

Desenvolvimento de ciclones e de anticiclones

(Continuação)

De que vamos falar?

- Introdução
- Estrutura vertical de sistemas extratropicais
- Equação de desenvolvimento de ciclones e anticiclones
- Aplicação da equação de desenvolvimento
 - Efeitos diabáticos
 - Efeitos adiabáticos
 - Efeitos de advecção de espessura
 - Efeitos de advecção de vorticidade

Advecção da vorticidade

<o laplaciano do campo de Advecção de espessura

Laplaciano do campo de vertical **adiabático**

Laplaciano do aquecimento **diabático**

$$\frac{\partial Q_0}{\partial t} = A_Q - \frac{g}{f} \nabla^2 A_{\Delta z} - \frac{R}{f} \nabla^2 S - \frac{R}{f} \nabla^2 H + C \cdot \nabla Q_0$$

A seguir cada termo da eq. Anterior será referido como:

Varição em Q_0 devido a translação

$$-\frac{g}{f} \nabla^2 A_{\Delta z} \quad \text{Advecção de espessura} \quad -\frac{R}{f} \nabla^2 H \quad \text{Termo diabático}$$

$$-\frac{R}{f} \nabla^2 S \quad \text{Termo **adiabático**} \quad C \cdot \nabla Q_0 \quad \text{Termo de deslocamento}$$

4.4 - Aplicação da equação de desenvolvimento

Na atmosfera real todos os termos da equação de desenvolvimento agem simultaneamente. Contudo, tendo em vista a simplicidade, cada termo será tratado independentemente com o objectivo de analisar sua contribuição para o desenvolvimento

Se considera inicialmente os efeitos de aquecimento diabático. Conforme definido na secção antecedente.

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

$$-\frac{R}{f} \nabla^2 H$$

$$H = \frac{1}{cp} \frac{d\bar{H}}{dt} \ln \frac{p_0}{p}$$

termo de aquecimento diabático

4.4.1 – Efeitos diabáticos

. O termo pode ser escrito como proporcional as variações de vorticidade no nível de 1000 hPa. Se este termo for positivo no HN e negativo no HS, então haverá uma contribuição a produção de vorticidade ciclônica

$$-\frac{R}{f} \nabla^2 H < 0 \text{ para um sumidouro de calor}$$

$$-\frac{R}{f} \nabla^2 H > 0 \text{ para uma fonte de calor}$$

} HN

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

- Uma **massa de ar frio que passa** sobre uma massa de **água relativamente quente** é aquecida por baixo. Isto é um caso de aquecimento **diabático** onde a água quente actua como fonte de calor .
- Esta situação frequentemente ocorre no golfo de **Alasca** durante o inverno do HN. Também ocorre no Inverno, embora de forma acentuada, nos estados unidos (**Grandes Lagos** e frequentemente ao longo da costa Leste), no **Golfo de México**, a **leste do Japão** e próximo a **costa Antárctida**. Como será visto em breve, o termo diabático é também significativo nas regiões sujeitas as circulações de monções.

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

- No termo diabático, H, pode ser interpretado como a quantidade de calor fornecido a uma amostra de ar no seguimento do seu movimento.
- Considere o caso do Golfo do Alasca (Fig. 4.7). Durante o Inverno, existe muito pouca radiação solar incidente para aquecer a superfície enquanto uma quantidade significativa de radiação (IR) é perdida para o espaço.
- Consequentemente, a superfície arrefece-se e o ar em contacto com ela cede energia para a superfície, então, no interior de Alasca e de Colômbia Britânica (de facto, todas as regiões interiores dos continentes em altas latitudes actuam como um sumidouro de calor e, portanto, como uma região favorável para o desenvolvimento anticiclónico. As montanhas costeiras de Alasca e de Colômbia Britânica servem de uma barreira sobre o golfo de Alasca.

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

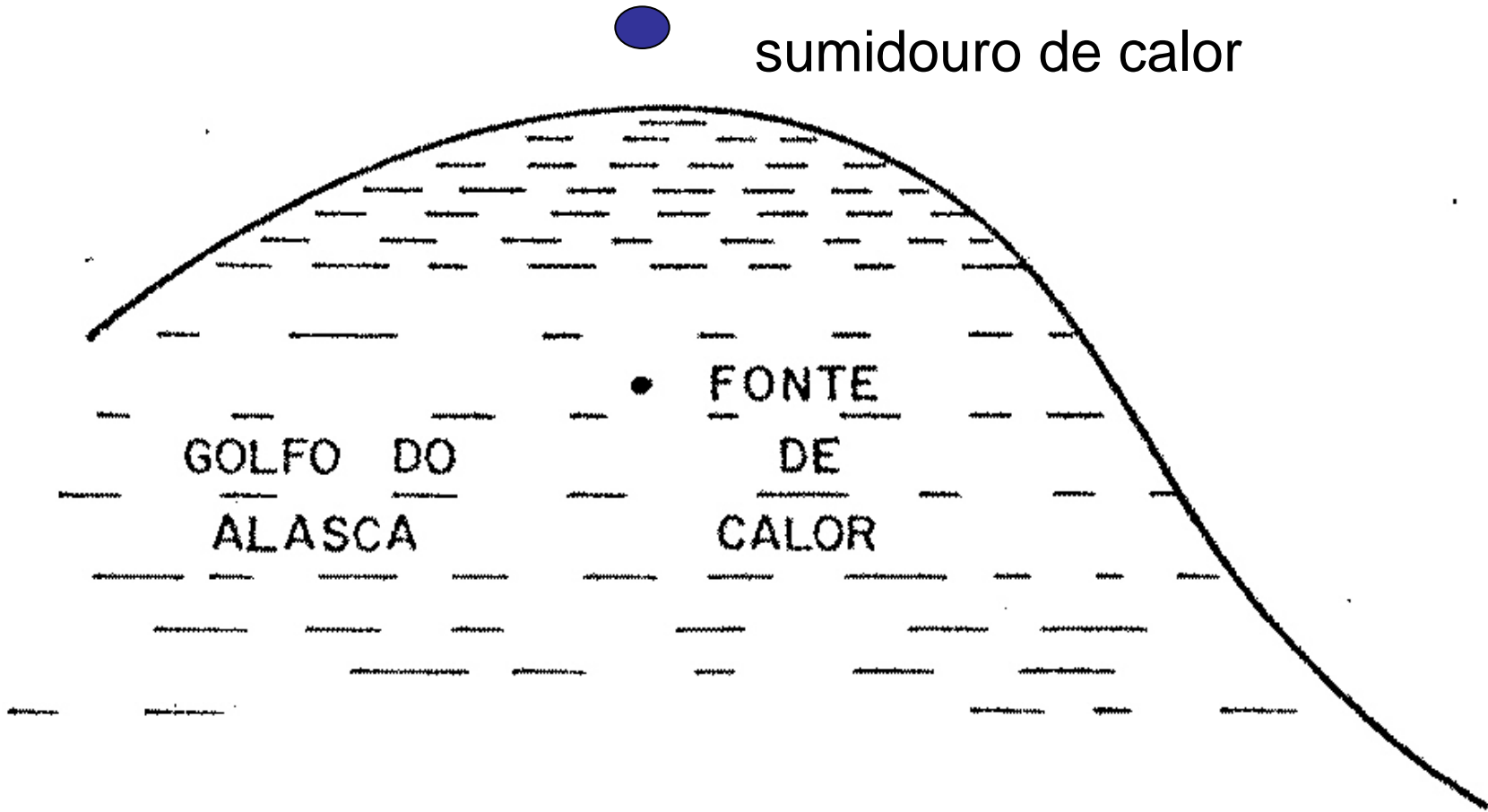


Fig. 4.7 Diagrama esquemático do Golfo do Alasca durante o **Inverno** quando **águas relativamente quentes actuam como uma fonte de calor** enquanto regiões **continentais actuam como sumidouros de calor**

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

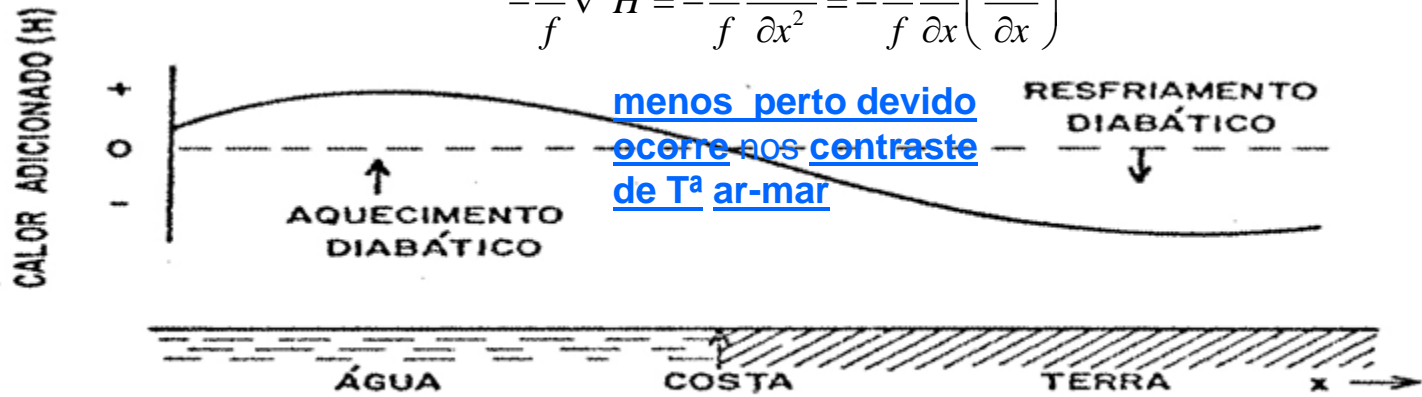
- A medida que a camada de ar frio torna-se mais e mais profunda, a pressão a superfície sobe. Eventualmente a camada de ar frio se torna suficientemente profunda de modo que o ar passa sobre as montanhas e depois, catabaticamente (corrente abaixo), escoar em direcção a costa oceânica. Se o campo de vento em altas níveis for orientado de forma a ajudar o movimento do ar frio, então o ar poderá absorver água enquanto percorre uma distancia considerável além da costa em direcção ao oceano.
- A medida que o ar frio passa sobre água mais quente, ele recebe calor da superfície subjacente. O golfo do Alasca actua como uma fonte de calor, sendo portanto, uma região favorável para a actividade ciclónica.
- É de interesse examinar como o termo diabático é avaliado neste caso - Se consideramos um escoamento normal á costa, dirigido para o oceano, e admitindo que a costa é recta. Seja a direcção de X da costa. Então

$$-\frac{R}{f} \nabla^2 H = -\frac{R}{f} \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = -\frac{R}{f} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial H}{\partial x} \right) \quad (4.43)$$

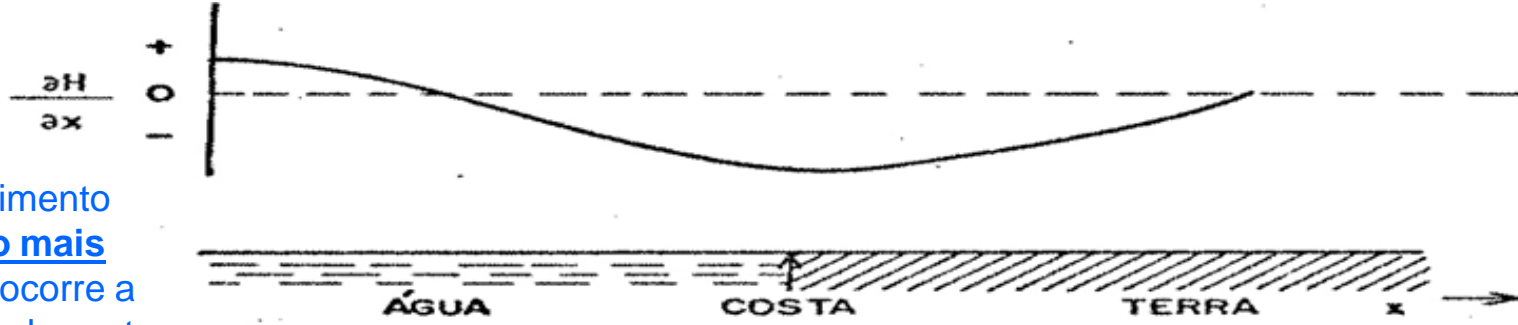
➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

Se o calor adicionado for rotulado como uma função de x, se pode **avaliar o termo diabático**. O aquecimento **diabático mais intenso** (Fig-4.8) ocorre a **alguma distancia da costa**. Mais longe, no sentido do oceano, **menos aquecimento ocorre** pelo facto de **o aquecimento ser dependente do contraste de temperatura ar-mar** que é menor distante da costa

$$-\frac{R}{f} \nabla^2 H = -\frac{R}{f} \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = -\frac{R}{f} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial H}{\partial x} \right)$$



(a)



(b)

Fig. 4.8
– Avaliação do termo diabático
(a) H,

(b) $\frac{\partial H}{\partial x}$

O aquecimento **diabático mais intenso** ocorre a distancia da costa.

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

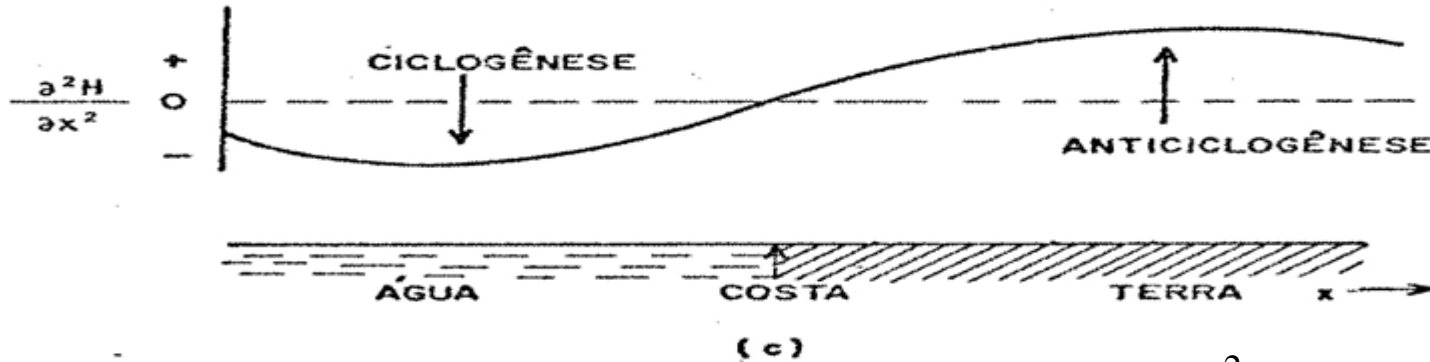


Fig. 4.8 – Avaliação do termo diabático $\frac{\partial^2 H}{\partial x^2}$

- A ocorrência frequente de actividade ciclónica no Golfo do Atlântico é auxiliada pela **forma do Golfo**. **Aquelas regiões que possuem linhas costeiras concavas tem maior actividade ciclónica devido ao laplaciano do aquecimento adiabático ser muito maior**, pois o máximo aquecimento ocorre tanto na direcção x como na direcção Y

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

- **Um exemplo de como a fonte de calor afecta um sistema em movimento é o caso dos sistemas de alta pressão polares frios que se aproximam da costa leste dos continentes** (Fig. 4:9).
- A medida que a Alta polar aproxima-se da costa, **o ar a Leste do centro da alta começa a passar sobre águas relativamente quentes (Fig. 4.9)b**. Este ar é aquecido por baixo e perde **vorticidade anticiclónica** (as isobáricas começam a perder sua curvatura anticiclónica e podem, em alguns casos, desenvolver curvatura ciclónica). Na ocasião em que o centro da alta atinge a água, o sistema PODE ter-se enfraquecido consideravelmente pelo aquecimento **diabático** (Fig.4.9b)

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

o ar de Leste do centro da alta começa a passar sobre águas relativamente quentes. Este ar é aquecido por baixo e perde vortcidade A

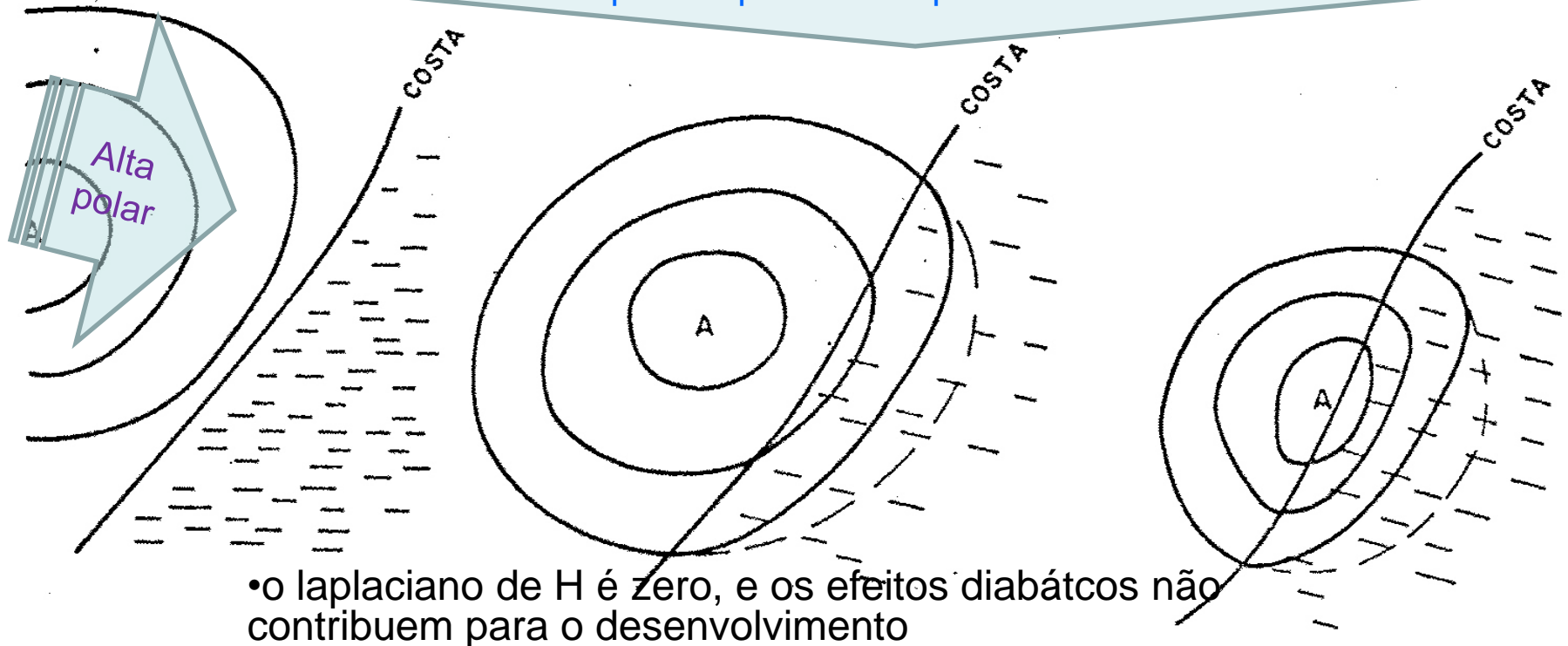


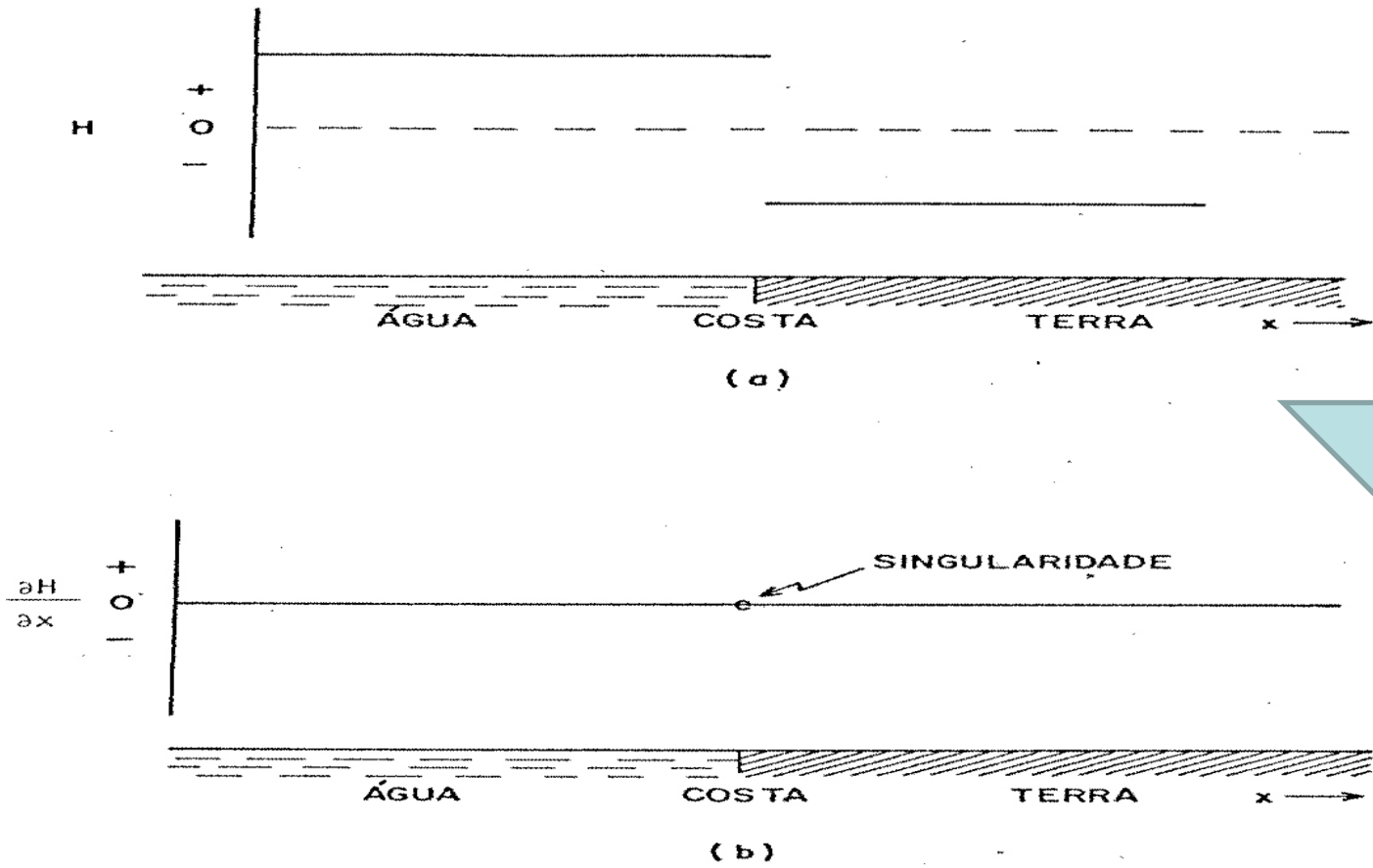
Fig. 4.9 – Efeitos de aquecimento **diabático** num sistema de **alta pressão** á medida que ele se aproxima da costa leste de um continente, no Inverno

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

- Por outro lado, se um sistema de BAIXA PRESSÃO começa a se aproximar a costa leste, ele será intensificado por aquecimento diabático. Em geral, as regiões ao longo da linha costeira oriental do continente são ciclogenéticas. Entre elas se incluem a região a Leste de Japão, a região próxima do Cabo Heterreas (Carolina do Norte EUA) e a região Leste de Mar del Plata (Argentina). Em todas elas, são encontradas águas quentes que se originam em latitudes tropicais.
- Uma vez que o termo diabático é o laplaciano do calor suprido ou removido, somente a adição ou a remoção de calor não muda, necessariamente, a vorticidade. É a configuração do suprimento de calor que é importante na produção da ciclo-gênese ou da anti-ciclo-gênese.
- Retomando a situação do Golfo de Alasca. Se admitimos que em vez da curva suave, apresentada na Fig. 4.8a, fosse escolhido um valor constante para o calor removido sobre a terra, e um outro valor constante para o calor fornecido sobre a água. Então o gráfico correspondente de H pareceria como o mostrado na Fig.4.10a. A inclinação de H é nula em toda parte, excepto no ponto de singularidade correspondente á costa. É evidente que, para este caso, o laplaciano de H é zero, e os efeitos diabáticos não contribuem para o desenvolvimento

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

valor constante para o calor removido sobre a terra, e um outro valor constante para o calor fornecido sobre a água



não leva nem a intensificação nem ao enfraquecimento

Fig. 4.9 – Caso hipotético de aquecimento constante sobre água e arrefecimento constante sobre a terra, o que não leva nem a intensificação nem ao enfraquecimento

$$\nabla^2 H = 0$$

É obvio que a situação anterior não é realista

1. A água rasa ou pouco profunda, próxima a costa, é algo mais fria que as águas mais profundas nos pontos mais distantes da costa e, então, suprirá menos calor para o ar.
2. Também a medida que a massa de ar entra em equilíbrio com a superfície do mar menos calor será suprido para o ar.
 - Portanto, ou máximo aquecimento ocorrerá a uma pequena distancia para fora da costa.
1. Analogamente, a influencia marítima manterá a terra próxima a costa um pouco mais quente que o ar interior.
2. O efeito adicional de aquecimento devido a subsistência, a medida que o ar frio escoia pelos vales das montanhas, tende a situar a área de máxima perda de calor no interior do continente.
 - Portanto, a configuração inicial (Fig. 4.8a) é uma aproximação razoável para o que ocorre.

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

- O termo **diabático** contribui fortemente quando a **costa assume a forma de uma baía ou península**.
- Se consideramos a região **sub-continental** da Índia durante o **Verão**. A **terra é fortemente aquecida e as temperaturas atingem valores maiores de 40°C**, enquanto a **água circundante permanece entre 25°C e 30°C**. O escoamento normal de verão sobre a Índia é de **Oeste**. A medida que este ar atravessa a Índia ele é aquecido por baixo, o que gera **vorticidade ciclónica**.

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos diabáticos

- O termo diabático também inclui o aquecimento devido a libertação de calor latente de condensação. Este aquecimento é máximo em sistemas de baixa pressão nas latitudes medias, abundantes em humidade. O aquecimento pela libertação de calor latente serve para intensificar ciclones.
- No caso de furacões, é este suplemento de calor que serve como principal fonte de energia para o sistema – o ar que se desloca rapidamente em direcção ao centro traz grandes quantidades de vapor de água, que se condensa a medida que o ar sobe.
- O aquecimento diabático em furacões é máxima nas torres convectivas profundas que se formam próximo do olho do sistema. Então, o desenvolvimento máximo ocorre próximo ao olho.

4.4.2 – Efeitos **adiabáticos**

$$-\frac{R}{f} \nabla^2 S$$

Se define

$$S \equiv \overline{(\gamma_d - \gamma)} \omega L n \frac{p_0}{p} \text{ termo de estabilidade}$$

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos adiabáticos

Como vimos , o termo adiabático pode ser escrito como:

$$-\frac{R}{f} \nabla^2 S = -\frac{R}{f} \text{Ln} \frac{p_0}{p} \nabla^2 [(\gamma_d - \gamma)\omega] \tag{4.44}$$

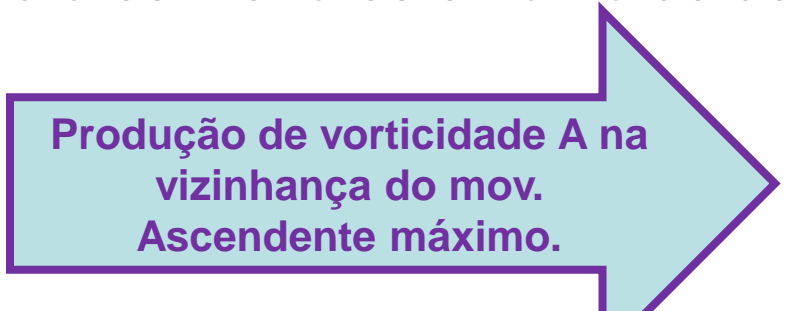
Ou ainda, em condições estáveis ($\Upsilon < \Upsilon_d$)

$$\nabla^2 S \propto \nabla^2 \bar{\omega} \tag{4.45}$$

Inicialmente se considera um **sistema de Baixa Pressão á superfície**. Acima da Baixa, o ar deve de estar subindo $\bar{\omega} < 0$

Em geral, o **máximo movimento** ascendente ocorre aproximadamente sobre a **Baixa em Superfície** , com valores menores entorno de dela, então $\bar{\omega}$ É um mínimo

O que leva a que $\nabla^2 \bar{\omega} > 0$



- Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos adiabáticos

$$\nabla^2 \bar{\omega} > 0$$

Portanto, se vê que este termo leva a **produção de vorticidade anticiclónica na vizinhança do movimento ascendente máximo**. Analogamente, o termo adiabático provoca a produção de vorticidade ciclónica no caso de movimento subsidente máximo

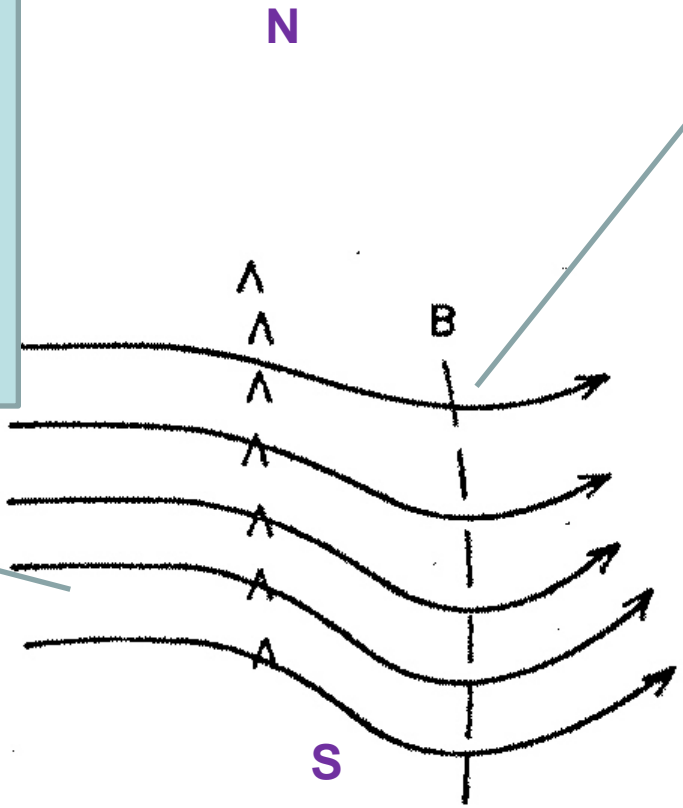
•Portanto, desde que a atmosfera seja estável, o termo adiabático geralmente **tende a actuar como um freio**, tanto no desenvolvimento **ciclónico como anticiclónico**. Em **certas circunstâncias**, porém, o termo **adiabático ajuda no desenvolvimento**. A cava a sotavento da montanha é um desses casos.

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos adiabáticos

- Seja considerada uma **cadeia de montanhas** orientadas na **direcção norte-sul**, tais como as **Rochosas ou os Andes**, com **escoamento sobre as montanhas vindo de oeste**. A medida que o ar sofre **subsistência a sotavento das montanhas**, o termo **adiabático produz vorticidade ciclónica**. O ar **ascende a barlovento das montanhas auxilia na produção de vorticidadee anticiclónica**.
- Normalmente contodo, o ar ascendente a barlovento se torna saturado e o **aquecimento diabátco** resultante tende a se **contrapor aos efeitos adiabáticos**. A Fig. 4.11 ilustra uma configuração típica para as isobáricas, resultante do **movimento adiabático sobre uma cadeia de montanhas, em condições estáveis**. Esta configuração observada a oeste dos EUA e de Argentina

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos adiabáticos

ar ascendente a barlovento se torna saturado e o aquecimento **diabático** resultante tende a se **contrapor aos efeitos adiabáticos**



A medida que o ar sofre **subsistência a sotavento das montanhas**, o termo **adiabático produz vorticidade ciclônica**

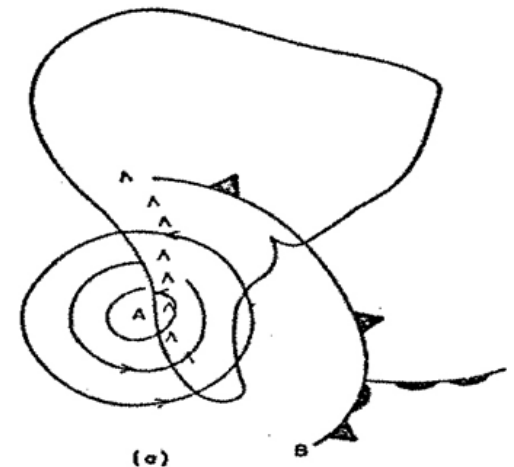
Fig. 4.11 - Configura isobárica típica do escoamento **adiabático em condições estáveis** sobre uma cadeia de montanhas no HN

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos adiabáticos

• O termo **adiabático afecta a trajectória de distúrbios transientes.**

- A **oeste da crista** de uma montanha, os sistemas de alta pressão **são deflectidos** em direcção aos pólos
- enquanto a **leste eles são deflectidos em direcção ao Equador**,.

Para mostrar este efeito
Considere-se um Anticiclone à superfície à medida que ele aproxima-se dos Andes, na América do Sul.



Na **ausência de efeitos adiabáticos** se pode esperar uma carta de superfície análoga apresentada na Fig. 4.12a

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos adiabáticos

- É interessante avaliar os efeitos **adiabáticos** em cada uma das 4 regiões indicadas na Fig. 4.12a.
 - Em virtude da circulação entorno do Anticiclone, o ar na região 1 está subindo em direcção a crista da montanha. Isto é também verdadeiro para a **região 3. Nessas regiões, há uma produção de vorticidade anticiclónica.**
 - De maneira análogas, as regiões **2 e 4** são caracterizadas pelo movimento corrente abaixo que leva à produção de **vorticidade ciclónica.**

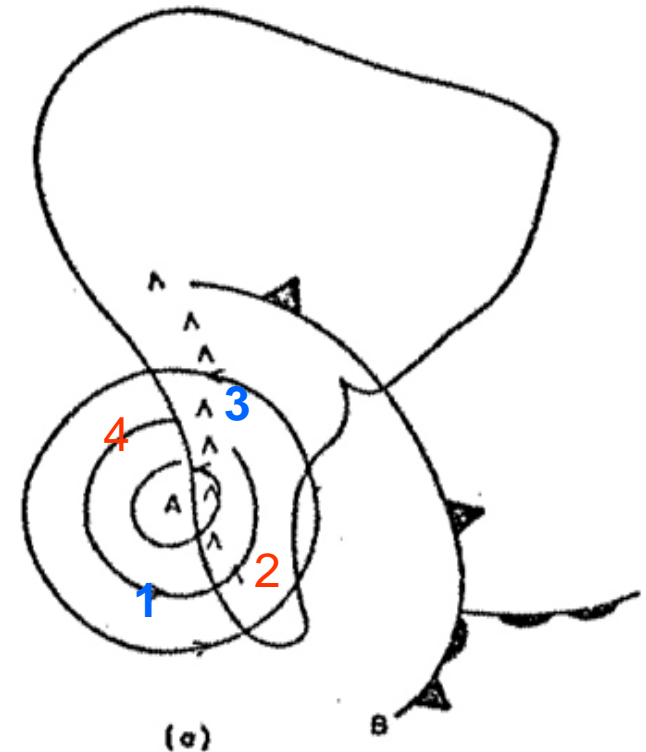


Fig. 4.12 – Configuração esperada para o campo de pressão á superfície
(a) desprezados os efeitos adiabáticos

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos adiabáticos

- Portanto, os efeitos adiabáticos deformam o anticiclone, apresentado na Fig. 4.12a. Para asemelhar a Fig 4.12 (b)
 - Esta configuração é frequentemente observada próxima dos Andes, de Março a Dezembro. Uma configuração semelhante é também encontrada no oeste dos EUA e, as vezes, sobre as montanhas dos Apalaches (na região leste dos EUA)



Fig. 4.12 – Configuração esperada para o campo de pressão á superfície (b) incluindo os efeitos adiabáticos

4.4.3 – Efeitos da **advecção de espessura**

$$-\frac{g}{f} \nabla^2 A_{\Delta z}$$

- Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de espessura
- Analogamente aos casos dos efeitos diabáticos e adiabáticos, é a configuração da advecção de espessura que é importante para causar variações na vorticidade.
- Seja a situação de um sistema de baixa pressão á superfície no HN, com as suas frentes associadas (Fig 4.13).
 - A área delimitada por A, na figura 4.13, é onde ocorre a advecção quente mais intensa e, portanto, representa a área de máxima advecção de espessura.

Portanto,
 este termo contribui para a
 produção de vorticidade
ciclónico na vanguarda de uma
frente quente



$$\nabla^2 A_{\Delta z} < 0$$

$$-\frac{g}{f} \nabla^2 A_{\Delta z} > 0$$

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de espessura

A, na advecção quente mais intensa e, portanto, representa a área de máxima advecção de espessura.

$$\nabla^2 A_{\Delta z} < 0$$
$$-\frac{g}{f} \nabla^2 A_{\Delta z} > 0$$

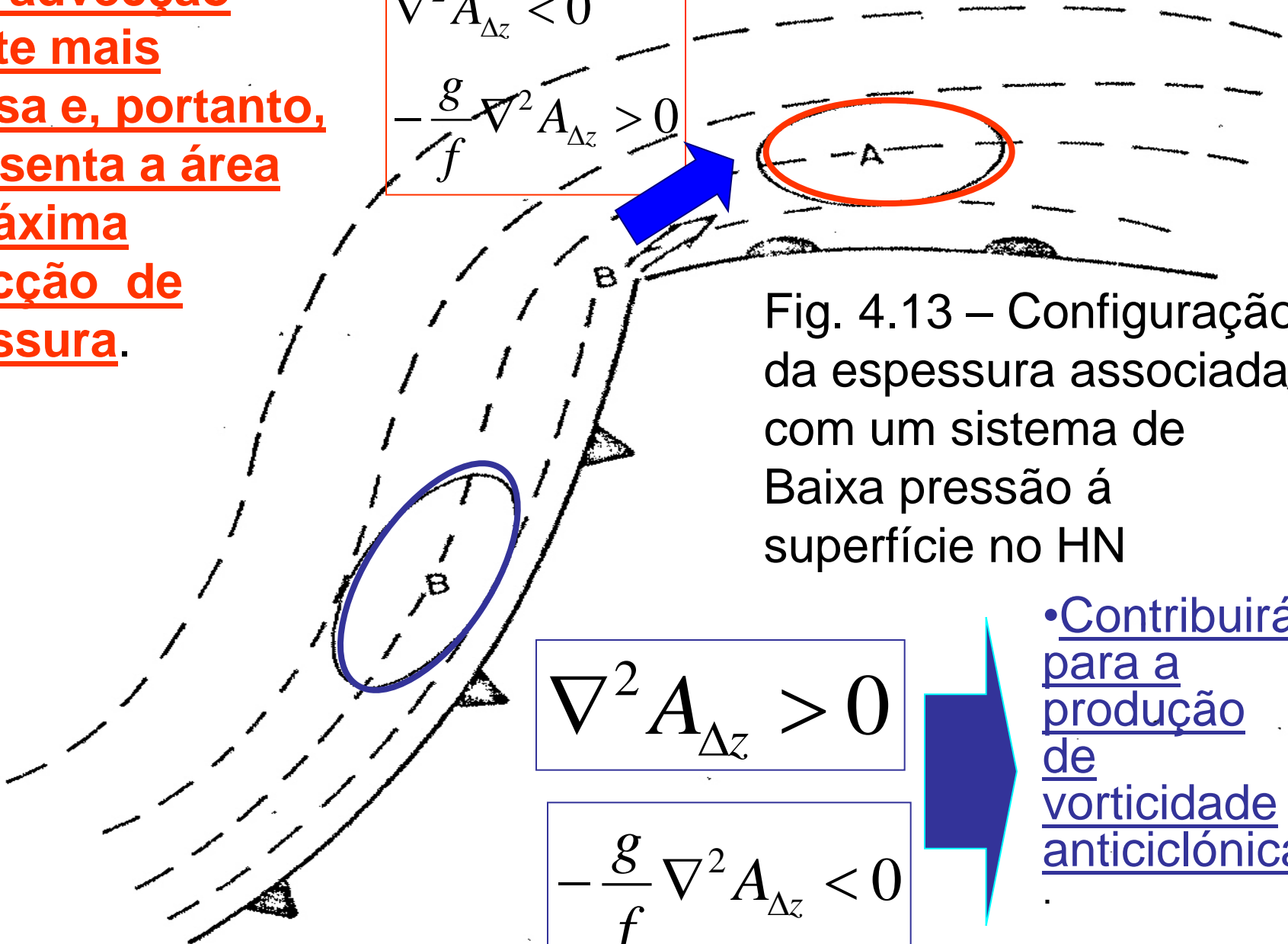


Fig. 4.13 – Configuração da espessura associada com um sistema de Baixa pressão á superfície no HN

$$\nabla^2 A_{\Delta z} > 0$$

$$-\frac{g}{f} \nabla^2 A_{\Delta z} < 0$$

• Contribuirá para a produção de vorticidade anticiclónica

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de espessura

A área **B** delimitada é a região de máxima advecção fria,

$$\nabla^2 A_{\Delta z} > 0$$

e

O termo de Advecção de espessura Contribuirá para a produção de vorticidade anticiclónica.

$$-\frac{g}{f} \nabla^2 A_{\Delta z} < 0$$

É também evidente pela Fig 4.13 que a **Advecção de espessura na vizinhança do centro da baixa em superfície é nula.**

➤ Portanto,

➤ de uma maneira directa, o termo de **Advecção** de espessura pouco afecta a intensificação ou o enfraquecimento de sistemas de superfície, contribuindo em vez disto para o seu movimento.

➤ No caso de baixa esboçada na Fig 4.13, ela se move da região onde a tendência da vorticidade é máxima positiva (máxima advecção fria) para a região onde a tendência da vorticidade é máxima negativa (máxima advecção quente), como indicado pela Seta próxima ao centro de baixa pressão. O termo de Advecção de espessura contribui para o desenvolvimento de uma **maneira indirecta**, através de **intensificação das cavas e das cristas na troposfera media**, realizando assim a advecção de vorticidade

4.4.4. Efeito da advecção de vorticidade

$$A_Q$$

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade

- Os efeitos da advecção de vorticidade já foram brevemente discutidos em associação com estrutura vertical dos sistemas extra tropicais (secção 4.1).

$$\frac{\partial Q_0}{\partial t} = \boxed{A_Q} - \frac{g}{f} \nabla^2 A_{\Delta z} - \frac{R}{f} \nabla^2 S - \frac{R}{f} \nabla^2 H + C \cdot \nabla Q_0$$

- Com base na eq. (4.42), a advecção de vorticidade ciclónica (AVP no HN e AVN no HS), no NND leva a produção de vorticidade ciclónica no nível de 1000 hPa.
- Analogamente, a advecção de vorticidade anticiclónica no NND é favorável a produção de vorticidade anticiclónica no nível de 1000 hPa
- Nesta secção, **será desenvolvida uma expressão em coordenadas naturais para vorticidade no NND que facilitará a avaliação deste termo.** A advecção de vorticidade é definida como

$$A_Q = -V \cdot \nabla Q \quad (4.46)$$

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade

Em coordenadas naturais
$$Q = \frac{V}{R} - \frac{\partial V}{\partial n} + f \tag{4.47}$$

A advecção de vorticidade em coordenadas naturais é dada por

$$A_Q = -V \frac{\partial Q}{\partial s} \tag{4.48}$$

Se define a **curvatura do escoamento** da seguinte forma

$$k_s = \frac{1}{R} \tag{4.50}$$

Com esta definição e utilizando a eq. 4.47 segue que:

$$Q = V k_s - \frac{\partial V}{\partial n} + f \tag{4.51}$$

Substituindo 4.50 em 4.48

$$A_Q \cong -V^2 \frac{\partial k_s}{\partial s} - V k_s \frac{\partial V}{\partial s} + V \frac{\partial^2 V}{\partial n \partial s} - V \frac{\partial f}{\partial s}$$

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade

Em geral, o termo que envolve a **variação de f na direcção s** (direcção de movimento) **é pequeno**. Então, este termo será **desprezado**.. Por outro lado $V \frac{\partial f}{\partial s}$

$$\frac{\partial^2 V}{\partial n \partial s} = \frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{\partial V}{\partial n} \right)$$

É a variação na **magnitude de cisalhamento horizontal** ao longo da direcção do movimento. Este termo também é, normalmente, bem **pequeno** e pode **ser desprezado**. Então, tem-se que:

$$A_Q = -V^2 \frac{\partial k_s}{\partial s} - V k_s \frac{\partial V}{\partial s} \tag{4.52}$$

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade

O termo $\frac{\partial V}{\partial s}$ esta relacionado com a confluência ou difluência do escoamento no NND. Utilizando a eq. 2.15 se pode obter uma expressão para este termo

$$\nabla_p \cdot V = \frac{\partial V}{\partial s} + V \frac{\partial \delta}{\partial n} \tag{4.53}$$

No NND $\nabla_p \cdot V = 0$

E, portanto, $\frac{\partial V}{\partial s} = -V \frac{\partial \delta}{\partial n}$ (4.54)

Substituindo 4.54 em 4.52

$$A_Q = -V^2 \frac{\partial k_s}{\partial s} - V k_s \frac{\partial V}{\partial s}$$

$$A_Q = -V^2 \left(\frac{\partial k_s}{\partial s} - k_s \frac{\partial \delta}{\partial n} \right) \tag{4.55}$$

- Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade

$$A_Q = -V^2 \left(\frac{\partial k_s}{\partial s} - k_s \frac{\partial \delta}{\partial n} \right)$$

Assim sendo, a configuração do escoamento possibilita determinar a advecção de vorticidade numa carta de 500 hPa

Consideremos as configurações do escoamento apresentadas na Fig. 4.14. Na ausência de confluência ou de difluência a advecção de vorticidade é simplesmente dada por

$$A_Q = -V^2 \frac{\partial k_s}{\partial s} \quad (4.56)$$

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade

$$A_Q = -V^2 \frac{\partial k_s}{\partial s}$$

- Nas **cavas e nas cristas** da Fig. 4.14 **k_s ou é um máximo ou um mínimo**. Portanto, $\frac{\partial k_s}{\partial s} = 0$ nas cavas e nas cristas e, conseqüentemente **A_Q também é zero**.
- A curvatura muda mais rapidamente, na direcção **s**, nos **pontos de inflexão**. - Para o HN, $\frac{\partial k_s}{\partial s} > 0$ - (máximo) entre a crista e o próximo cavado corrente abaixo. - Portanto, esta é uma região de **AVN**.
- Analogamente, entre a cava e a próxima crista corrente abaixo, $\frac{\partial k_s}{\partial s} < 0$, o que implica AVP.
 - Estas regiões de AVP e AVN seriam favoráveis para ciclo - génese e para a anti-clogénese, rapidamente, no HN.

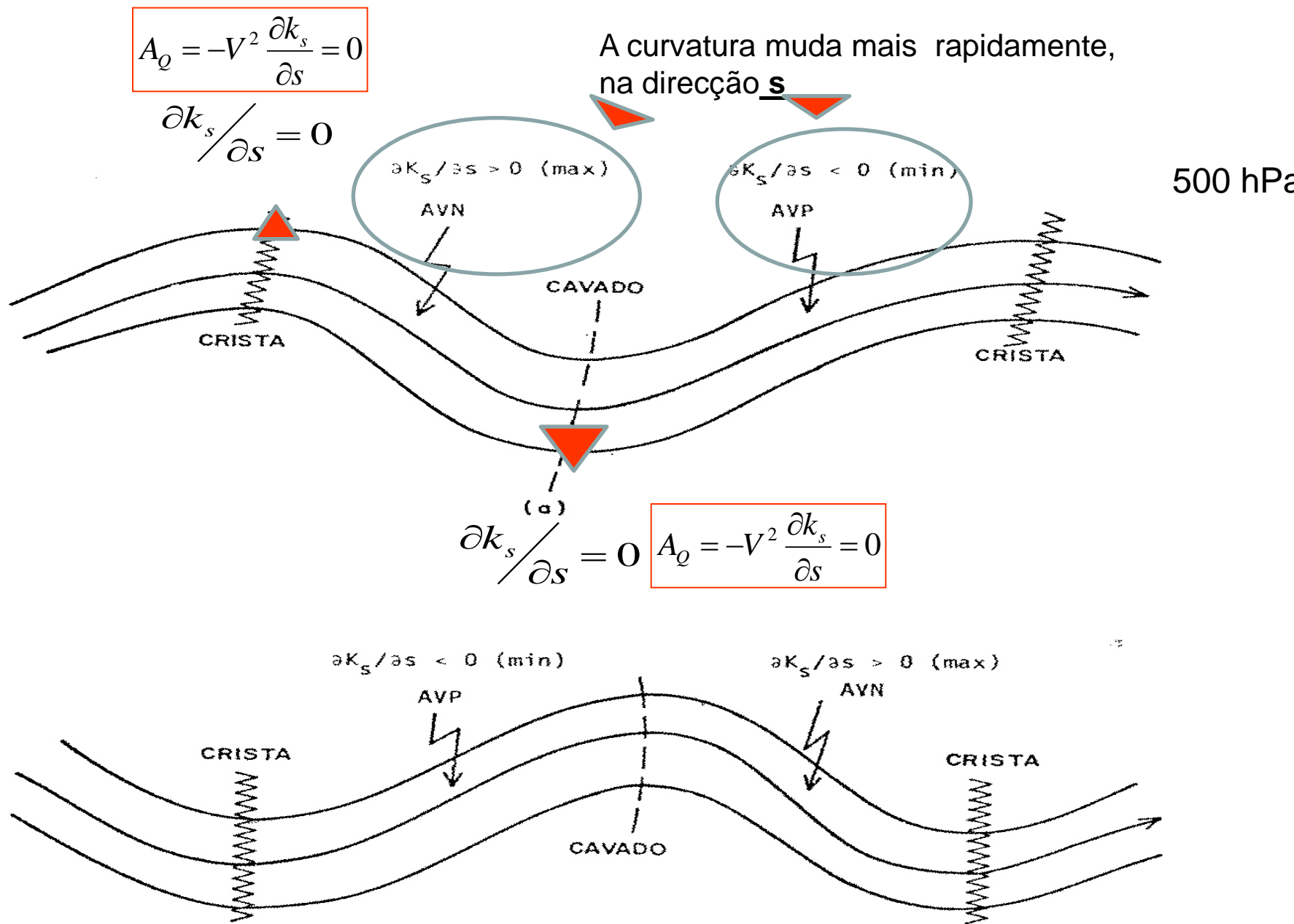
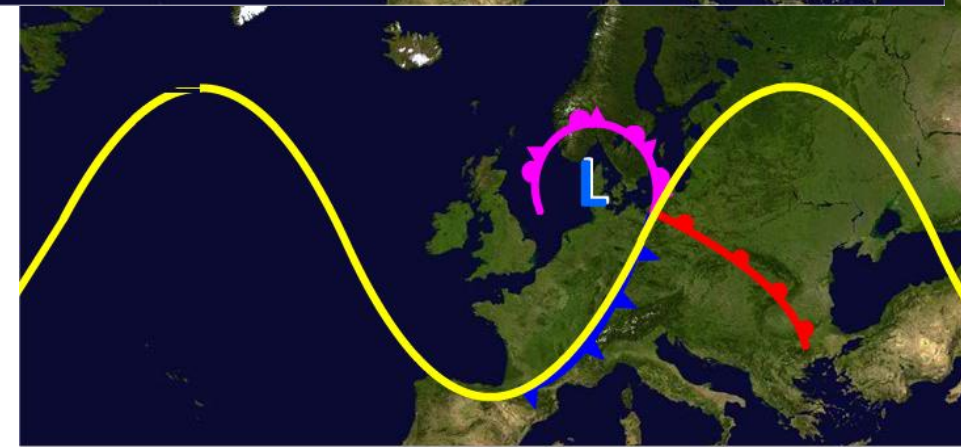
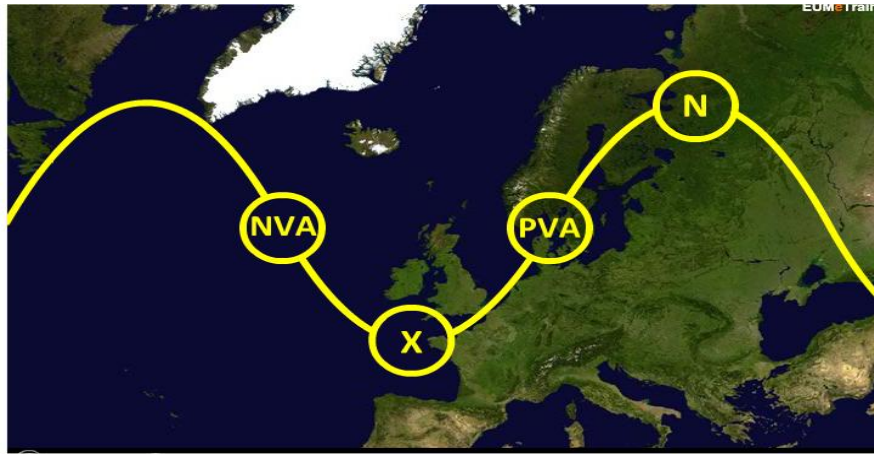
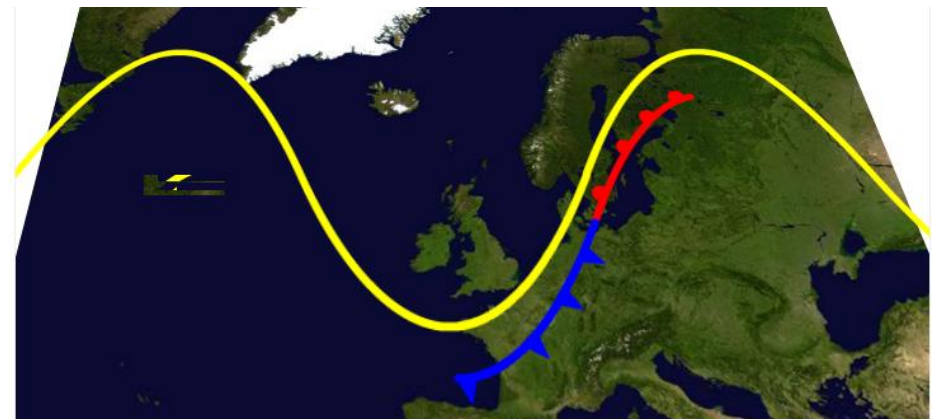


Fig. 4.14 – Configuração de cava e de crista sem confluência e sem difluência para (a) HN, (b) HS a advecção de vorticidade é simplesmente

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade



- Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade

$$A_{\theta} = -V^2 \left(\frac{\partial k_s}{\partial s} - k_s \frac{\partial \delta}{\partial n} \right)$$

Considera a situação ilustrada na Fig 4.15, que inclui difluência e confluência.,

Para movimento **confluente** $\partial \delta / \partial n < 0$ E para movimento **difluente** $\partial \delta / \partial n > 0$

Para localizar regiões de **máxima AVP e AVN** é necessário encontrar as **regiões onde ambos os termos do lado direito da eq. 4.55 apresentam o mesmo sinal.**

Na região A

$$\partial k_s / \partial s > 0, \partial \delta / \partial n < 0 \text{ e } k_s > 0$$

Portanto, os 2 termos da eq.4.55 tem o **mesmo sinal** e a **região A é uma região de máxima AVN.**

Na **região B,**

$$\partial k_s / \partial s < 0, \partial \delta / \partial n > 0 \text{ e } k_s > 0$$

eq.4.55, Também, tem o **mesmo sinal** e a **região B é uma região de máxima AVP.**

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade

E de novo, os termos tem o mesmo sinal. Portanto, na região B se tem um máximo AVP.

Para a região C,

$$\partial k_s / \partial s < 0, \partial \delta / \partial n > 0 \text{ e } k_s < 0$$

nesta região, os 2 termos tendem a cancelar. Portanto, nesta região, A_Q é pequena

Conclui que a região mais favorável para ocorrer **ciclogéneses em 1000 hPa** seria a região B. Analogamente, a região mais favorável para a **anticiclogéneses em 1000 hPa** seria a região A

Se considere agora a configuração de escoamento no HN mostrado na Fig 4.16

Deixa para o leitor determinar as regiões mais favoráveis para a ciclogenesis e para Anticiclones em 1000 hPa

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade

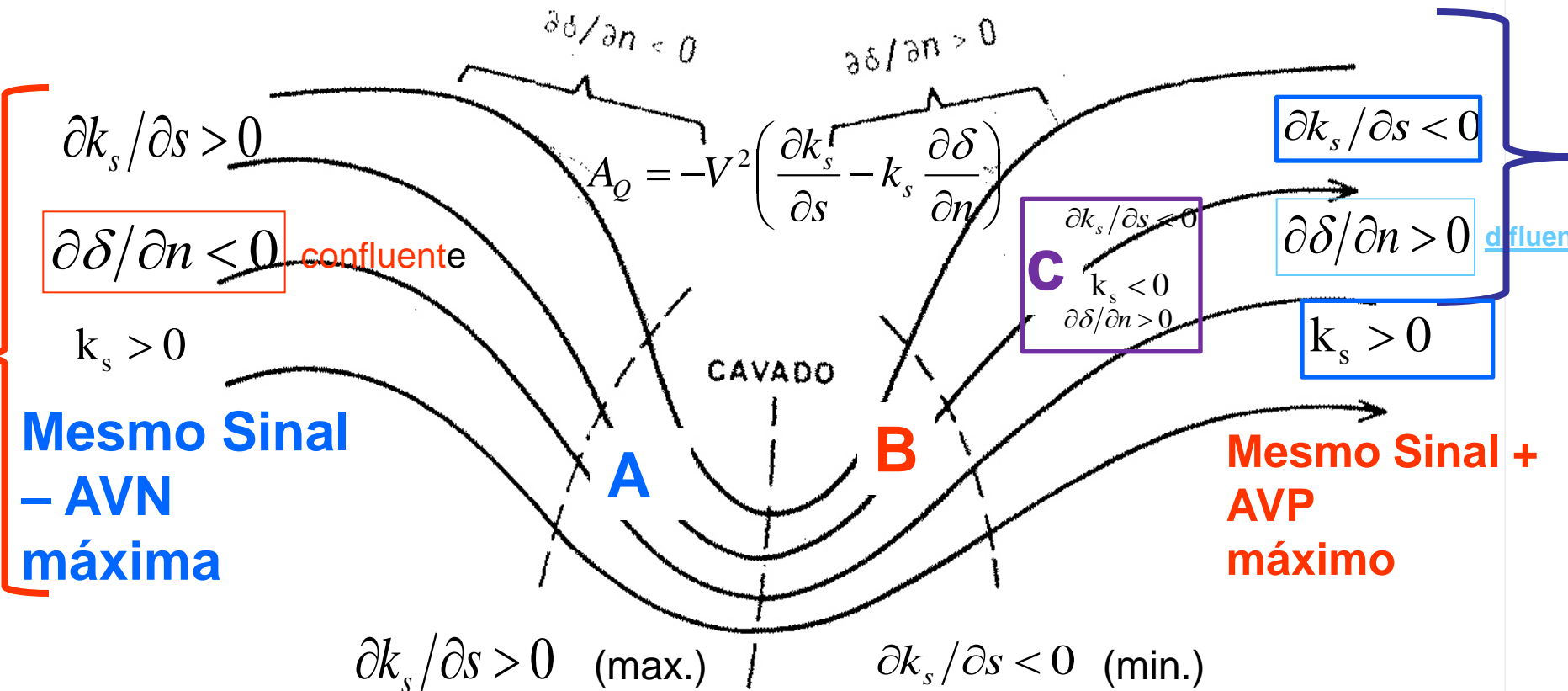
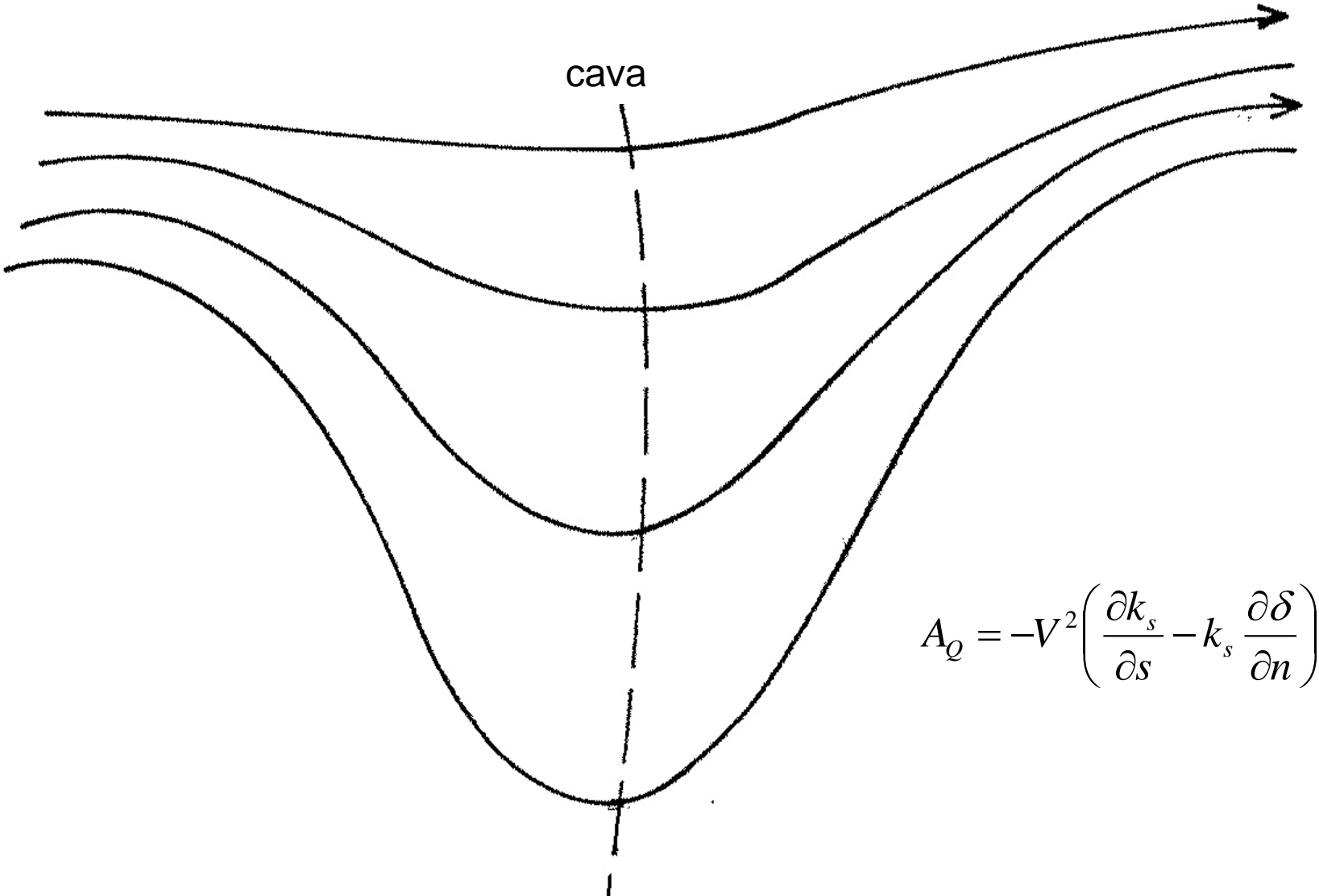


Fig. 4.15 – difluência e confluência associados a um cavado em 500 hPa no no HN

Conclui que a região mais favorável para ocorrer **ciclogéneses em 1000 hPa seria a região denotada por B**. Analogamente a região mais favorável para a **anticiclogéneses em 1000 hPa seria a região A**

➤ Aplicação da equação de desenvolvimento – Efeitos da advecção de Vorticidade



$$A_Q = -V^2 \left(\frac{\partial k_s}{\partial s} - k_s \frac{\partial \delta}{\partial n} \right)$$

Fig. 4.16 – Configuração de escoamento em 500 hPa no HN exibido difluência e confluência