito intensa, e de pouca extensão já que só cobre uma zona estreita, na proximidade da frente fria . Quando as superfícies frontais apresentam declives moderados, a extensão da nebulosidade e da precipitação é maior, mas, a intensidade de qualquer precipitação é menos importante.



(a) Secção vertical de uma frente fria mostrando as características típicas do tempo.



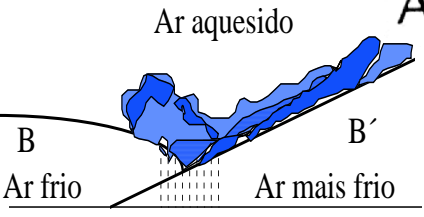
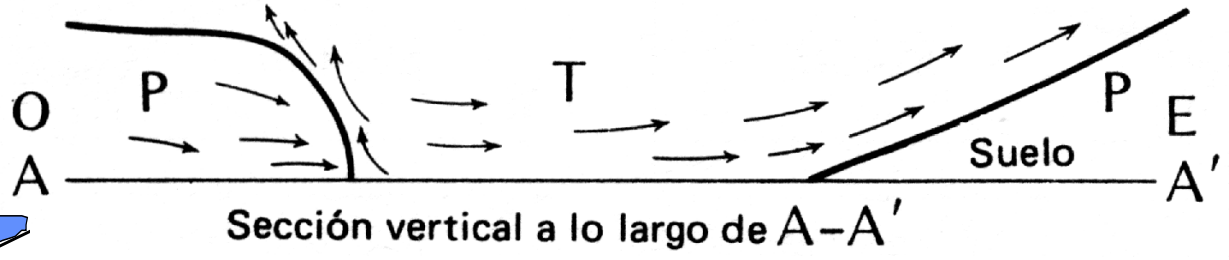
(b) Vista tridimensional de uma frente fria , com nuvens de frente fria e os aguaceiros

## FRENTES ESTACIONARIOS

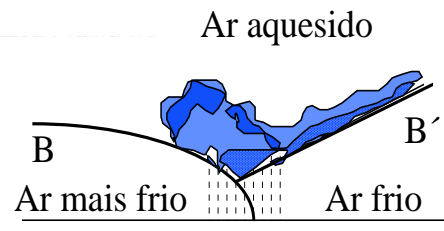
- como consequência da sua maior velocidade, a **frente fria que avança pode atingir a frente quente, que vai adiante, dando lugar a que se produza a frente oclusa**, que se representa , como uma linha contínua da cor roxo.
- O ar quente não vai desaparecer, o que acontece é que dito ar foi empurrado para acima, após do encontro das superfícies frias e quente, portanto não existirão junto ao solo.
- O tipo de oclusão que resulta, depende de qual das massas de ar polar é mais fria. Em ambos casos, a medida que se aproxima a frente oclusa, o sistema de nuvens e a precipitação são similares as que acontecem com uma frente quente, já que a borda afiada da cunha não se altera antes da frente; quando a frente tenha passado, tanto as nuvens como a precipitação são as de uma frente fria.



Esquema vertical da uma frente fria e outra quente

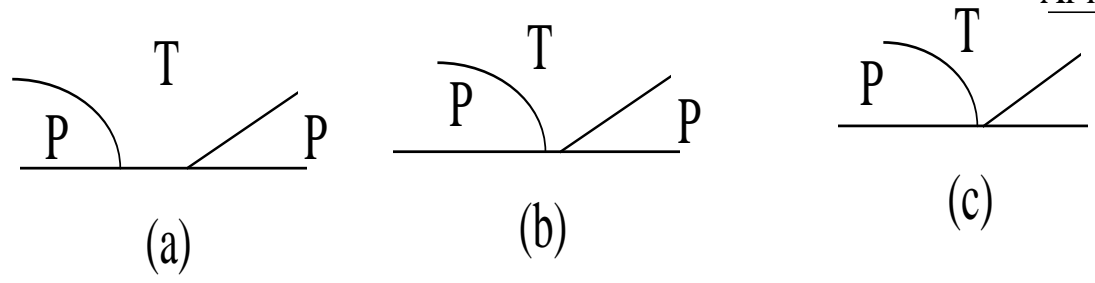


(a)



(b)

Mostram as etapas sucessivas através das que uma frente fria atinge e ultrapassa a frente quente para dar lugar a uma oclusão tipo frente frio (d) e tipo quente (e)



(a)

(b)

(c)



(d)

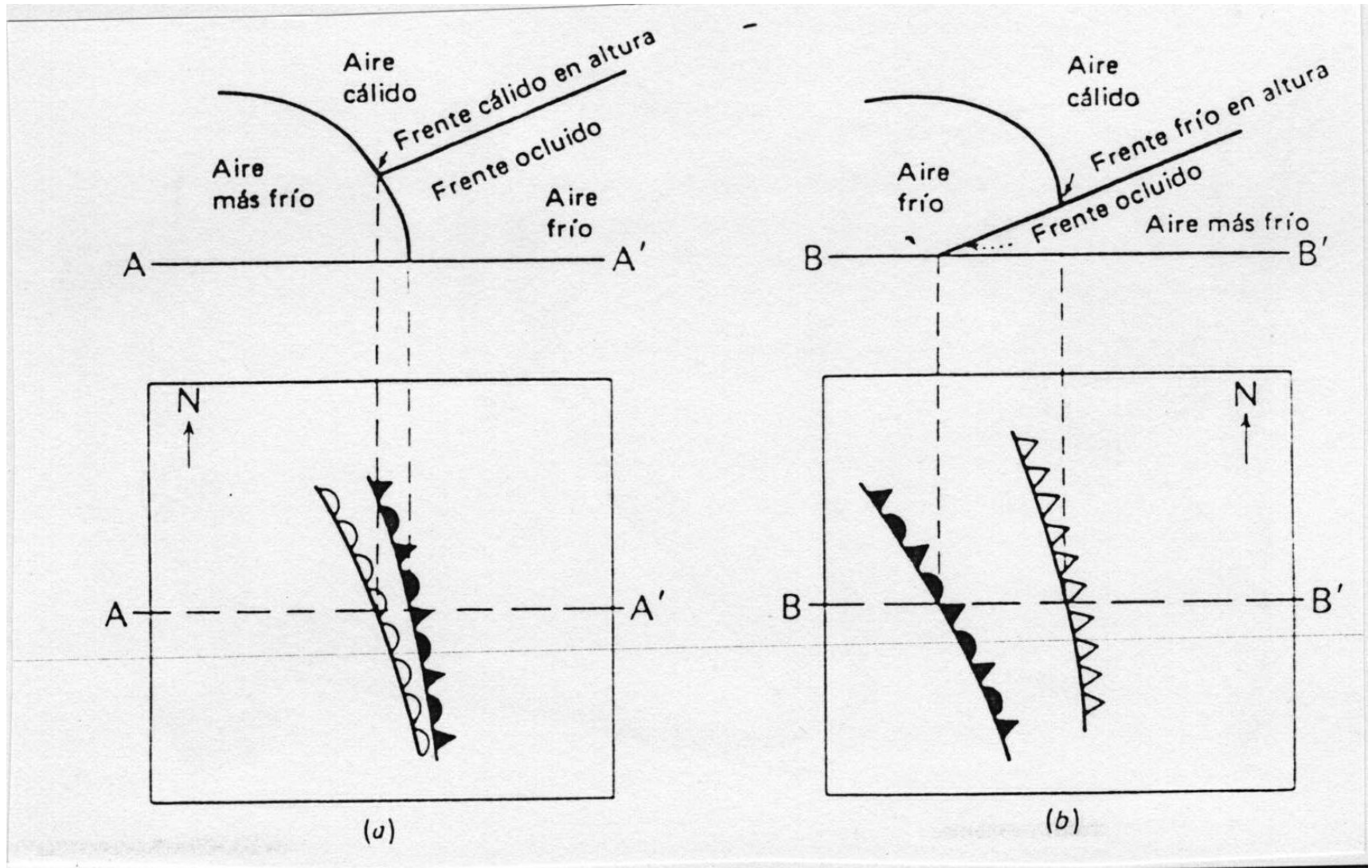
(e)



## FRENTE EM ALTURA

- No processo de oclusão, uma frente fria atinge e sobre passa uma quente; conforme sejam as temperaturas relativas das duas massas de ar frio envolvidas no processo, uma das frentes se vê forçada a subir sobre a superfície da outra; a frente que permanece junto ao solo é o que denominamos oclusa, no entanto a que se vê obrigada a ascender é a frente em altura.
- Na oclusão tipo frente quente, a frente fria ascende pela superfície frontal quente e, na realidade, se converte numa superfície fria superior ou em altura. Na oclusão tipo frente fria, é o ar quente o que se vê forçado a subir sobre a frente fria, dando lugar a uma frente quente superior.

# FRENTE EM ALTURA



(a) Esquema e secção vertical de uma oclusão de tipo frente frio, mostrando a frente quente em altura.

(b) Esquema e secção vertical de uma oclusão de tipo frente quente, mostrando a frente frio em altura.

## Como identificar uma superfície frontal?

- Ao se construir uma carta de espessura escolhe-se **500 hPa como  $p_2$**  e um nível próximo a **superfície(1000 hPa) como  $p_1$** . Da análise dos contornos de altura na carta de 500 hPa se tem o campo  $z_2$ . Deseja-se agora converter a análise de superfície (pressão analisada em  $z=0$ ) para Z analisando  $p=1000$  hPa. É exigido também que o intervalos dos contornos na carta de 1000 hPa seja idêntico ao **intervalo dos contornos de 500 hPa, isto é 60 m**

# Como identificar uma superfície frontal?

L  
e  
m  
b  
r  
a  
  
q  
u  
e

Da análise de **superfície** se tem

$$\left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_z, \left. \frac{\partial p}{\partial y} \right|_z \quad \text{ou} \quad \nabla_h p$$

A conversão  $\left( \frac{\partial z}{\partial x} \right)_p, \left( \frac{\partial z}{\partial y} \right)_p$  É feita através da expressão

$$dp = \left. \frac{\partial p}{\partial t} \right|_{x,y,z} dt + \left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_{y,z,t} dx + \left. \frac{\partial p}{\partial y} \right|_{x,z,t} dy + \left. \frac{\partial p}{\partial z} \right|_{x,y,t} dz$$

Onde **dp** representa uma **variação infinitesimal** de pressão. Agora, **se restringe o processo a p,y,t constante**

Se tem:

$$0 = \left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_{y,z,t} dx \Big|_{y,t,p} + \left. \frac{\partial p}{\partial y} \right|_{x,y,t} dz \Big|_{y,t,p}$$

# Como identificar uma superfície frontal?

Uma vez que **y** e **t** são mantidos **constantes** em cada termo, esses sub-índices podem ser eliminados, o que conduz a

$$0 = \left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_z dx|_p + \left. \frac{\partial p}{\partial z} \right|_x dz|_p$$

Resolvendo para  $\left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_z$   temos  $\left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_z = - \left. \frac{\partial p}{\partial z} \right|_x \left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_p$

Usando a eq. **Hidrostática**  $-\left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_z = \rho g$

Se obtemos a transformação de **x,y,z,t** para **x,y,p,t**

$$-\left. \frac{\partial p}{\partial x} \right|_z = \rho g \left. \frac{\partial z}{\partial x} \right|_p$$

# Como identificar uma superfície frontal?

Deseja-se relacionar a transformação de  $x, y, z, t$  para  $x, y, p, t$

$$\Delta p|_z \quad a \quad \Delta z|_z, \text{ onde } \Delta z|_z = 60 \text{ m}$$

$$\Delta p|_z = \rho g \Delta z|_p$$

$$\text{Porém, } -\frac{p}{R_d T} = \rho \quad \text{e} \quad \Delta p|_z = \frac{p g}{R_d T} \Delta z|_p$$

$$\sim 1000 \text{ } 9.8 \text{ ms}^{-2}$$

$$\Delta p|_z = \frac{p \quad g}{R_d \quad T} \Delta z|_p$$

$287 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} \text{ K}^{-1} \quad 273 \text{ k}$

$$\Delta p|_z = 7.5 \text{ hPa}$$

# Como identificar uma superfície frontal?

- Será usada **8 hPa**, uma vez que as isóbaras são desenhadas em intervalos de **4 hPa** nas cartas de pressão, tendo como referencia 1000 hPa. Desta forma, não é necessário nenhum trabalho adicional de análise. Todo que é necessário é extrair da análise de superfície as linhas 00, 08, 16, 24, ... 92, 94, 76, ... E relacioná-las com 00, 06, 12, 18, ... -06, -12, -18, ... etc
- Com **as duas cartas de pressão, em 500 hPa e 1000 hPa**, e seus respectivos campos de altura disponíveis, é desejável **subtrair-los** para se obter o campo de espessura. É conveniente que isto seja feito da forma mais simples possível para poupar tempo. Utiliza-se, a técnica de **subtracção gráfica**
- Ela é baseada no facto que, num dado nível, o vento geostrófico é paralelo as linhas de altura. Lembrando que  $\phi = gz$ , a equação do vento geostrófico em coordenadas de pressão será, de acordo com a expressão 3.8

$$V_g = \frac{g}{f} k \times \nabla_p z$$

M. Sinóptica 2011  
MDJMO

# Como identificar uma superfície frontal?

Aplicando  
a eq.  
A ambos  
níveis

$$V_g = \frac{g}{f} k \times \nabla_p z$$

$$V_{g_1} = \frac{g}{f} k \times \nabla_p z_1$$

$$V_{g_2} = \frac{g}{f} k \times \nabla_p z_2$$

Mediante subtracção temos

$$\underbrace{V_{g_2} - V_{g_1}}_{\text{Vento térmico}} = \frac{g}{f} k \times \nabla_p (z_2 - z_1)$$

Então, o vento térmico  
fica em função da  
espessura dados por

$$V_{g_2} - V_{g_1} = \frac{g}{f} k \times \nabla_p (z_2 - z_1)$$

A espessura é proporcional a  
temperatura da camada



## Como identificar uma superfície frontal?

- Na construção da carta de espessura inicia-se com os campos  $z_2$  e de  $z_1$  nas superfícies de 500 hPa e 1000 hPa, respectivamente:
    1. As **linhas** de espessura são desenhadas em **intervalos de 60 m**;
    2. As **linhas de espessura devem passar pelos pontos de intersecção das linhas de  $z_2$  e de  $z_1$**
    3. A **orientação** da linha de espessura é determinada pelo **vento geostrófico nas duas superfícies**
    4. As linhas de espessura **nunca podem cruzar uma linha  $z_2$  ou de  $z_1$  excepto no ponto de intersecção das linhas  $z_2$  e  $z_1$**
- A figura 3.16 ilustra o processo gráfico para a obtenção de linhas de espessura para os Hemisférios N e S bem como indica regiões onde esta ocorrendo **advecção fria** e **advecção quente**, o que pode ser visualizar com auxílio da Fig. 3.17

# Como identificar uma superfície frontal?

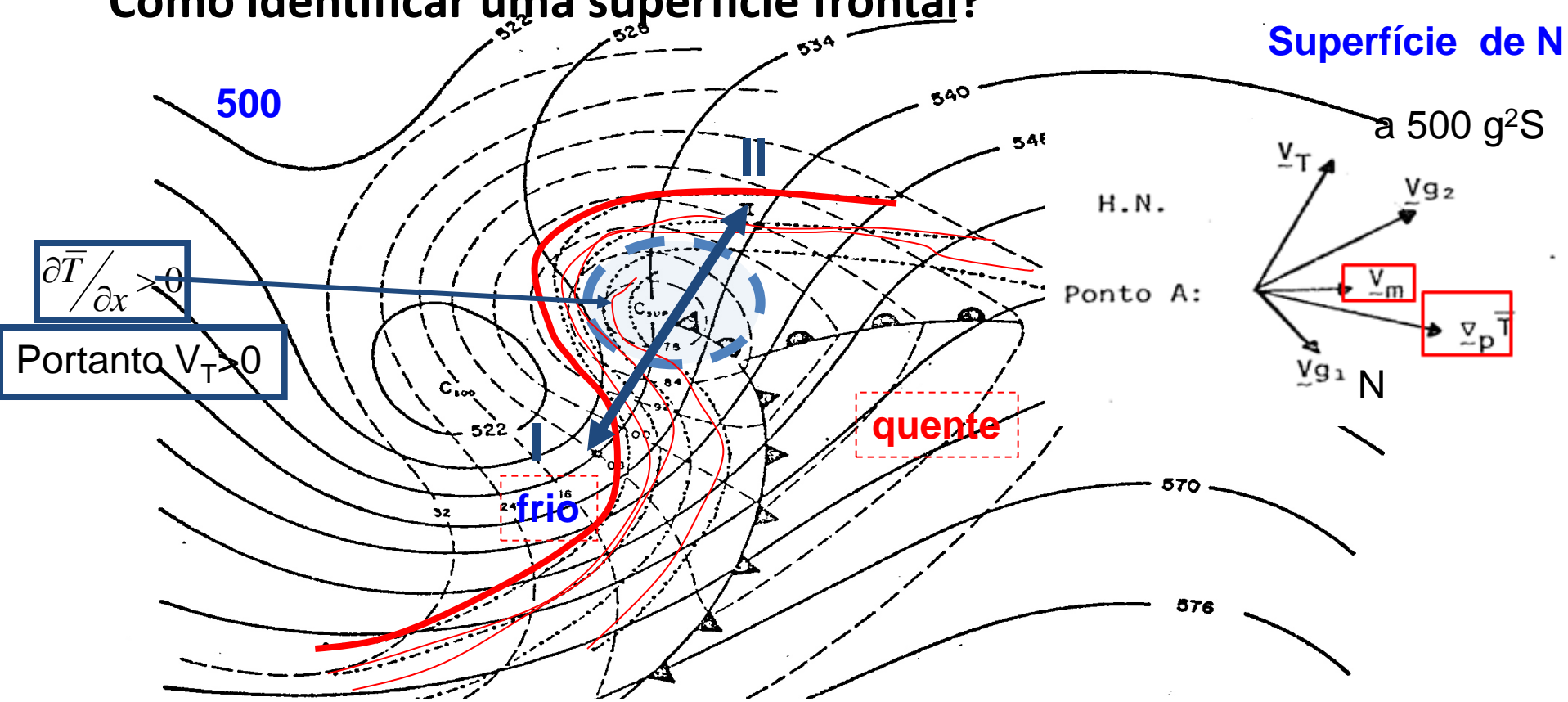
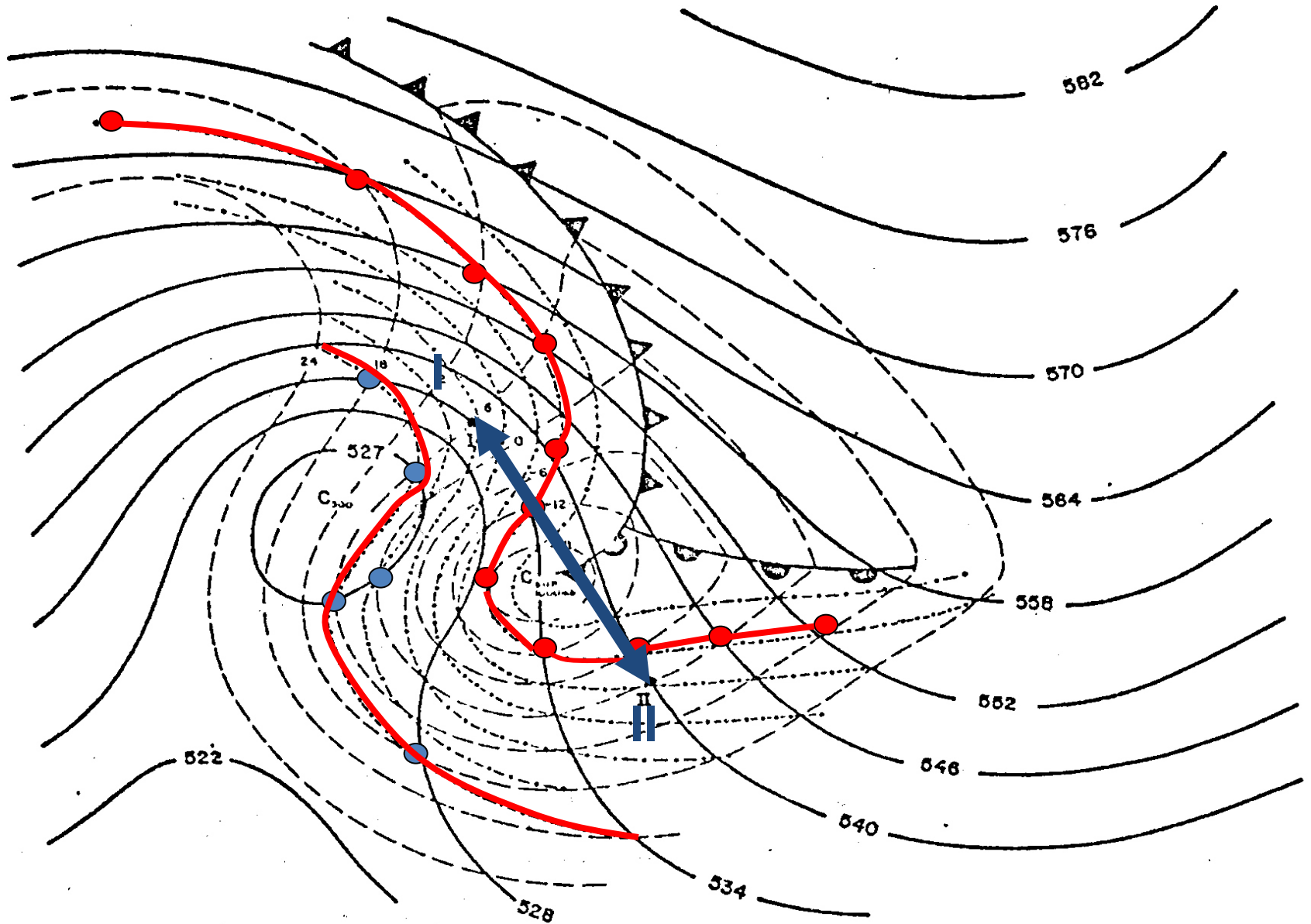


Fig. 3.16 processo gráfico para a obtenção das linhas de espessura para os HN (a) e HS (b).

No HN as regiões onde ocorre advecção fria ou advecção quente podem ser visualizadas com auxílio da Fig. 3.17

- Como identificar uma superfície frontal?



• Como identificar uma superfície frontal?

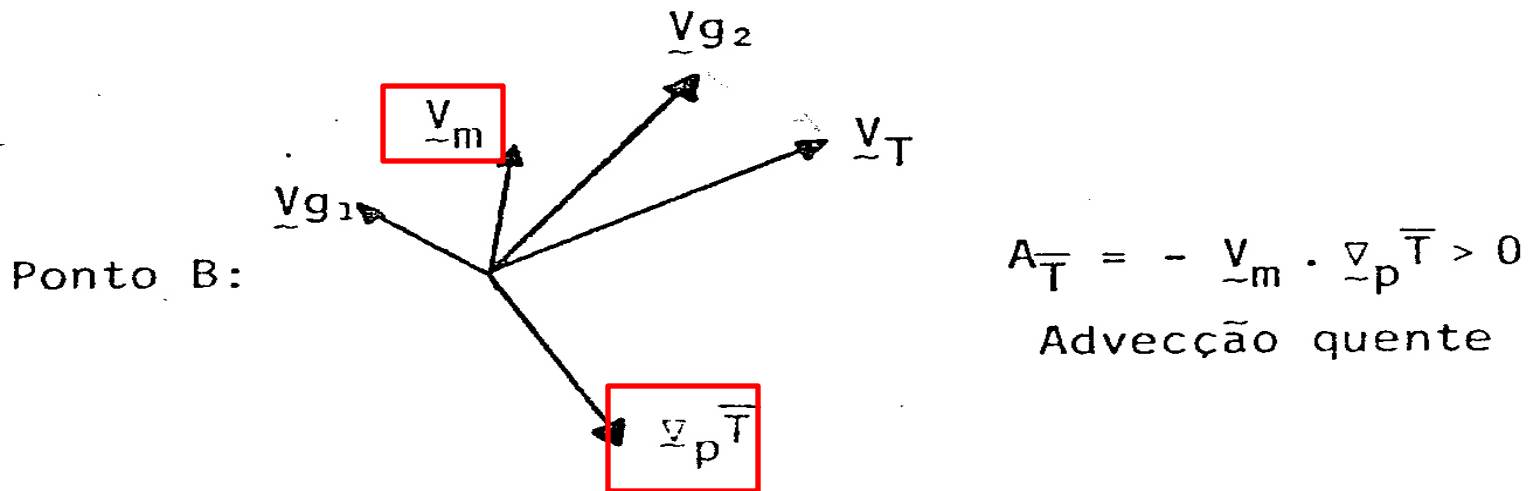
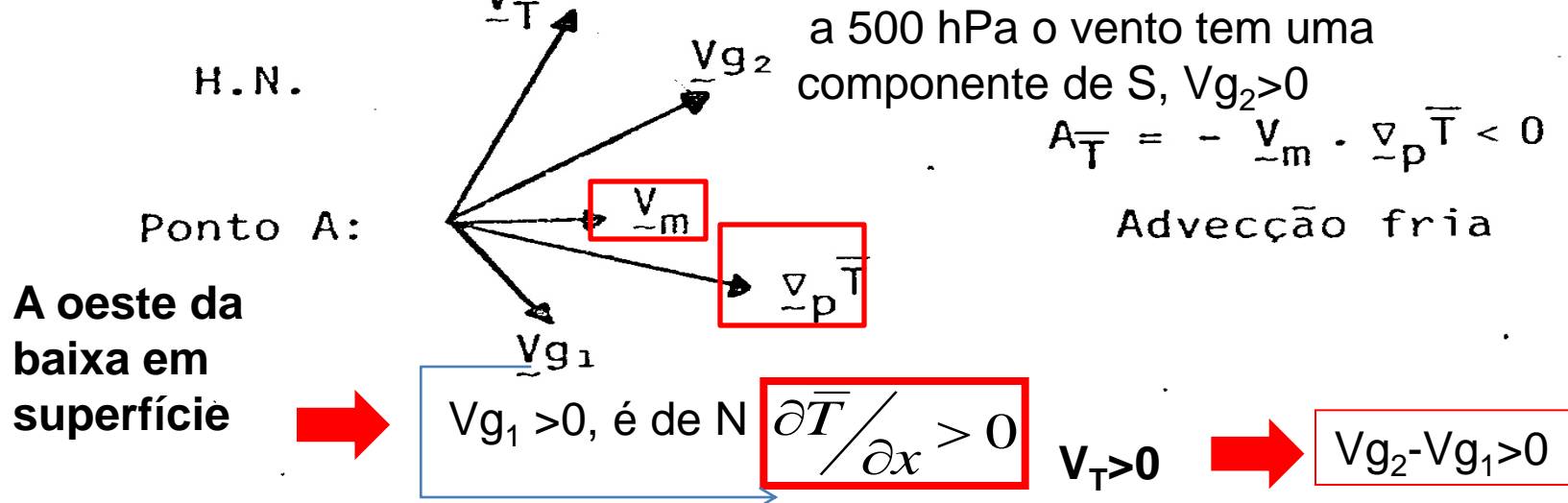


Fig. 3.17 processo gráfico para a obtenção de advecção fria e advecção quente no HN (a)

# Como identificar uma superfície frontal?

Numa secção transversal entre I e II no diagrama apresentado na Fig 3.16 (a e b) é mostrada na Fig 3.18 Nesta secção transversal observa -se que a cava se inclinam verticalmente sobre o ar frio. Normalmente isto implica uma inclinação para oeste na secção transversal leste-oeste

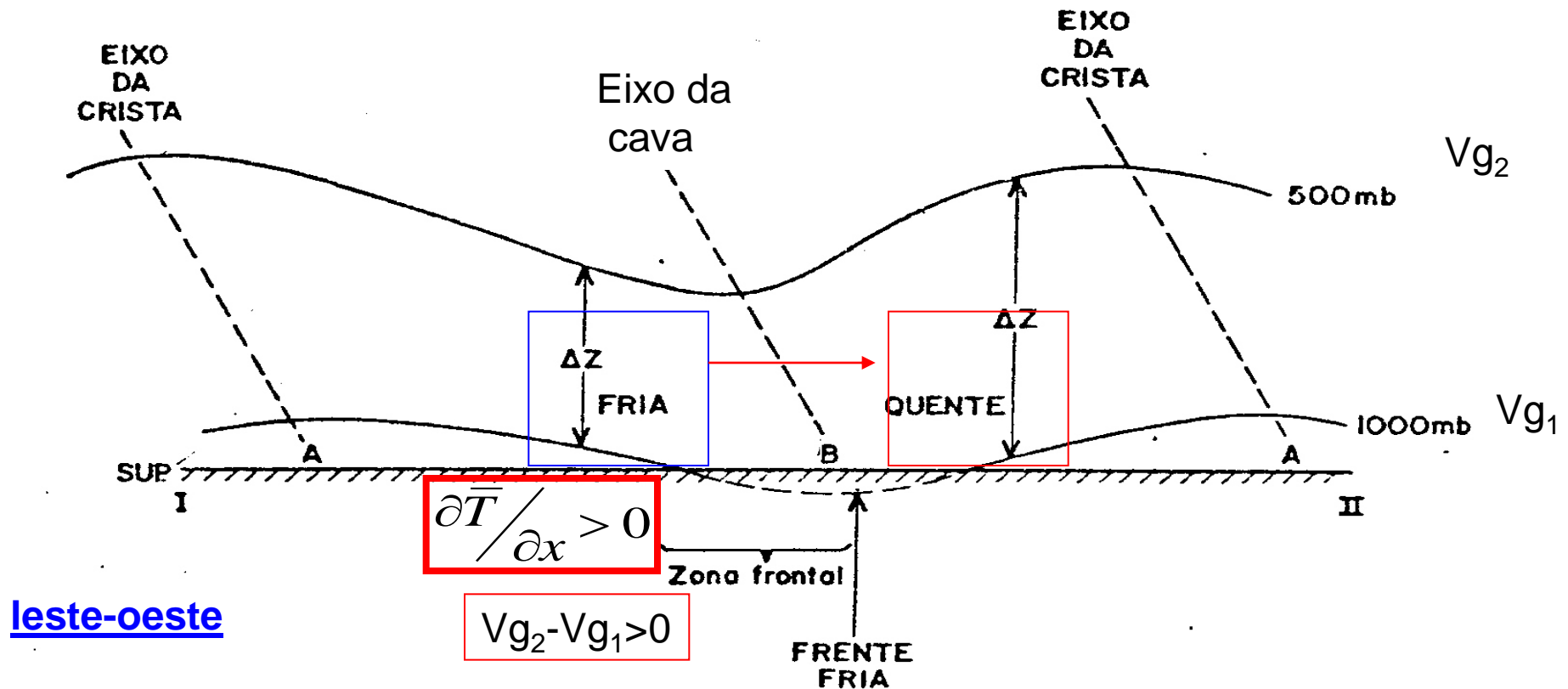


Fig 3.18 Secção transversal indicada na Fig 3.16 (a e b) que nos mostra inclinação da cava sobre o ar frio em ambos os

# Como identificar uma superfície frontal?

Esta observação pode ver-se usando a eq do  $V_T$

$$V_T = \frac{R}{f} \operatorname{Ln} \left( \frac{p_1}{p_2} \right) k \times \nabla_p \bar{T}$$

Lembra que para o HN é  $f > 0$ , e fazendo

$$C = \frac{R}{f} \operatorname{Ln} \frac{p_1}{p_2}$$

$$V_T = C k \times \nabla_p \bar{T}$$

Ou seja

$$u_T = -C \frac{\partial \bar{T}}{\partial y}$$

$$v_T = C \frac{\partial \bar{T}}{\partial x}$$

## Como identificar uma superfície frontal?

- Aplicando a equação para  $V_T$  na **região a oeste da baixa em superfície** se tem  $\frac{\partial \bar{T}}{\partial x} > 0$  Portanto  $V_T > 0$ 
  - Assim sendo  $Vg_2 - Vg_1 > 0$ , ou seja  $Vg_2 > Vg_1$
- Nota-se que **imediatamente que a Oeste da baixa em superfície  $Vg_1 < 0$  (vento de Norte)**, enquanto em **500 hPa o vento tem uma componente de sul,  $Vg_2 > 0$** .
  - Consequentemente,  $Vg_2 > Vg_1$  e se tem consistência entre o diagrama da Fig 3.12- a e o conceito de vento térmico. A mesma inclinação vertical existe no HS

# Lembra \_ CINEMÁTICA DO CAMPO DA PRESSÃO . EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS ISOBÁRICOS

- Ora, da definição de superfície frontal resulta que o denominador desta expressão é diferente de zero e portanto o numerador é tb  $\neq 0$  donde se conclui que a tendência barotrópica é descontínuas, através de uma superfície frontal.
- Vamos ver que , na prática, se pode calcular a velocidade e a aceleração com que se move uma frente e a partir destas estimar a sua posição futura.  $C_n$  dá a velocidade com que se move a frente; Pode tomar o aspecto seguinte

$$c = (T_1 - T_2) / (G_\lambda^1 - G_\lambda^2)$$

- em que  $T_1$  e  $T_2$ , e se podem determinar a partir respectivamente do traçado isobárico adiante e atrás da frente.

$$c_n = - \frac{\frac{\partial p_1}{\partial t} - \frac{\partial p_2}{\partial t}}{\frac{\partial p_1}{\partial x} - \frac{\partial p_2}{\partial x}} \Delta x$$

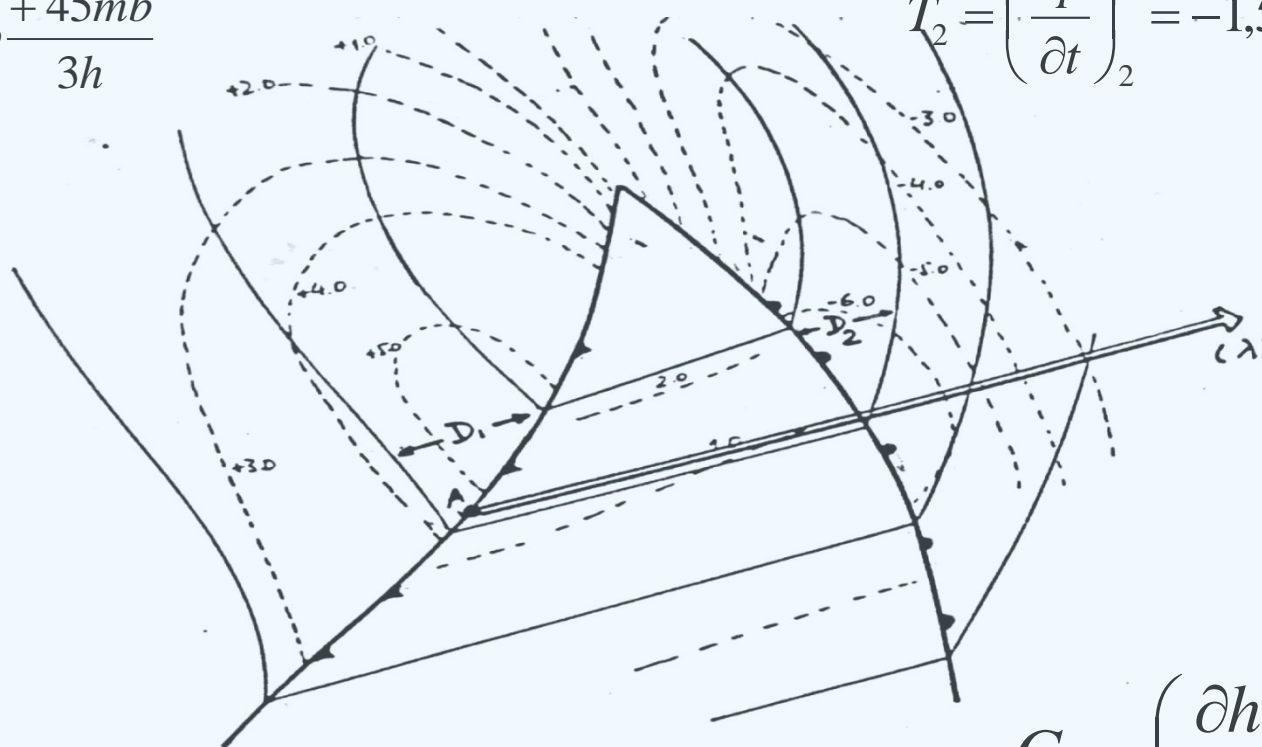


$$T_1 = \left( \frac{\partial p}{\partial t} \right)_1 = +45mb \frac{+45mb}{3h}$$

$$T_2 = \left( \frac{\partial p}{\partial t} \right)_2 = -1,5mb \frac{+45mb}{3h}$$

$$G_1 = \left( \frac{\partial h}{\partial \lambda} \right)_1 = \frac{1}{D_1}$$

$$G_2 = \left( \frac{\partial h}{\partial \lambda} \right)_2 = 0$$



A velocidade será portanto:  $V_f = D_1/\text{hora}$ .

Esto é em cada 3 horas a frente fria desloca-se de  $2D_1$

$$V_f = \frac{4,5 + 1,5}{3} = \frac{2}{3} \frac{D_1}{\text{hora}}$$

# CORRENTES DE JATO

- Já é evidente, a partir das discussões anteriores, que contrastes de temperatura na superfície produzirão maiores gradientes de pressão em altitude e conseqüentemente ventos mais rápidos em ar superior. Como no inverno os contrastes de temperatura são grandes em latitudes médias, podem esperar-se ventos de oeste mais fortes no inverno, o que é confirmado pelas observações. Acima de grandes contrastes de temperatura existem correntes muito fortes, denominadas correntes de jacto.
- Grandes contrastes de temperatura ocorrem ao longo de frentes. Nas latitudes médias e altas encontra-se um jacto associado à frente polar, que está entre os ventos polares de leste e os ventos mais quentes de oeste. É o chamado jacto polar Figura que segue
-

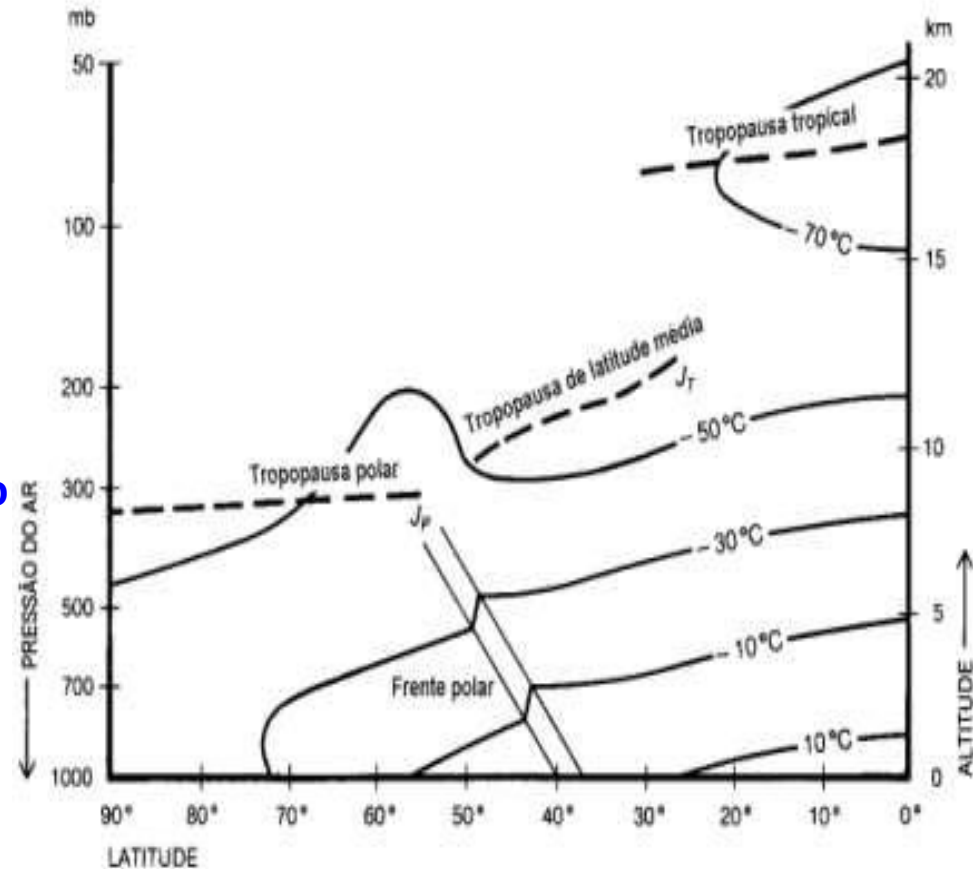
# CORRENTES DE JATO

- **O jacto polar** tem um papel muito importante no tempo em latitudes médias. Além de fornecer energia à circulação de tempestades na sua superfície, ele também dirige as suas trajectórias. Consequentemente, a sua sua monitoração é importante para a previsão de tempo.
- O jacto polar apresenta **velocidade média de 125 km/h no inverno** e aproximadamente **a metade no verão**. A velocidade pode **chegar a 350 km/h**. A diferença sazonal é **devida ao gradiente mais forte de temperatura que existe em latitudes médias durante o inverno.** Durante o inverno, o jacto polar pode desviar-se em direcção ao equador até 30° de latitude. No verão, a sua posição média é usualmente em torno de 50° de latitude. Como a frente polar, o jacto polar não é uniformemente bem definido ao redor do globo. Onde a frente polar é bem definida, com grandes gradientes de temperatura, os ventos no jacto são acelerados. O jacto não tem uma trajectória rectilínea leste-oeste, mas apresenta ondulações, com grande componente norte-sul.

# CORRENTES DE JATO

O papel do jacto polar na geração e manutenção de tempestades em escala sinóptica está ligado à produção de convergência e divergência em nível superior quando o ar é acelerado e desacelerado ao entrar e sair de faixas de máxima velocidade do jacto. **Onde o jacto produz divergência em altitude ele contribui para o desenvolvimento de ciclones que se formam e deslocam ao longo da frente polar.**

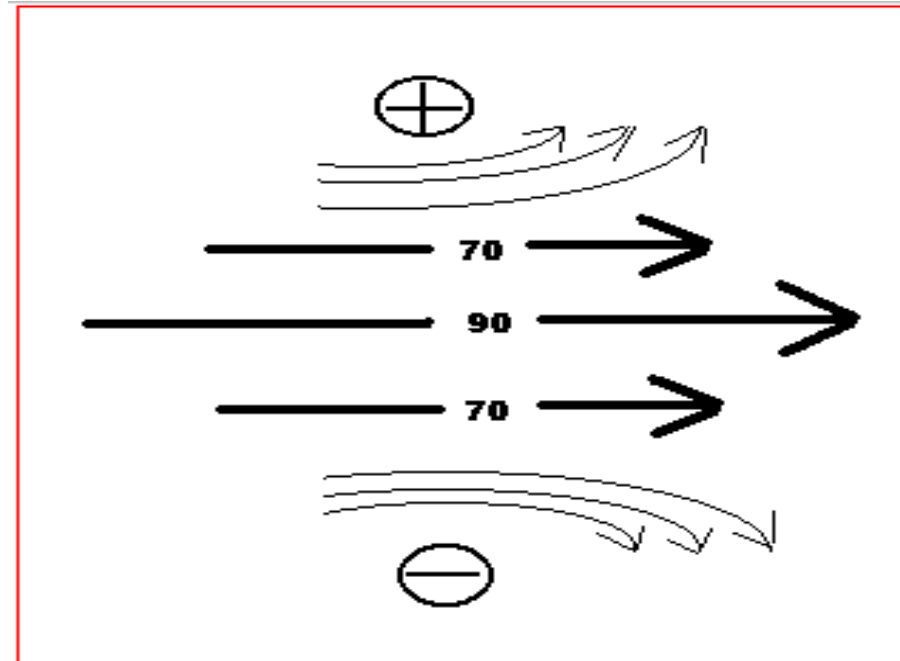
O jacto polar não é a única corrente de jacto. **O jacto subtropical** ocorre próximo à descontinuidade da tropopausa, em torno de **25° de latitude**, no extremo da célula de Hadley (Fig. 3.6). Ele está localizado a aproximadamente 13 km de altitude. É mais forte e menos variável em latitude que o jacto polar.



- Seção transversal vertical através do HN mostrando a posição do jacto polar acima da frente polar ( $J_p$ ) e do jacto subtropical ( $J_T$ )

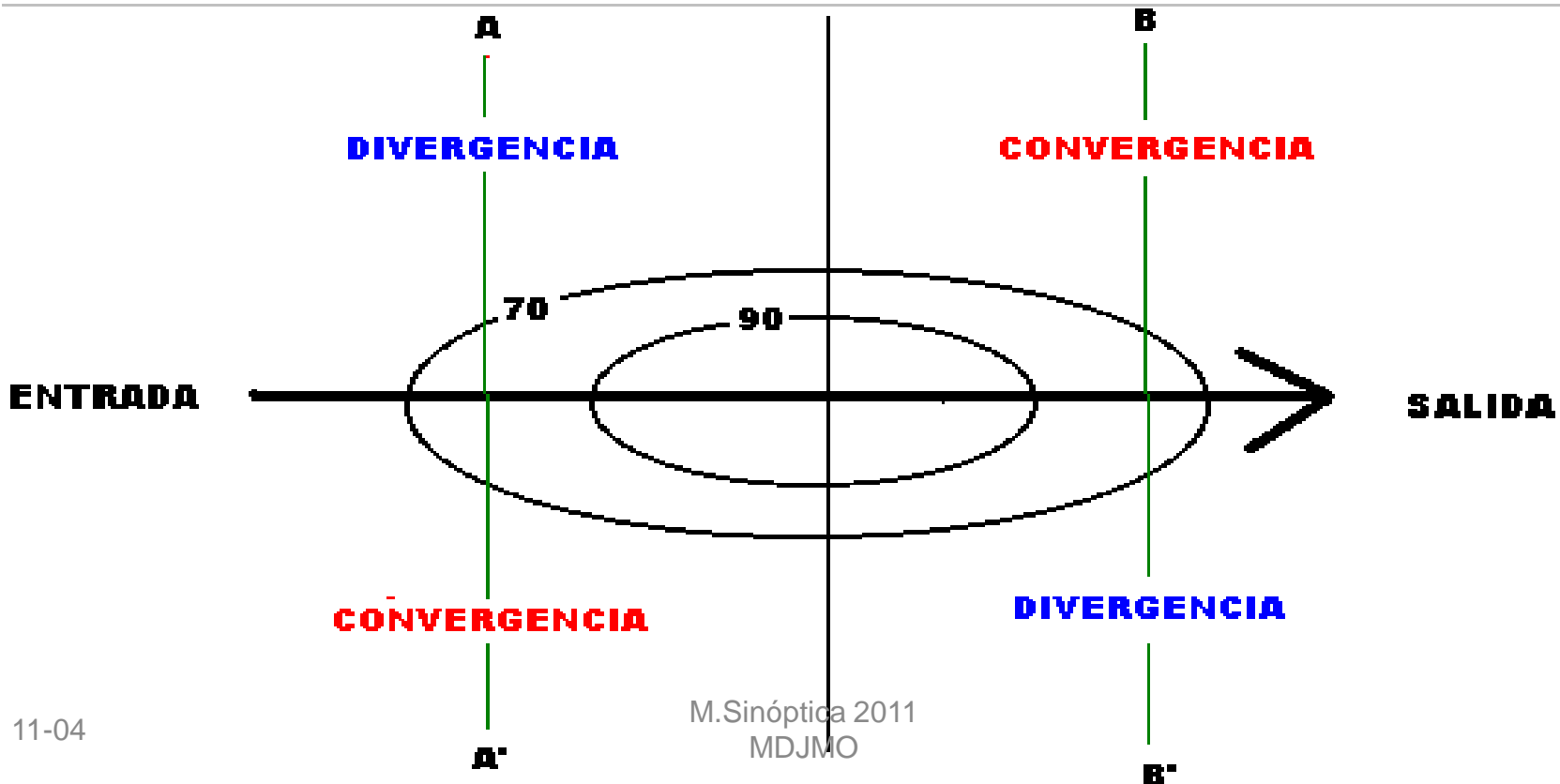
***JET STREAKS*** - *regiões de máximos e mínimos locais de velocidade ao longo do eixo do jacto, deslocando-se ao longo do eixo, no mesmo sentido do vento, com uma velocidade mais baixa (da ordem de 10 m/s) do que a própria velocidade do vento (da ordem de 50 m/s).*

## CORRENTE DE JACTO



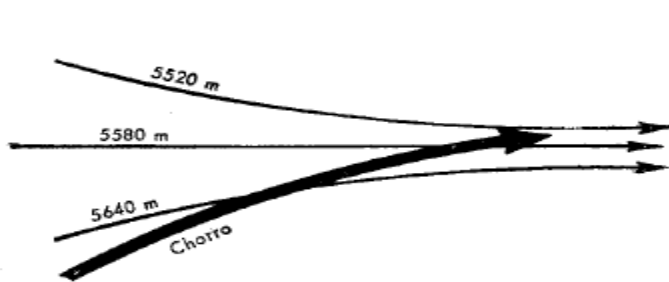
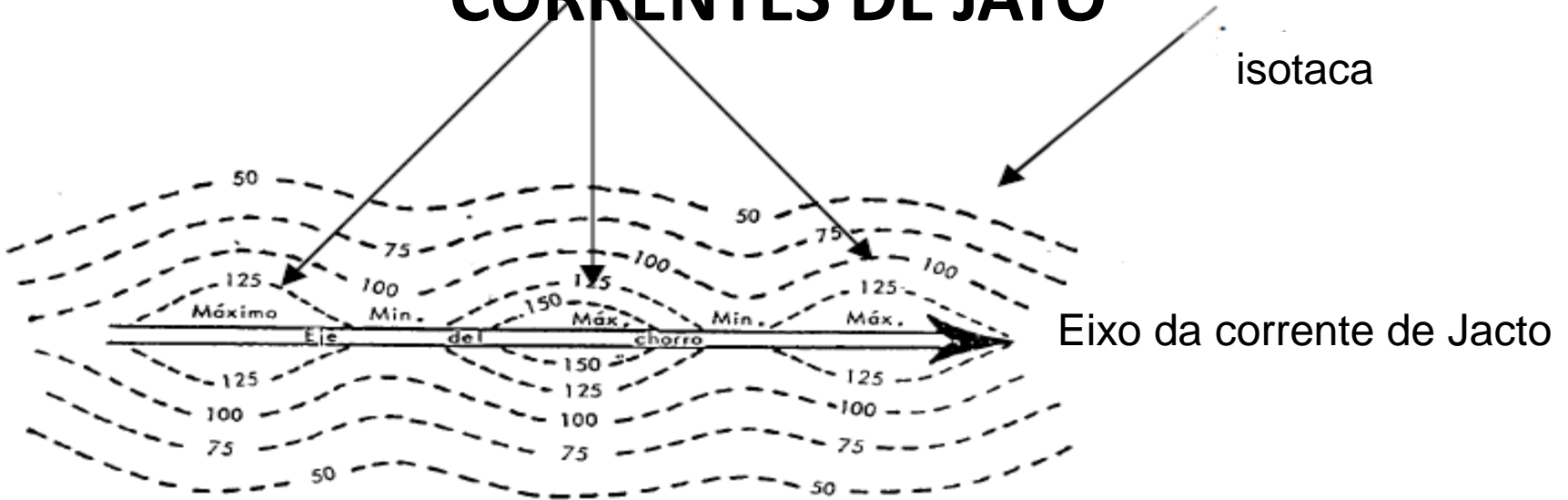
# CORRENTES DE JATO

ou jacto, é definido como uma corrente de vento intensa (ventos de  $12,5 \text{ ms}^{-1}$  abaixo de 600 hPa e de pelo menos  $30 \text{ ms}^{-1}$  acima do nível de 300 hPa), estreita, quase horizontal, associada com forte cisalhamento vertical do vento ( $dU/dz$ ), com valores da ordem de  $5\text{-}10 \text{ ms}^{-1} \text{ km}^{-1}$  (Chen et al., 1994)) (Ray, 1986).

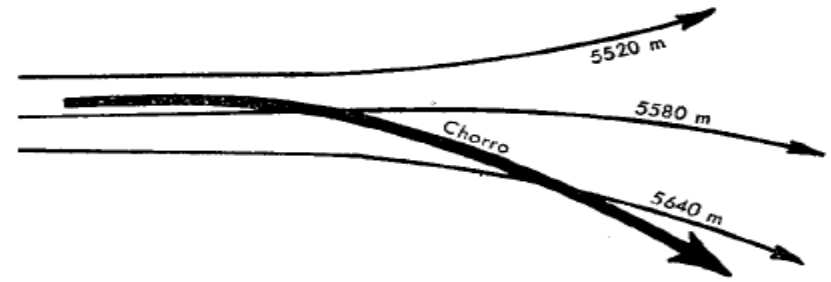


# Jet

## CORRENTES DE JATO



No caso de linhas **confluentes**, o Jacto as cruza para as cotas **mais baixas**



No caso de linhas **difluentes**, o Jacto as cruza para as cotas **mais altas**

**ENTRADA DO JACTO** Aceleração

**SAÍDA DO JACTO** desaceleração

# CORRENTES DE JATO

- É uma corrente de ar de alta velocidade normalmente encontrada próxima á tropopausa entre 30º e 60º de latitude. Para compreender a formação de uma corrente de jacto serão empregadas a eq. do vento térmico e as características observadas na atmosfera
- Destacam-se as seguintes características atmosféricas
  1. Dentro da **troposfera a Tª é mais alta próxima do EQ** e **decrece em direcção aos pólos bem por cima**. O decrescimento vertical de Tª é chamado taxa de variação vertical de Temperatura e é definido por 
$$\gamma = -\frac{\partial T}{\partial z}$$
  2. A tropopausa é mais elevada no caso da massa de ar quente é mais baixa no caso de massa de ar frio. Como na vertical a temperatura decresce muito mais rapidamente do que na horizontal, a tropopausa é mais fria quando é mais alta e quente quando é mais baixa.
  3. Em virtude da altura a tropopausa variar com a latitude e a taxa de variação vertical de Tª na baixa estratosfera ser próxima a zero, o gradiente horizontal (N-S) de Tª na baixa estratosfera se reverte com o ar mais quente encontrando-se **no pólo**, e **o ar mais frio nos trópicos**. Estas características são mostradas nas figuras seguintes:



Destacam-se as seguintes características atmosféricas

o gradiente horizontal (N-S) de  $T^a$  na baixa estratosfera inverte-se com o ar mais quente encontrando-se no pólo, e o ar mais frio nos trópicos

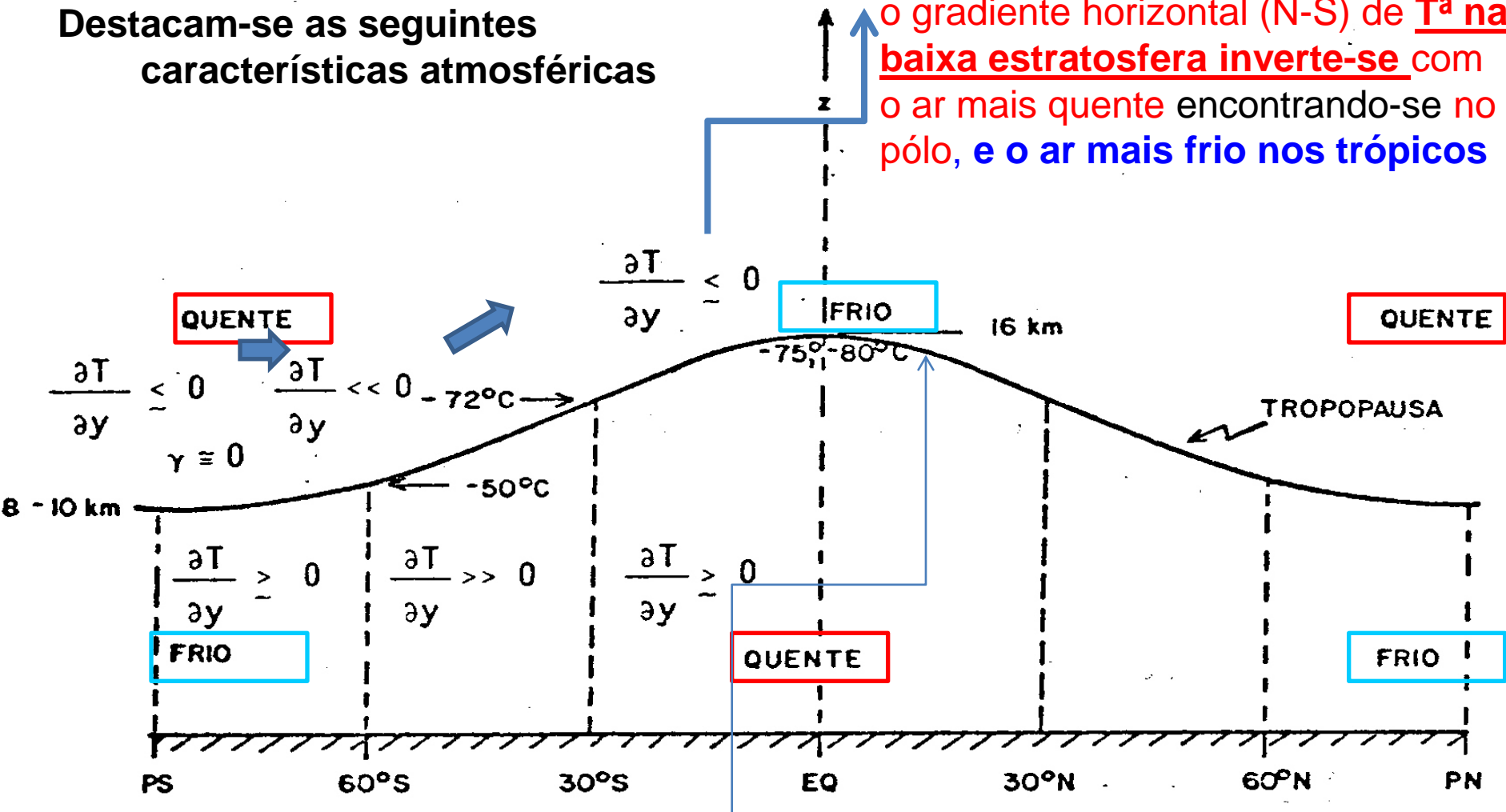
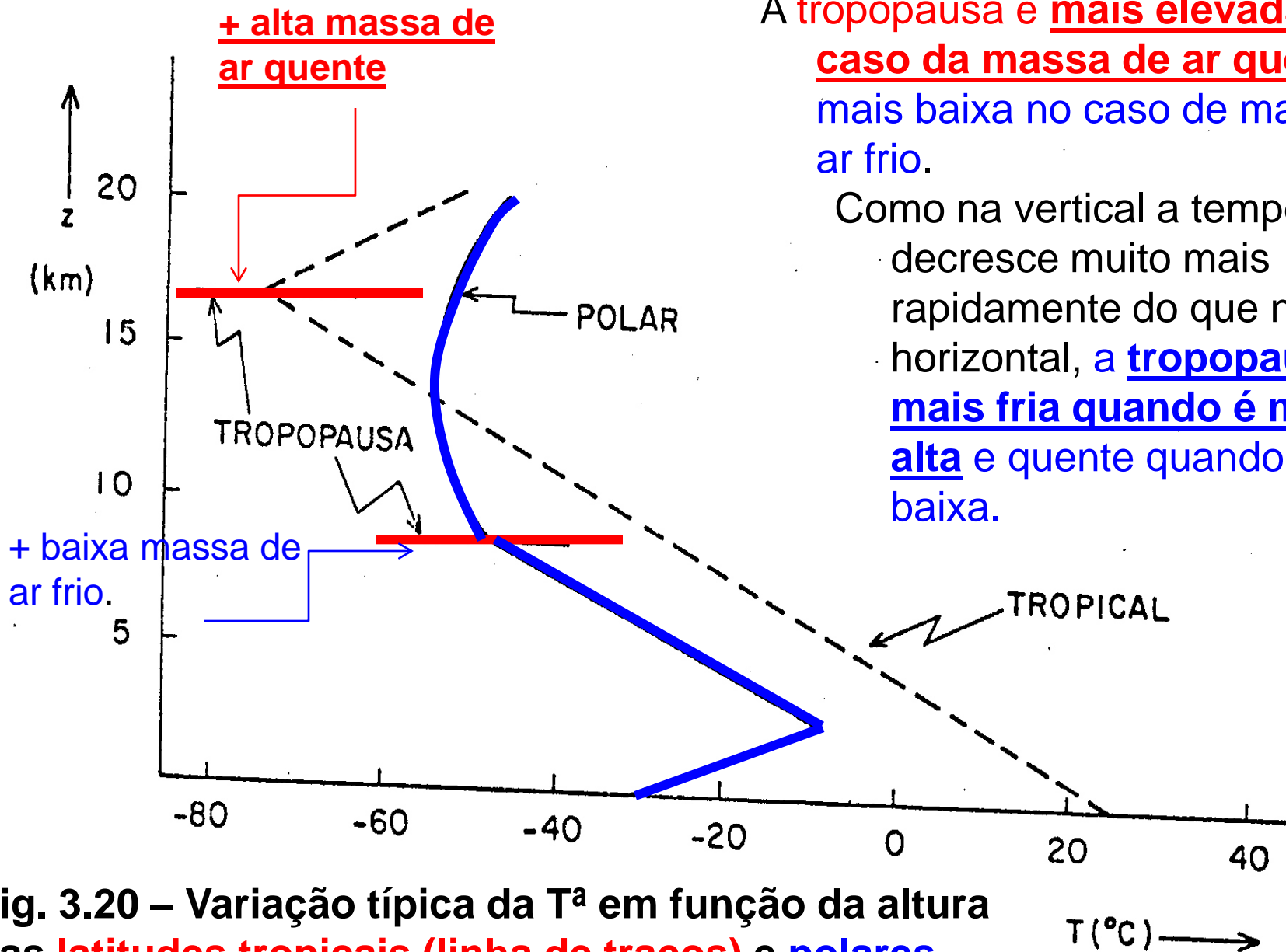


Fig. 3.19 – Altura da tropopausa em função da latitude

Como na vertical a temperatura decresce muito mais rapidamente do que na horizontal, a tropopausa é mais fria quando é mais alta e quente quando é mais baixa.



A tropopausa é mais elevada no caso da massa de ar quente é mais baixa no caso de massa de ar frio.

Como na vertical a temperatura decresce muito mais rapidamente do que na horizontal, a tropopausa é mais fria quando é mais alta e quente quando é mais baixa.

Fig. 3.20 – Variação típica da  $T^a$  em função da altura nas **latitudes tropicais (linha de traços)** e **polares (linha cheia)**

$T$  ( $^{\circ}\text{C}$ )  $\longrightarrow$

taxas de  
variação  
vertical de  
 $T^a(\gamma)$  e a  
tropopausa

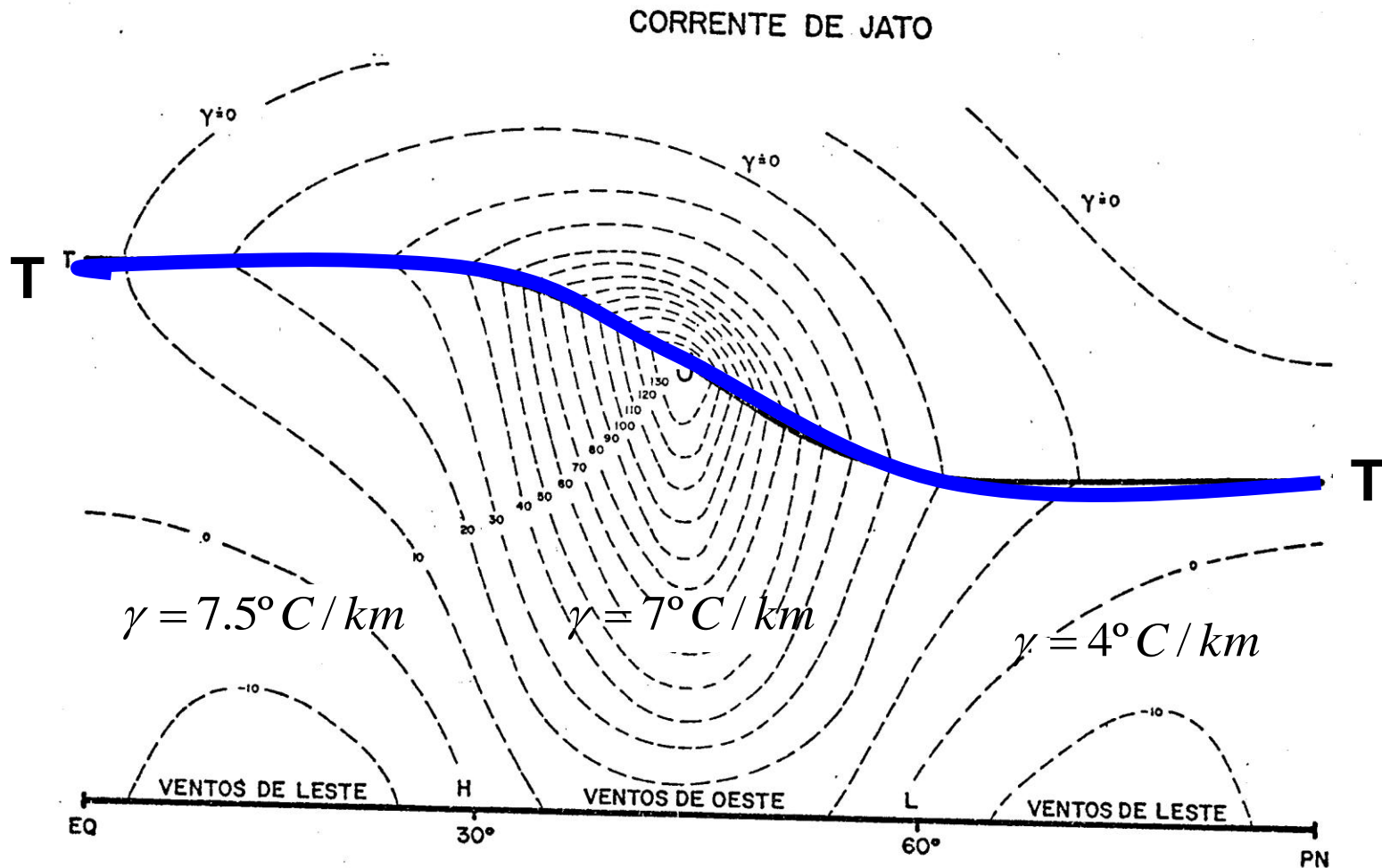


Fig. 3.21 – Isotacās (līnhā de traços), a corrente de jacto (J), as taxas de variação vertical de  $T^a(\gamma)$  e a tropopausa (linha cheia forte), em função da latitude e da altura

# Exercícios (relatório) – Resolver individualmente

- Tarefa 1 - **Na torre tempo e clima, nos links relacionados** vai aos **mapas sinópticos e clica no arquivo**
  - Segundo estes padrões sobre a PI, classifica as massas que encontrares nos seguintes anos.
    - Daniel 2009
    - Elsa 2008
    - Sandra 2007
    - João Carlos 2006
    - M<sup>a</sup> João 2005
    - Sidney 2005
  - Entregam os resultados no dia 2 de Maio
- Tarefa 2 – Compara as massas de ar e frentes - pelos: padrões de circulação; tabelas; imagens RGB; pela análise dos SAFNWC. - **Na torre tempo e clima, nos links relacionados** vai as imagens dos satélites **e clica no arquivo**
  - Daniel - Novembro 2010
  - Elsa - Dezembro de 2010
  - Sandra Janeiro de 2011
  - João Carlos Fevereiro de 2011
  - M<sup>a</sup> João Março de 2011
  - Sidney Abril de 2011
- Tarefa 3 – Identifica também os jactos da tarefa 2

# Tarefas mapa de espessura

- Identificar a superfície frontal num determinado área
- Discutir o vento térmico e o tipo de advecção e os ventos geostróficos (valores e o rumo), em ambas superfícies