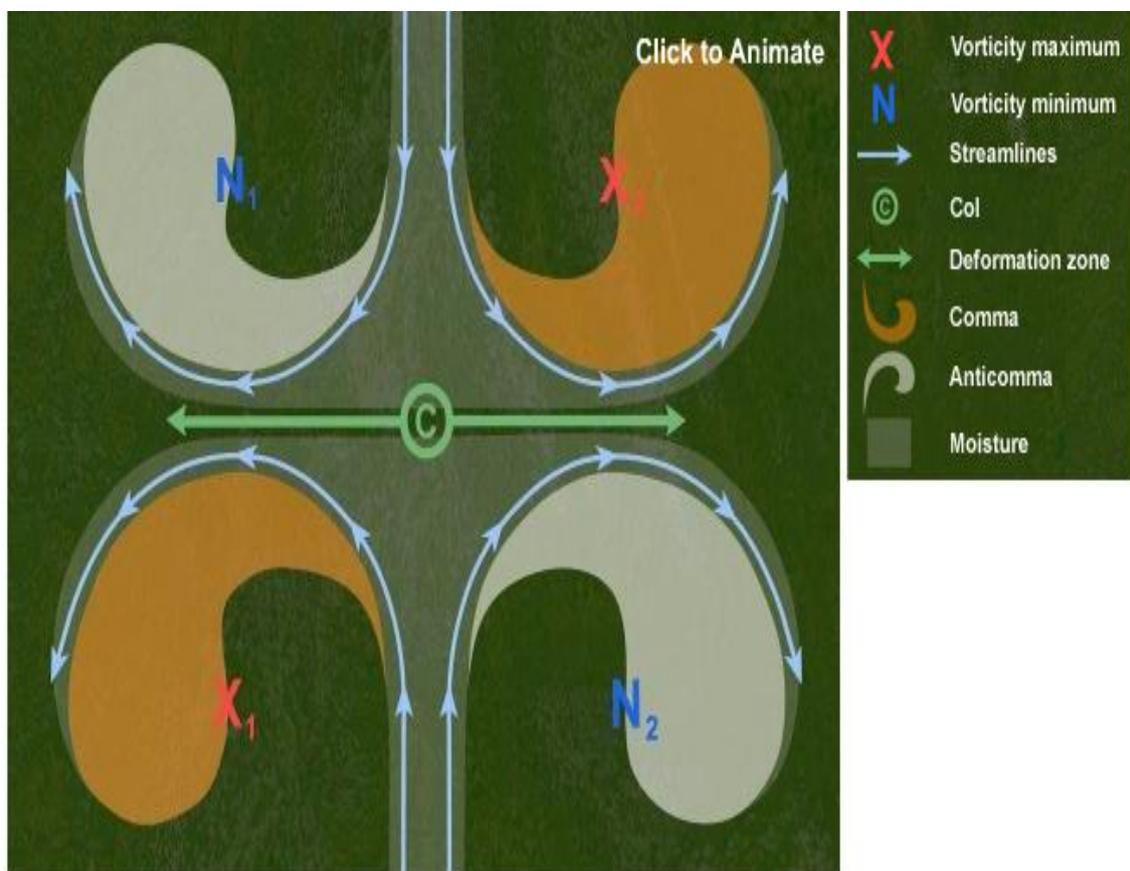




Análise de Zonas de Deformação



Trabalho realizado por:

Daniel Alexandre Gomes Pinto N° 41700

Índice

Página

Objectivos.....	3
Introdução	3
Génese das zonas de deformação	4
Componentes das zonas de deformação	5
Natureza a três dimensões de uma zona de deformação.....	6
Tipos de zonas de deformação	7
Deformação em linha recta sem vento de cisalhamento	7
Eixo de vento máximo sob a corrente da zona de deformação.....	10
Zona de deformação convexa.,.....	12
Dois centros de vorticidade máxima ou (S invertido)	13
Cadeias de vorticidade máxima	14
Dupla vorticidade mínima.....	15
Cadeias de vorticidade mínima.....	16
Implicações e dicas para a análise de zonas de deformação.....	17
Conclusão	19
Bibliografia	20

Objectivos

Analisar a circulação das massas de ar assim como os fluidos envolvidos;

Analisar os centros de vorticidade que geram as zonas onde são “*paired*” (emparelhados) ou “*companion*” (acompanhados);

Analisar os eixos relacionados com o vento máximo;

Analisar a localização, orientação e forma da zona de deformação;

Analisar o ponto de sela numa circulação e as assíptotas confluentes ao longo do eixo de deformação.

Introdução

Antes de mais deverá ser dada uma noção, acerca do que são as zonas de deformação na atmosfera.

Este tipo de fenómeno ocorre praticamente todos os dias ao longo do Globo, não havendo uma estação nem época propícia à sua formação.

Estas zonas consistem na mudança de forma de uma massa de fluido, devido a mudanças na direcção do vento, nomeadamente por alongamento e/ou por cisalhamento deste.

A deformação é o primeiro passo para a génese de uma frente que posteriormente pode evoluir para o fortalecimento da frente ou caso contrário para o decaimento desta.

Uma rápida análise das zonas de deformação fornece uma visão geral da circulação atmosférica, pois permite analisar a formação ou desaparecimento de frentes, o que é essencial na previsão de tempo ou diagnóstico da atmosfera.

Neste trabalho vão ser estudadas as zonas de deformação e os respectivos locais de transporte, para além dos máximos e mínimos de vorticidade que podem ser “*paired*” (emparelhados) ou “*companion*” (acompanhados) e ainda os eixos de ventos máximos.

Em primeira mão serão definidos os constituintes que se geram nestas zonas, explicando com exemplos a sua formação.

No final do trabalho serão abordados alguns dos principais sistemas meteorológicos gerados pelas zonas de deformação, e tipos de deformação observados em imagens de satélites.

Génesis das zonas de deformação

Uma zona de deformação é a região na atmosfera onde existe cisalhamento ou alongamento das massas de ar. As variações espaciais no campo de velocidade do vento entre duas massas de ar de características diferentes geram uma alteração na forma dessas massas de ar, o que pode ser visível nos padrões de nuvens gerados, que são característicos destas zonas, e podem ser facilmente visíveis em imagens de satélite no canal do vapor de água. A análise destas zonas permite verificar se existe formação de frentes ou a sua destruição

A sequência de imagens que se segue permite analisar um exemplo de formação deste tipo de estruturas.

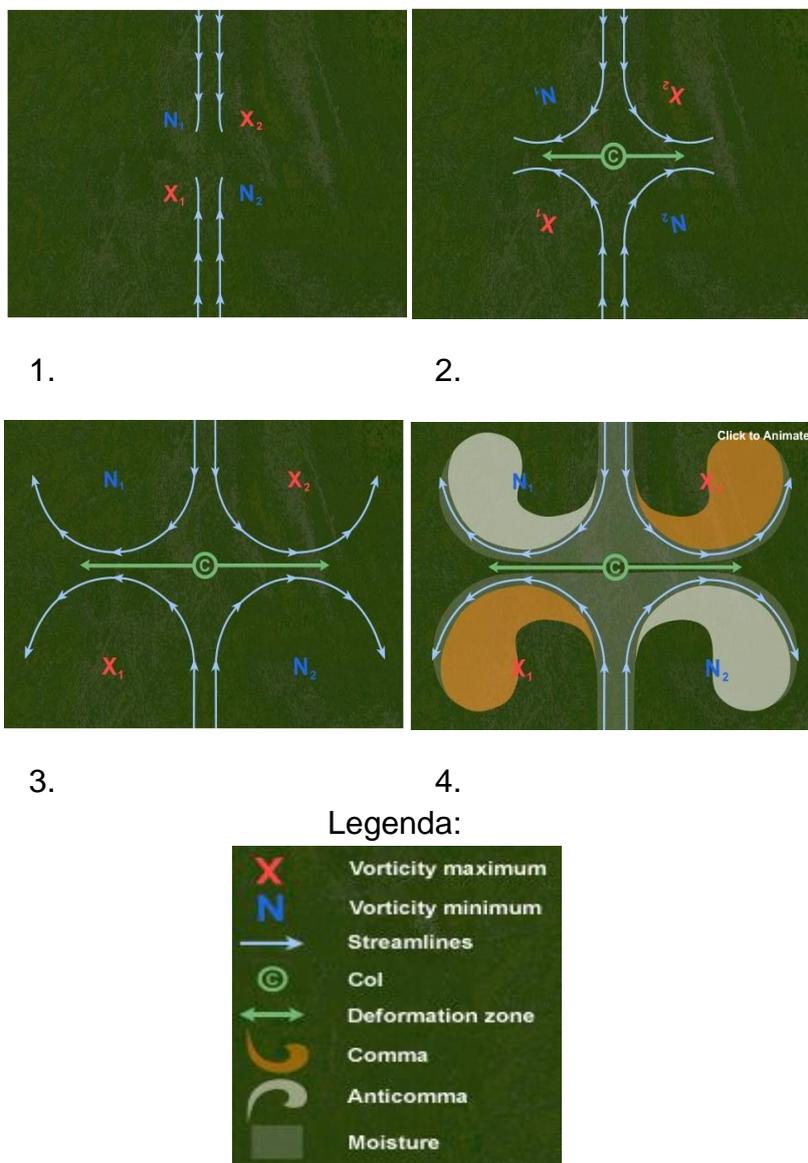


Fig.1- Génesis esquemática de uma zona de deformação

A zona de deformação é o balanço entre fluidos opostos. A zona de deformação é essencial na circulação de ar.

Componentes das zonas de deformação

As regiões dinâmicas responsáveis pela evolução de uma zona de deformação são os centros de vorticidade máximos e mínimos. Uma deformação é assim definida por esses centros. Podemos definir centros de vorticidade “paired” (emparelhados) ou “companion” (acompanhados).

Os centros de vorticidade “Paired” (emparelhados) são a ligação entre os centros de vorticidade máxima e mínima, que atravessa a assíntota confluyente (zona paralela à zona de deformação) numa zona de deformação.

Encontrar o “col” ou a zona de onde as linhas de corrente divergem, permitem obter a zona onde estas linhas se aproximam formando a zona de deformação. Ao subir com a massa de ar mais seca e ao descer pela massa de ar mais húmida, encontra-se um local onde os fluidos param de convergir, é a chamada zona de deformação tendo no seu centro o “col” ou garganta.

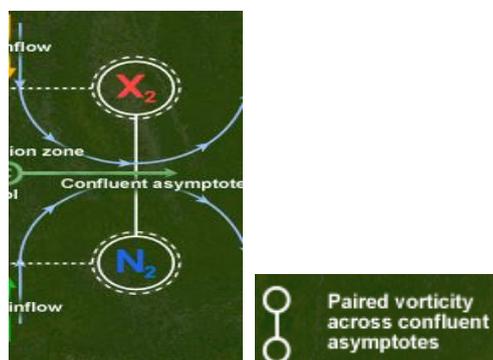


Fig.2 Centros de vorticidade “paired” (emparelhados)

Os centros de vorticidade “companion” (acompanhados) são a ligação entre os centros de vorticidade mínima e máxima que atravessa o eixo de contracção na zona de entrada da massa de ar húmido ou seco.



Fig.3 Centros de vorticidade “companion” (acompanhados)

Deve olhar-se para centros de vorticidade como algo mais do que figuras dinâmicas para localizar a advecção de vorticidade. Estes centros controlam a circulação das massas de ar na sua vizinhança. Os centros de vorticidade controlam a localização das zonas de deformação a eles associados, das massas de ar e das suas células transportadas. Ao fazer estes controlos, consegue-se fazer a previsão e diagnósticos da atmosfera.

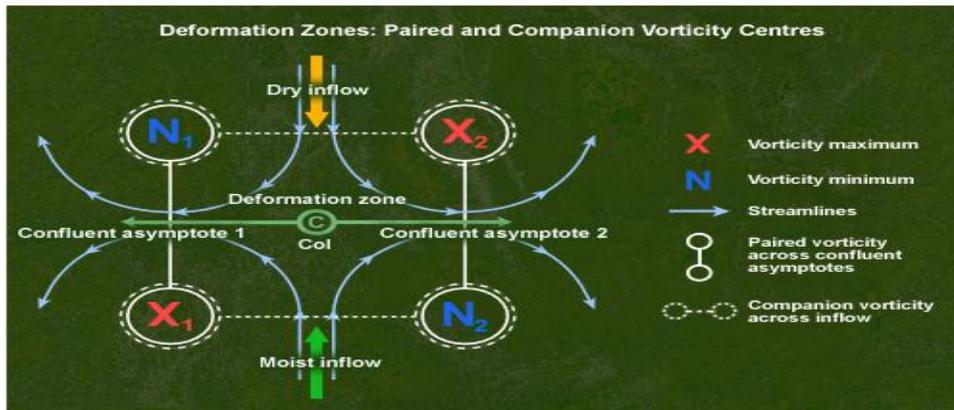


Fig.4- Componentes de uma zona de deformação

Como se pode observar na Fig.4, o centro de vorticidade X1 não está apenas ligado com N1 através da zona de assíptota confluyente 1, mas também com o centro de vorticidade mínima N2 através da ligação “companion” (acompanhado) atravessando a entrada de ar húmido entre eles. O mesmo se verifica para o centro de vorticidade mínima N1, que está (acompanhado) pelo centro de vorticidade máxima X2, através da entrada de massa de ar seco entre eles. A força relativa dos centros X1, N1, X2 e N2 dão informação sobre o tamanho, forma e movimento através de uma zona de deformação.

Na atmosfera deve considerar-se o tipo de massa de ar numa circulação, para a identificação de uma massa de ar pode recorrer-se à temperatura potencial. No movimento de massas de ar muitas vezes existe colisão destas, e portanto como têm diferentes densidades irá haver deformação ou contracção dos fluidos relativos durante essas colisões.

As circulações dentro das massas de ar podem também causar alongamento desse fluido. Distorções na forma da massa de ar assim que esta colide ou se alonga podem ser visto como uma forma de deformação.

Natureza a três dimensões de uma zona de deformação



Fig.5- Zona de deformação num transporte de massa de ar quente

A temperatura potencial pode ser usada para identificar as massas de ar e consequentemente a zona de deformação. Deformações nas zonas de deformação na vertical, podem relacionar-se com instabilidade.

Como se pode verificar no modelo da figura em que se representa o transporte de massa de ar quente, os movimentos quase - horizontais à escala sinóptica são de maior grandeza do que os movimentos verticais.

É por isso que se representam as zonas de deformação em superfícies quase horizontais como as cartas isobáricas. É mais fácil representar a duas dimensões do que em modelos a três dimensões, que é o que acontece na atmosfera real. Examinando a deformação a duas dimensões torna-se bastante mais simples utilizar estruturas quase – horizontais.

As zonas de deformação em diferentes níveis de pressão podem dar informação sobre circulações atmosféricas mais complexas.



Fig.5- Nesta figura são observáveis as três camadas de mistura num transporte de massa de ar quente

Tipos de zonas de deformação

Deformação em linha recta sem vento de cisalhamento

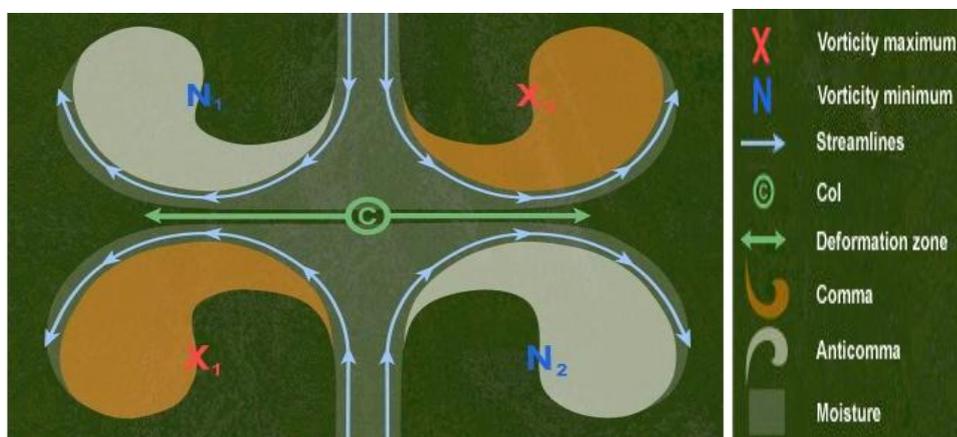
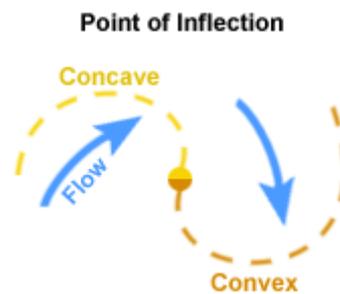


Fig.6- Zona de deformação em linha recta

Uma zona de deformação em linha recta sem zonas de vento máximo e conseqüentemente sem vento de cisalhamento leva a que:

- ✓ As assíptotas confluentes tenham a mesma dimensão;
- ✓ Os centros de vorticidade tenham todos a mesma intensidade, não levando assim a que haja mais deformações para além da inicial;
- ✓ As massas de ar tenham o mesmo tamanho;
- ✓ Os centros de vorticidade e os padrões das massas de ar são dominados apenas pela rotação (curvatura);
- ✓ As nuvens em vírgula em torno dos centros de vorticidade máxima (baixa pressão) resultam apenas de rotação. O máximo de vorticidade, que é também o centro de rotação da nuvem é o ponto de inflexão, isto é um ponto em que a curvatura côncava (entrada do fluxo) se separa da convexa (saída de fluxo), como mostra o esquema seguinte:



- ✓ O sistema nebuloso anti-vírgula com os centros de vorticidade mínimo também resultam apenas de rotação, a vorticidade mínima (N1 e N2) que são os centro de rotação das nuvens, é também um ponto de inflexão;
- ✓ Se estivesse presente vento de cisalhamento, a rotação pura tornar-se-ia diferente e formar-se-iam uma espécie de “*cúspides*” nas nuvens em vírgula ou anti-vírgula. O vento de cisalhamento “Equatorial” (proveniente da zona em que se dá a deformação) cria “*cúspides*” de saída (cyclónico ou anticiclónico). O vento de cisalhamento vindo dos “Pólos” (zona de entrada dos fluxos e oposta à zona de deformação), cria cúspides de entrada (cyclónico ou anticiclónico). De seguida dá-se uma explicação sobre as “*cúspides*”.

Estes sistemas consistem numa projecção marcada pela intersecção de dois arcos, um ponto em que os dois arcos da curva se intersectam. Por exemplo é o ponto num sistema nebuloso vírgula ou anti-vírgula, que indica a posição da vorticidade máxima ou mínima. Pode coincidir com o ponto de inflexão.

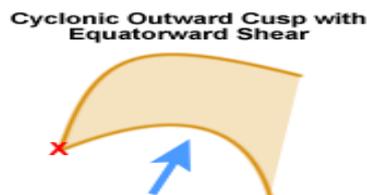


Fig.7- Centro de vorticidade máxima (ciclone) com vento de corte proveniente da zona equatorial da zona de deformação que provoca uma cúspide de saída

Uma projecção de saída é formada pela intersecção de dois arcos com curvatura ciclónica. Em meteorologia uma cúspide de saída é criada por ventos de cisalhamento vindos da zona de deformação (Equatorial) com determinada velocidade que marca a localização do ponto de vorticidade máxima.

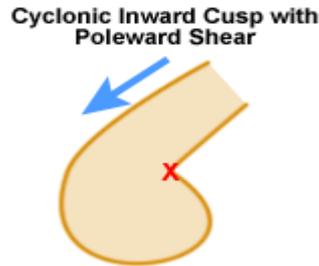


Fig.8- Centro de vorticidade máxima (ciclone) com vento de corte vindo dos pólos e provoca uma cúspide de entrada

Na imagem é notório que existe um ponto de entrada onde as duas curvaturas ciclónicas se intersectam. Em meteorologia uma “cúspide” de entrada é criada pelo vento de cisalhamento que vem da zona de entrada de fluxo, (pólo) e o ponto de vorticidade máxima fica a Este deste sistema.

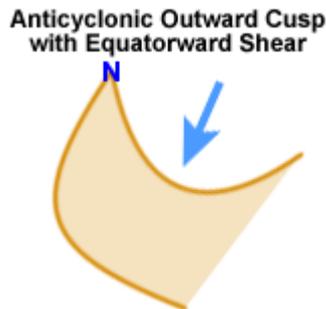


Fig.9- Centro de vorticidade mínima (anticiclone) com vento de corte vindo do Equador da zona de deformação e provoca uma cúspide de saída

Esta imagem demonstra a intersecção entre dois sistemas anticiclónicos que formam uma projecção de cúspide de saída. Em meteorologia uma cúspide anticiclónica de saída é criada por ventos vindos da zona equatorial e corte de Este e que fica a Sul da cúspide marcando a posição do centro de vorticidade mínimo.

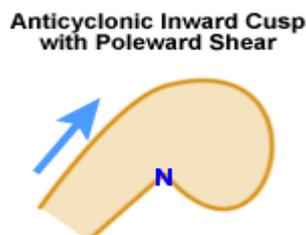


Fig.10- Centro de vorticidade mínima (anticiclone) com vento de corte vindo dos pólos e que provoca uma cúspide de entrada

Dois arcos anticiclônicos intersectam-se formando um ponto de entrada. Em meteorologia uma cúspide anticiclônica de entrada é criada pelo vento de corte de da zona de entrada de fluxo (polar) e de oeste fazendo o centro de vorticidade ficar a Norte da cúspide.

Deformation Zone Example: Straight-line

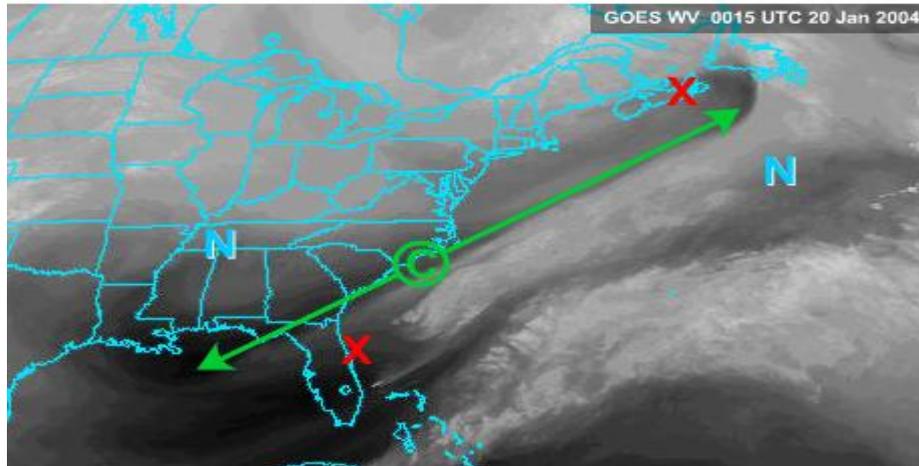


Fig.11- Exemplo de uma zona de deformação em linha recta em imagens de vapor de água

As zonas de deformação em linha recta com vento de cisalhamento mínimo ou inexistente e centros de vorticidade não muito intensos estão tipicamente localizadas bastante longe dos eixos de vento máximo. Tipicamente são pequenos e localizam-se numa parte superior da depressão.

Eixo de vento máximo sob a corrente da zona de deformação

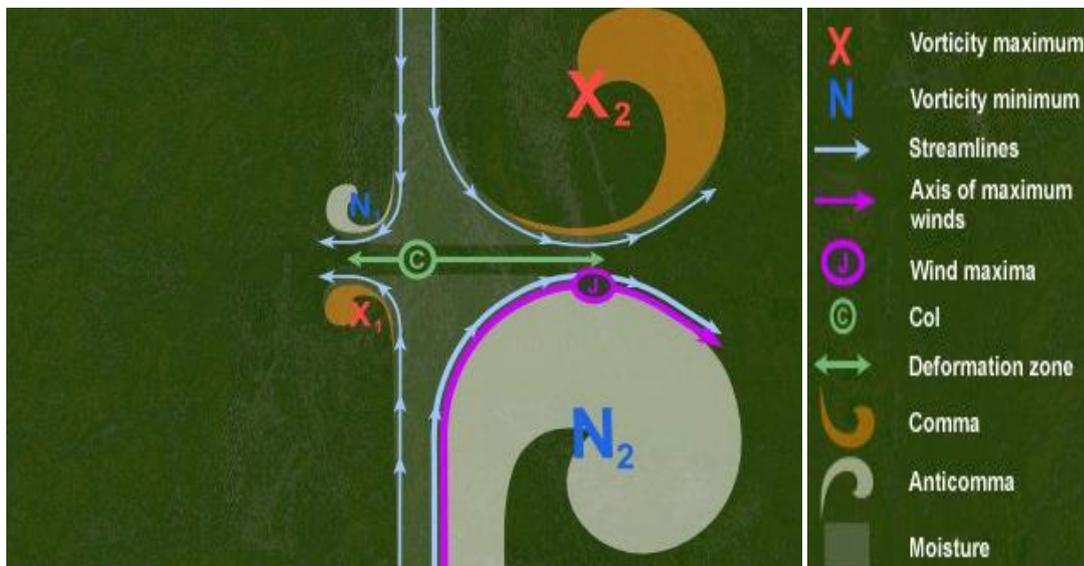
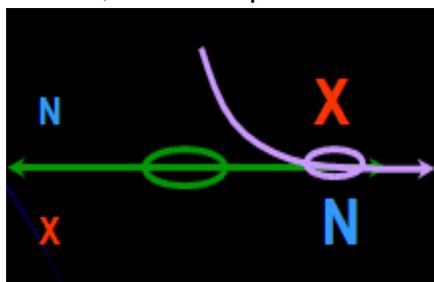


Fig.12- Zona de deformação com confluência do vento máximo

Uma zona de deformação em linha recta com o eixo de vento máximo abaixo da corrente indica que:

- ✓ A assíntota confluyente do lado de baixo da corrente será maior;
- ✓ A circulação emparelhada através da assíntota confluyente abaixo da corrente será maior e criará ambas as rotações (curvatura) e corte.
- ✓ A humidades maiores estão associados a maiores circulações;
- ✓ As circulações emparelhadas através das assíntotas acima da corrente são mais pequenas e são criadas apenas por rotação (curvatura). A humidades mais baixas estão associadas menores circulações;
- ✓ A maior probabilidade de humidade será do lado equatorial da zona de deformação.
- ✓ A nebulosidade em forma de vírgula relativamente seca no centro de vorticidade máxima X2 resulta da rotação e do cisalhamento equatorial da deformação. A vorticidade máxima, que é o centro de rotação da nuvem é uma cúspide ciclónica de saída bastante estreita;
- ✓ A nebulosidade em forma de anti-vírgula com o centro de vorticidade mínima N2 resulta da combinação da rotação e do cisalhamento polar (zona de entrada de fluxo). O ponto de inflexão e o centro de rotação de nebulosidade está localizado em N2. Este ponto de inflexão não está localizado na ponta do bolbo côncavo da massa de ar, mas sim na zona de entrada da cúspide anticiclónica.
- ✓ As linhas de corrente desenhadas são o limite da zona de deformação. Os padrões de mistura ilustram os padrões típicos associados aos centros de vorticidade.
- ✓ Nestes e noutros gráficos a representação dos padrões de mistura destina-se a ilustrar os tamanhos relativos e o tipo de nuvens. As nuvens em vírgula típicas dos ciclones estão representadas a cor diferente das nuvens em anti-vírgula típicas dos anticiclones.

Se existir um eixo de vento máximo numa assíntota confluyente, os pares de vorticidade em cada lado do vento máximo aumentará em magnitude na mesma razão, como se pode observar na figura seguinte:



Zona de deformação convexa



Fig.13- Zona de deformação convexa

Uma zona de deformação convexa, relativa a um fluxo de entrada indica que:

- ✓ Os centros de vorticidade “companions” (acompanhados) ao atravessar a entrada de fluxo mais forte serão mais intensos e dominados pela rotação (curvatura) (parte de inferior na figura);
- ✓ Os centros “companions” (acompanhados) que atravessam a entrada de fluxo mais fraco serão mais fracos e dominados pelo cisalhamento do vento (parte superior da figura);
- ✓ O maior fluxo húmido que forma a nuvem em vírgula com centro de vorticidade máxima em X1 é dominado pela rotação e por vento de cisalhamento da zona do centro da zona de deformação. O máximo de vorticidade, que é o centro de rotação da nuvem é a uma cúspide ciclônica de saída;
- ✓ A maior nuvem em anti-vírgula com o centro de vorticidade mínimo N2, resulta da combinação da rotação e de vento de cisalhamento vindo da zona oposta à deformação (polar). O ponto de inflexão e o centro da rotação da nuvem estão localizados em N2. Geralmente o ponto de inflexão não está localizado na extremidade côncava do arco da massa de ar, mas sim na cúspide anticiclônica de entrada;

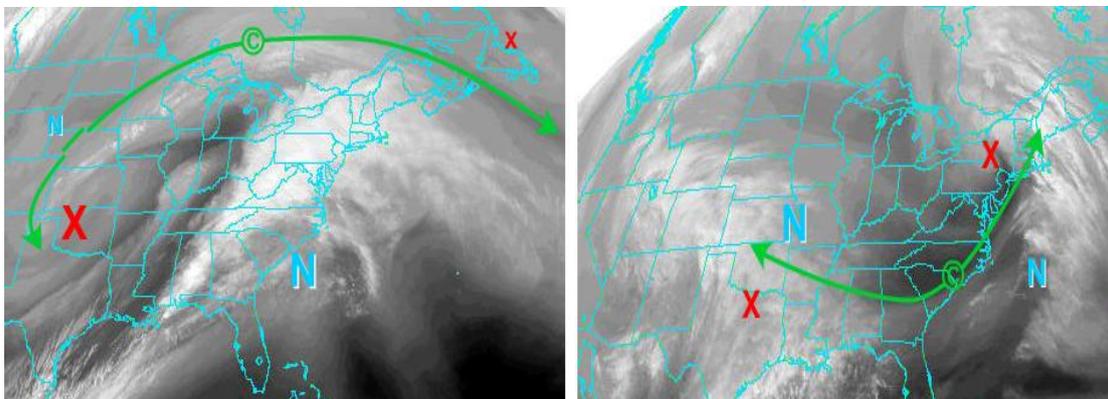


Fig.14- Exemplos de zona de deformação convexa (esquerda) ou côncava (direita)

Quando o máximo de vorticidade domina a zona dos centros de vorticidade (acompanhados), o padrão da zona de deformação convexa associada está interligada com a entrada de ar quente.

Quando um centro de vorticidade mínimo domina uma zona de centros acompanhados, o padrão da zona de deformação convexa está associada a uma zona de entrada de ar frio.

A alteração na magnitude dos centros de vorticidade deve-se simplesmente à sua curvatura. Ao introduzir-se vento máximo numa assíptota confluyente, o centro de vorticidade emparelhado, no mesmo lado do vento máximo aumentará a sua magnitude na mesma proporção. É tipicamente visível na atmosfera quando está associado a áreas de baixas pressões do lado Oeste e altas pressões do lado Este.

Dois centros de vorticidade máxima ou (S invertido)



Fig.15- Dois centros de vorticidade máxima ou (S invertido)

Quando ambas as assíptotas confluentes de uma zona de deformação se curvam ciclonicamente, os máximos de vorticidade emparelhados devem ser significativamente mais intensos que o par emparelhado de vorticidade mínima. O “S invertido” numa zona de deformação pode ser facilmente formado entre uma zona de vorticidade máxima como se pode visualizar nos padrões de vírgula presentes na figura.

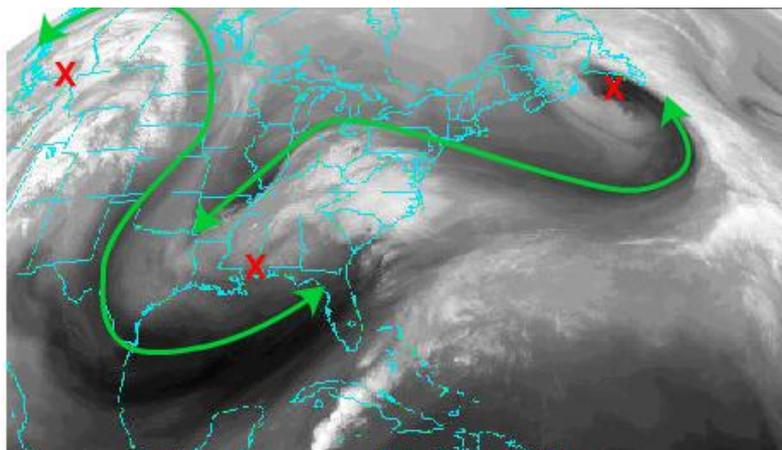


Fig. 16- Dois pares de vorticidade máxima

A zona de deformação com um padrão de vorticidade máxima localiza-se normalmente do lado ciclónico do vento de cisalhamento no eixo do vento máximo numa depressão cavada.

Cadeias de vorticidade máxima

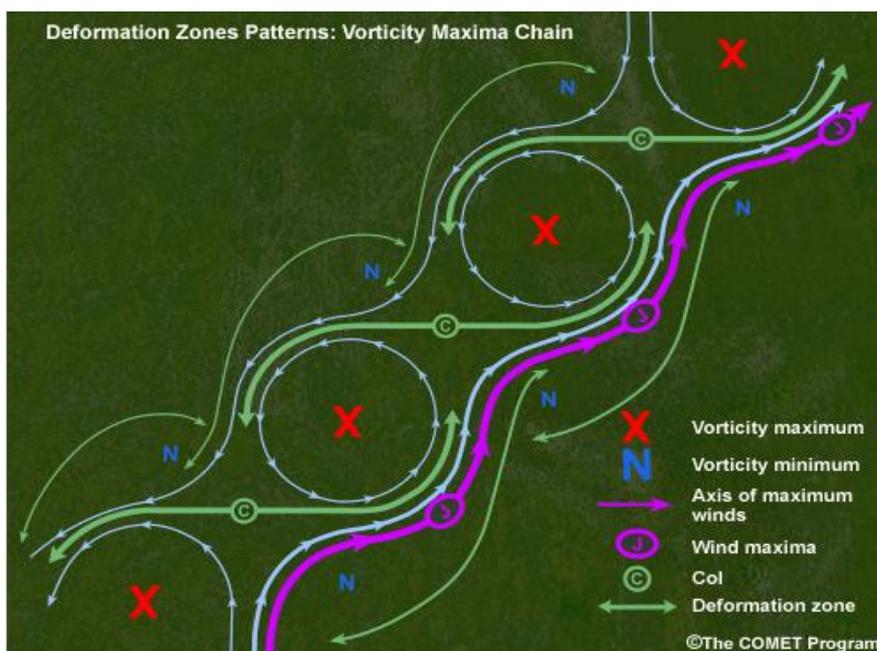


Fig.17- Cadeias de vorticidade máxima

Uma cadeia de zonas de deformação pode ser facilmente visualizada entre uma série de centros de vorticidade máxima ao longo de um eixo. Como resultado da natureza ondulatória da atmosfera, um máximo de vorticidade pode ser encontrado a determinados intervalos de espaço. O gráfico anterior mostra como as zonas de deformação em “S” entre os centros de vorticidade mínima se relacionam com o “S invertido” entre as zonas de deformação com vorticidade máxima.

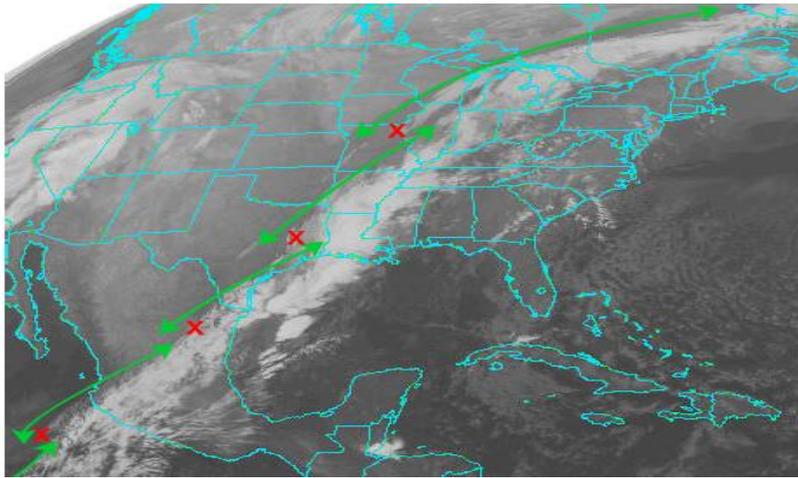


Fig.18- Imagem de satélite com cadeias de vorticidade máxima

As cadeias de vorticidade máxima estão tipicamente localizadas entre a parte inferior da depressão mais acima e a parte inferior do ponto de inflexão onde a curvatura ciclônica da depressão se torna anticiclônica na crista a jusante. É mais fácil analisar estas cadeias localizando os “solavancos” junto à zona “polar” da deformação no eixo dos ventos máximos. Os padrões de mistura revelam a forma de um “S invertido” nas zonas de deformação entre a vorticidade máxima ao longo da cadeia.

Dupla vorticidade mínima

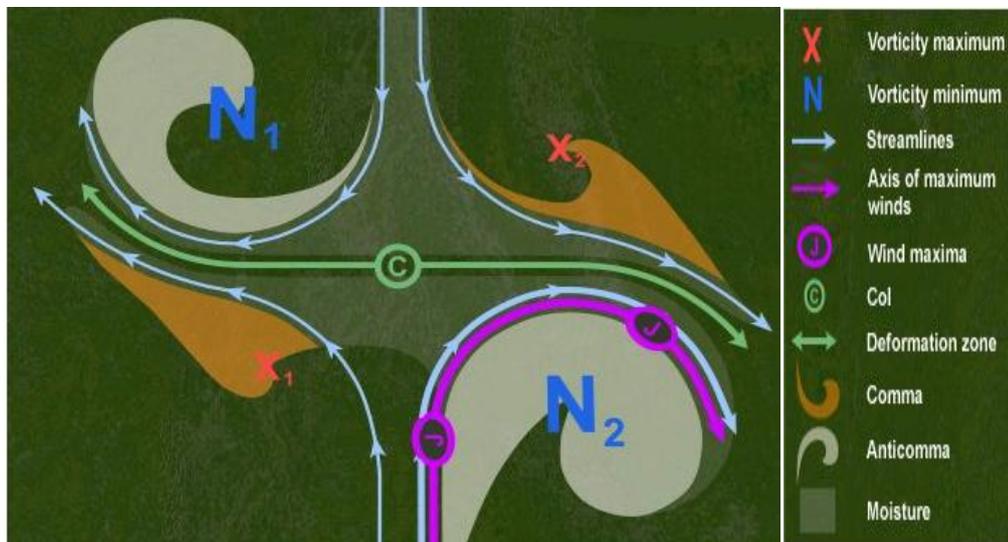


Fig.19- Formação de dupla vorticidade mínima

Quando as assíntotas confluentes de uma zona de deformação se curvam anticlonicamente, a vorticidade mínima em cada par de vorticidade deve ser significativamente mais intensa do que os pares de vorticidade máxima. Uma zona de deformação em “S” pode ser facilmente visualizada entre a vorticidade mínima como se pode ver no padrão de nuvens anti-vírgula.

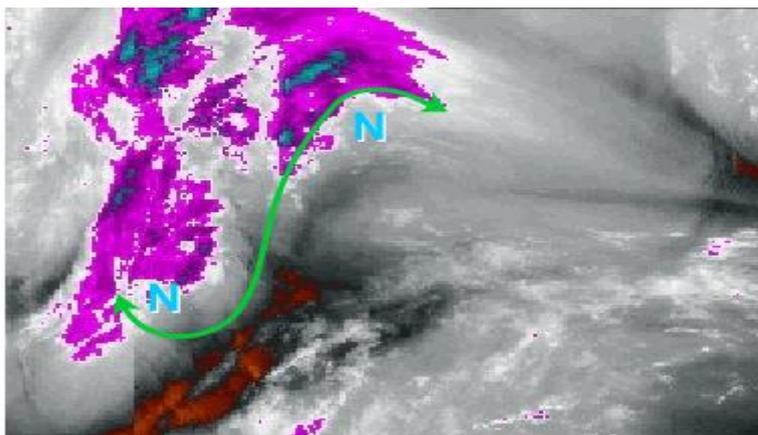


Fig.20- Imagem de satélite mostrando a existência de dupla vorticidade mínima

O padrão de uma zona de deformação com dupla vorticidade mínima está tipicamente localizado no lado de corte anticiclônico do eixo de ventos máximos numa crista.

Cadeias de vorticidade mínima

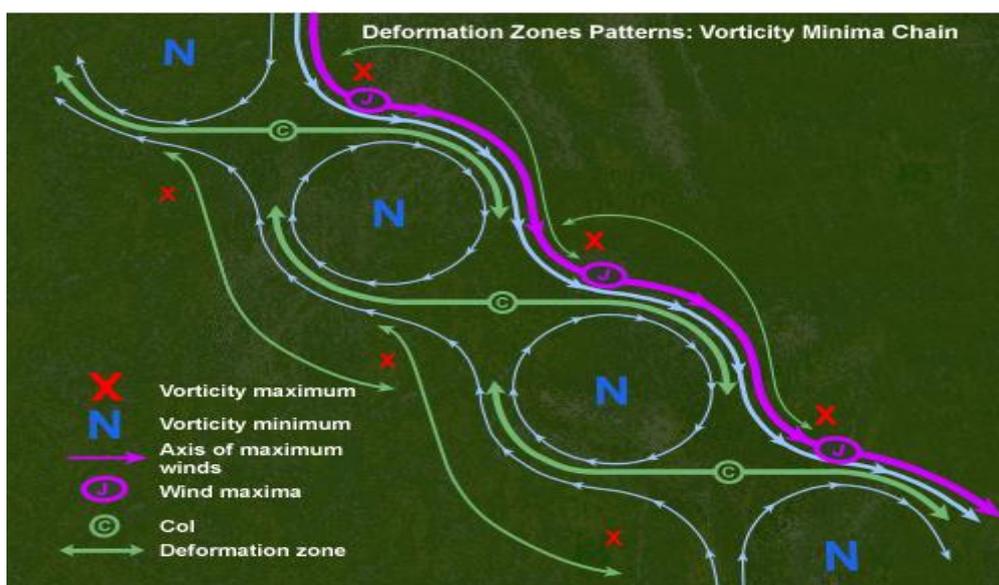


Fig.21- Cadeias de vorticidade mínima

Uma cadeia de uma zona de deformação pode ser facilmente visualizada entre uma série de centros de vorticidade mínima ao longo do eixo canalizado. Como resultado da natureza ondulatória da atmosfera, podem ser encontrados centros de vorticidade mínimos em intervalos regulares. Este esquema demonstra como as zonas de deformação em “S invertido” entre os centros de vorticidade máxima se relacionam com o “S” das zonas de deformação entre a vorticidade mínima.

As cadeias de vortividade mínima estão tipicamente localizadas entre a crista do cume mais acima e o ponto de inflexão mais abaixo, onde a curvatura anticiclónica se altera e se torna ciclónica na depressão mais abaixo. A análise destas cadeias faz-se melhor localizando os “solavancos” junto à zona polar da deformação, na zona do eixo dos ventos máximos. A massa de ar seca revela um “S” formado nas zonas de deformação entre a vortividade mínima ao longo da cadeia.

Implicações e dicas para a análise de zonas de deformação

De seguida passo a dispor algumas das implicações que as zonas de deformação podem ter na meteorologia assim como os fenómenos que podem gerar.

As zonas de deformação são o tipo de imagem que mais ajuda a identificar áreas de potencial formação de frentes e destruição de frentes. A natureza linear e o contraste acentuado da fronteira da massa de ar associada fazem a zona de deformação ser facilmente visível independentemente do seu tamanho.

Como a zona de deformação é o local onde massas de ar e fluidos se separam, o que pode ser visualizado com confiança e é tipicamente bem previsto pelo modelo NWP (*Numerical Weather Prediction*). O local correcto da zona de deformação é essencial para a localização das figuras dinâmicas. Todas essas figuras devem ser ajustadas coesamente ao “puzzle” atmosférico.

O posicionamento correcto da zona de deformação deve ser a peça do “puzzle” que permite identificar e posicionar outras figuras dinâmicas.

Aqui estão alguns atributos das zonas de deformação que as permitem identificar:

- ✓ Estruturas lineares nas imagens de satélites tendem a estar quer ao longo dos eixos de vento máximo quer na zona de deformação. Podem ser distinguidos olhando para a divergência das parcelas da massa de ar ao longo da linha. Se a parcela divergir então a porção de estrutura linear é, em princípio, a zona de deformação. Nesse ponto gera-se o núcleo da zona de deformação. Se as parcelas da mistura não divergirem, a linha é resultado do eixo de vento máximo.
- ✓ A intensidade da zona de deformação pode ser determinada qualitativamente pelo contraste no gradiente de mistura ao longo da zona de deformação. Circulações mais fortes produzem zonas de deformação mais intensas, definidas por gradientes mais acentuados.

- ✓ Zonas de deformação que são paralelas ao gradiente térmico geram a formação de frentes. Essa formação de frentes gera movimentos verticais ageostróficos que criam um remoinho acentuado. Zonas de deformação perpendiculares ao gradiente térmico levam à destruição de uma frente e a um enfraquecimento do turbilhão que torna a massa de ar mais difusa.
- ✓ A identificação de uma zona de deformação, permite inferir se o centro de vorticidade é acompanhado ou emparelhado, mesmo que os centros de vorticidade não sejam fortes o suficiente para criar as características na massa de ar, estes centros geram de qualquer forma o emparelhamento ou o acompanhamento do centro. A disposição das figuras geradas pode ser estimada pelo uso de modelos conceptuais relacionados com a sua localização, orientação e forma
- ✓ Zonas de deformação são o resultado de fluidos opostos que só alteram a sua disposição, quando um ou ambos os fluidos mudam. A orientação, forma e intensidade da zona de deformação revelam muito sobre os fluidos em questão e da circulação em torno deles.
- ✓ As zonas de deformação podem persistir como linhas visíveis mesmo depois dos centros de vorticidade que as geraram terem enfraquecido e não serem distinguíveis.
- ✓ Diferenças nas características das zonas de deformação observadas nas análises de satélites através do modelo *NWP* podem ser usadas para analisar as diferenças significativas entre a atmosfera física e a atmosfera numérica. A atmosfera física, como se sabe está sempre correcta.

Conclusão

Através da realização deste trabalho, adquiri conhecimentos bastante importantes na área da Meteorologia Sinóptica, já que as zonas de deformação são aquelas que dão formação de frentes ou sua destruição, são zonas de particular interesse já que é na zona de frentes que se dão os fenómenos mais interessantes do ponto de vista meteorológico, como por exemplo trovoadas, granizo, neve e chuva e ventos fortes.

Foi estudada a génese destas zonas que resulta da colisão de massas de ar com humidades diferentes e que posteriormente se irão deformar devido á sua colisão, e adquirir curvatura graças à rotação terrestre, formando centros de vorticidade que pode ser máxima (ciclones) ou mínima (anticiclones).

Existem vários componentes que se geram nestas regiões da atmosfera: Os eixos de vento máximo, o vento máximo, os centros máximos e mínimos de vorticidade que levam à formação de padrões de nuvens em vírgula (ciclone) ou anti-vírgula (anticiclone).

Foram também dados exemplos através de imagens de satélite das zonas de deformação que podem ocorrer, como por exemplo a deformação em linha recta, a deformação com eixo de vento máximo sob a corrente da zona de deformação, zona de deformação convexa, dois centros de vorticidade máxima ou (S invertido), cadeias de vorticidade máxima e mínima e finalmente a dupla vorticidade mínima.

Por fim explicaram-se alguns dos fenómenos que ocorrem nestas zonas, fazendo uma análise qualitativa sobre a realidade e dados calculados pelo modelo conceptual NWP (*Numerical Weather Prediction*).

Bibliografia

- http://www.meted.ucar.edu/loginForm_es.php?urlPath=norlat/sat_features/dz_analysis_es&go_back_to=http%3A%2F%2Fwww.meted.ucar.edu%2Fnorlat%2Fsat_features%2Fdz_analysis_es%2F##
- http://met.no/english/topics/nomek_2005/
- <http://www.comet.ucar.edu/>
- <http://meted.ucar.edu/norlat.php>