

CICLONE CATARINA: ANÁLISE SINÓTICA

Manoel Alonso Gan

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, Av. dos astronautas, 1758 – Jardim da Granja, 12227-010 São José dos Campos, SP; manael.gan@cptec.inpe.br

Resumo: O Catarina foi o primeiro ciclone que teve características de um furacão categoria 1 durante sua fase madura. Desenvolveu-se nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul no final de março de 2004, próximo ao núcleo de um ciclone extratropical ocluído. Objetivo deste estudo é a identificação das principais características atmosféricas e os processos dinâmicos associados com a evolução deste sistema. Uma análise das condições atmosféricas observacionais é apresentada para identificar os mecanismos dinâmicos que ocasionaram a intensa intensificação da Catarina. A análise do NCEP 1o lat x 1o lon é utilizada neste estudo. Os resultados preliminares mostram que o ciclone Catarina desenvolve-se como um sistema tipo vírgula invertida, e propagou para oeste durante sua fase de intensificação. A interação da circulação ciclônica com as águas quentes associadas com correntes oceânicas do Brasil foi importante para a intensificação do ciclone. A importância dos fluxos de calor na superfície durante a evolução do ciclone Catarina também é discutida.

Abstract: The Catarina cyclone was the first one that had characteristics of a hurricane category 1 during its mature phase. It developed in the subtropical latitudes of the South Atlantic in the end of March 2004 close to the core of an occluded extratropical cyclone. The aim of this study is to identify the main atmospheric characteristics and the dynamic processes associated with the evolution of this system. An observational analysis of atmospheric conditions to identify the dynamic mechanisms associated with the intense intensification of the Catarina will be presented. The NCEP analysis for 1° lat x 1° lon is utilized in this study. The preliminary results show that the Catarina cyclone developed in the head of inverted coma cloud and propagated to west during its intensification phase. The interaction of the cyclonic circulation with the warm waters associated with the Brazilian oceanic current was important to the intensification of the cyclone. The importance of the surface heat fluxes in the evolution of the Catarina cyclone is also discussed.

Palavras Chaves: Ciclone Catarina, análise sinótica, fluxos de calor em superfície

1. Introdução

No final de março de 2004 desenvolveu-se sobre as latitudes subtropicais do oceano Atlântico Sul, um ciclone que durante sua fase de intensificação teve um deslocamento atípico para oeste, e na sua fase madura adquiriu característica de um ciclone tropical, o qual foi denominado de Catarina. Através de uma análise subjetiva das imagens de satélites e pelos danos causados pelos ventos intensos, pode-se deduzir que o Catarina, durante o estágio maduro, adquiriu intensidade de um furacão de categoria 1 ou de um menos intenso de categoria 2 de acordo com a escala de Saffir/Simpson (Simpson, 1974). Pelo que se tem registrado das imagens de satélites, o Catarina foi

o primeiro ciclone com características de furacão que se formou sobre o Oceano Atlântico Sul e atingiu o Sul do Brasil.

Seguindo os conceitos de Meteorologia, pode-se dizer que sobre o oceano Atlântico Sul não há condições para que ciclones tropicais (furacões) se formem principalmente nas latitudes subtropicais, devido às temperaturas das águas do mar estarem abaixo do limiar necessário para que esse sistema se forme.

Apesar do Catarina ter sido o primeiro ciclone a ter características de furacão formado sobre o oceano Atlântico Sul, não se pode ter certeza de que outros ciclones desse tipo não venham a se formar no futuro. Segundo relatório dos pesquisadores do “Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research”, o desenvolvimento do Catarina pode estar associado ao aquecimento global causado pelo efeito estufa. Os resultados de experimentos numéricos realizados nesse centro indicam, que as latitudes subtropicais do oceano Atlântico Sul é uma região com possibilidade de no futuro se formem furacões.

Portanto, o objetivo deste estudo é analisar as condições sinóticas durante o desenvolvimento do ciclone Catarina, destacando a dinâmica da atmosfera associada ao desenvolvimento intenso do ciclone Catarina. Assim, em eventuais ocorrências de ciclogêneses intensas semelhantes ao ciclone Catarina, os meteorologistas poderão divulgar previsões de tempo com mais confiabilidade, e desta forma alertar a população e os meios governamentais competentes para que sejam tomadas medidas no sentido de evitar mortes e possíveis danos materiais.

2. Dados e Metodologia

Para este estudo utilizaram-se os seguintes dados para o período de 20 a 28 de março de 2004:

- as imagens do satélite GOES no canal infravermelho, do banco de dados da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DAS) do CPTEC;
- fluxo de calor latente (H_L) e sensível (H_s) na superfície do conjunto das reanálises do National Center for Environmental Prediction/National Center Atmospheric Research (NCAR/NCEP), nos horários das 0000Z, 0600Z, 1200Z e 1800Z.
- análise numérica do NCEP das variáveis: temperatura do ar (T_a), umidade específica (q_a), altura geopotencial (z) e as componentes zonal (u) e meridional (v) do vento nos níveis, entre 1000hPa e 200 hPa, além da pressão reduzida ao nível do mar, nos horários das 0000Z e 1200Z. Esses dados estão na resolução do modelo T126L28, com resolução espacial em torno de 100 km X 100 km de latitude X longitude;

3. Descrição sinótica do desenvolvimento do Catarina

A seqüência de imagens do satélite GOES (figura não mostrada) desde o dia 22 até 28 de março, mostra que no dia 22 de março havia uma banda de nebulosidade sobre o oceano Atlântico Sul, desde aproximadamente 30°W-40°S, até o litoral do sul da Bahia. Essa banda de nebulosidade tinha características típicas de um sistema frontal associado a um ciclone extratropical em sua fase de desenvolvimento. Ao sul dessa nebulosidade, havia outra banda de nebulosidade associada a outro sistema frontal, que se deslocava para leste. Doze horas depois, parte da banda de nebulosidade associada ao ciclone extratropical, entrou em uma fase de dissipação. Porém, no dia 23 as 1500Z, surgiu o desenvolvimento da nebulosidade próxima ao centro do ciclone extratropical com formato de uma vírgula invertida. Doze horas depois essa nebulosidade se desorganizou, voltando a estar bem definida no dia 25 as 0300Z. Durante as doze horas seguintes, a nebulosidade evoluiu para o formato de um ciclone tropical do tipo 1, tendo inclusive um olho no centro da nebulosidade. No dia 26 as 1500Z ficou bem nítida na imagem de satélite, a forma espiralada da nebulosidade. Nesse momento, o ciclone tinha uma velocidade maior de deslocamento para oeste, o que contribuiu para sua aproximando da costa de Santa Catarina e Rio Grande do Sul no dia 27. No dia seguinte, já sobre o continente, o ciclone começou a dissipar semelhante ao que ocorre com os furacões, quando estes se deslocam sobre superfície terrestre.

Através da análise do campo de pressão reduzida ao nível do mar do NCEP (figura não mostrada) pode se ver que no dia 21 as 0000UTC, um centro de baixa pressão formou-se no litoral de São Paulo. Esse sistema deslocou-se para leste até 37°W-32°S no dia 22 as 1200Z, quando enfraqueceu. Entretanto, doze horas depois, voltou a intensificar devido à interação com outro sistema frontal que propagava para nordeste sobre o oceano Atlântico Sul. Nesse horário o sistema de alta pressão, associado com a massa de ar frio localizado em torno de 45°W-35°S, começou a contornar o ciclone. Às 0000Z do dia 24, o centro de baixa pressão se despreendeu do sistema frontal, pois o sistema de alta pressão localizado na retaguarda do ciclone uniu-se à alta subtropical do Atlântico Sul. Nesse momento, o ciclone começou a ter um lento deslocamento para oeste. Esse padrão se manteve até o dia 28 de março, quando ao penetrar no continente, o ciclone dissipou-se completamente. Vale ressaltar que na análise do NCEP, os valores de pressão no centro do ciclone, estavam em torno de 1010 hPa, acima do estimado pelo “Cooperative Institute for Meteorology Satellite Studies – CIMSS” da Universidade de Wisconsin (USA), baseados em dados de sondadores colocados a bordo dos satélites NOAA-15, NOAA-16 e NOAA-17.

Nos altos níveis destaca-se (figura não mostrada) no dia 22 de março às 0000Z, a presença de uma bifurcação do escoamento do ar sobre a América do Sul, tendo um cavado com eixo sobre a região sul do Brasil, e uma crista sobre as latitudes médias do oceano Atlântico Sul em torno de 35°W. A crista nas latitudes médias propagou para leste e perdeu sua intensidade no dia 21 as 1200Z. O cavado sobre a região sul do Brasil permaneceu praticamente estacionário até o final do

mês. A presença do cavado nos altos níveis sobre a frente fria favoreceu a advecção de vorticidade relativa no seu setor leste, e assim contribuiu para a formação do ciclone em superfície. A experiência sinótica mostra que muitos casos de desenvolvimento de ciclones intensos ocorridos no litoral da região sul do Brasil, estavam associados com a presença de um cavado ou de um vórtice ciclônico em altos níveis (Piva, 2001).

Outro ponto a se destacar é a inclinação na vertical do ciclone. A seção vertical da vorticidade relativa para o período de 21 a 28 de março na latitude de 29°S (figura não mostrada), mostra que no dia 21 as 0000Z, havia uma fraca circulação ciclônica, em torno de 41°W, inclinando para oeste com a altura, desde a superfície até os altos níveis, indicando uma estrutura baroclínica. A oeste dessa faixa de circulação ciclônica, havia outro centro de circulação ciclônica centrado em 49°W e 300 hPa que estava associado a um ar relativamente mais frio nos níveis médios, semelhante ao que foi observado por Kousky e Gan (1981) para os vórtices ciclônicos em altos níveis sobre a região nordeste do Brasil. Nas doze horas seguintes, a inclinação para oeste diminuiu e ficou mais concentrada na camada entre 1000hPa e 700 hPa. O sistema de circulação ciclônica em altos níveis localizado a oeste, se aproximou e os dois sistemas começaram a se unir, porém continuaram a propagar para leste. No dia seguinte as 1200Z, somente uma faixa de circulação ciclônica existia, com dois centros de máxima intensidade, um em superfície e 38°W e o outro em torno de 300 hPa e 37°W, mostrando uma pequena inclinação para leste. Pelo que foi observado para os sistemas baroclínicos no Hemisfério Sul (Randell e Stanford, 1985), os sistemas baroclínicos tendem a enfraquecer por instabilidade barotrópica, isto é, os sistemas permanecem sem inclinação no vertical, ou em alguns casos podem até inclinar-se para leste. Porém, a circulação ciclônica no dia 23 de março as 0000Z, intensificou nos altos e em baixos níveis, e as 1200Z desse dia, começou a enfraquecer nos altos níveis, porém continuou intensificando nos baixos. Neste instante, o sistema em baixos níveis atingiu sua posição mais a leste. No dia 24 as 0000Z o sistema em altos níveis voltou a intensificar e em baixos níveis começou a propagar para oeste. Após esse horário, o sistema em baixos níveis começou a enfraquecer, mas a partir das 1200Z do dia 26, voltou a intensificar, mesmo possuindo uma estrutura barotrópica equivalente. No corte vertical da temperatura do ar verificou-se que a partir desse horário houve um aquecimento na baixa e média troposfera, indicando influência dos fluxos de calor na superfície e também da liberação de calor latente associada a convecção ao redor do ciclone em superfície. No dia 28 as 1200Z, a circulação ciclônica começou a enfraquecer, como foi observado nas imagens de satélite.

A análise dos fluxos de calor em superfície (Figura 1) mostra a existência de centros máximos de fluxo de calor sensível (50 W/m^2) e latente (250 W/m^2) entre a costa da região sul do Brasil e a posição do centro do ciclone em superfície. Esses máximos estavam mais intensos durante o desenvolvimento do ciclone, até o dia 24 de março, quando começaram a enfraquecer. Esse

resultado concorda com os de Piva (2001), que observou que os fluxos de calor na superfície tiveram um papel importante no intenso desenvolvimento do ciclone, porém quando estes atuavam na fase inicial de intensificação. Entretanto, os fluxos de calor máximos apresentados nas reanálises do NECP/NCAR formam menores no caso do Catarina do que os obtidos por Piva que eram da ordem de 160 W/m^2 para o fluxo de calor sensível, e de 400 W/m^2 para o fluxo de calor latente. Como as análises do NCEP subestimaram a intensidade do ciclone Catarina, calculou-se os fluxos de calor sensível e latente em alguns pontos de grade utilizando a formulação de bulk (Weisberg e Wang, 1997), porém a TSM utilizada nesses pontos de grade foi obtida da análise do modelo HRM/CHM. A diferença da temperatura do ar na superfície e a TSM na latitude de 29°S era de 4°C e em alguns pontos de 5°C , próximo à costa da região sul do Brasil. Nessa região, os ventos eram de sul e relativamente secos, o que indica que havia condições para que os fluxos de calor na superfície tivessem um importante papel na intensificação do Catarina. Assim, para essa região, obteve-se o valor de até 120 Wm^{-2} para o fluxo de calor sensível, e de 268 Wm^{-2} para o fluxo de calor latente em regiões onde a velocidade do vento era em torno de 20 m/s e 335 Wm^{-2} quando a velocidade era 25 m/s . Se for levando em conta que as análises do NCEP subestimaram a intensidade do Catarina, e os ventos próximos à superfície podendo ser mais intensos, pode-se deduzir que os fluxos de calor na superfície foram maiores do que os calculados neste estudo.

4. Conclusões

Da análise sinótica realizada no item anterior, pode-se deduzir que o Catarina teve características dinâmicas bem definidas, tais como: 1) origem baroclínica na fase inicial, 2) estava despreendido do sistema baroclínico na sua fase intensa, 3) os fluxos de calor na superfície contribuíram para a intensificação e 4) teve convecção bem organizada ao redor de um olho, semelhante ao que ocorre com os furacões.

Apesar de inicialmente o ciclone Catarina ter tido um desenvolvimento semelhante à dos ciclones extratropicais, associado ao suporte dinâmico de um cavado em altos níveis, o Catarina teve também uma segunda intensificação que foi associada com fluxos de calor na superfície (sensível e latente). Nessa fase, o escoamento de ar frio e seco no lado oeste do ciclone, passando por região de águas mais quentes associadas com a corrente do Brasil no oceano Atlântico Sul, favoreceu para que ocorresse a segunda intensificação.

Referências Bibliográficas

- Kousky, V.E.; Gan, M.A.: Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. **Tellus** 33 (6):538-551, Dec. 1981.
- Piva, E.D.: **Ciclogênese intensa sobre o sul do Brasil**. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, SP. 2001.

Randel, W. J.; Stanford, J. L.: An observational study of medium-scale wave dynamics in the Southern hemisphere summer. Part I: Wave structure and energetics. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 42, n. 11, p. 1172-1188. Jun 1985.

Simpson, R. H.: The hurricane disaster potential scale. *Weatherwise*, 27, 169-1186.

Weisberg R. H.; Wang C. : Slow Variability in the Equatorial West-Central Pacific in Relation to ENSO. **Journal of Climate**: v.10(8), 1998–2017, 1997.

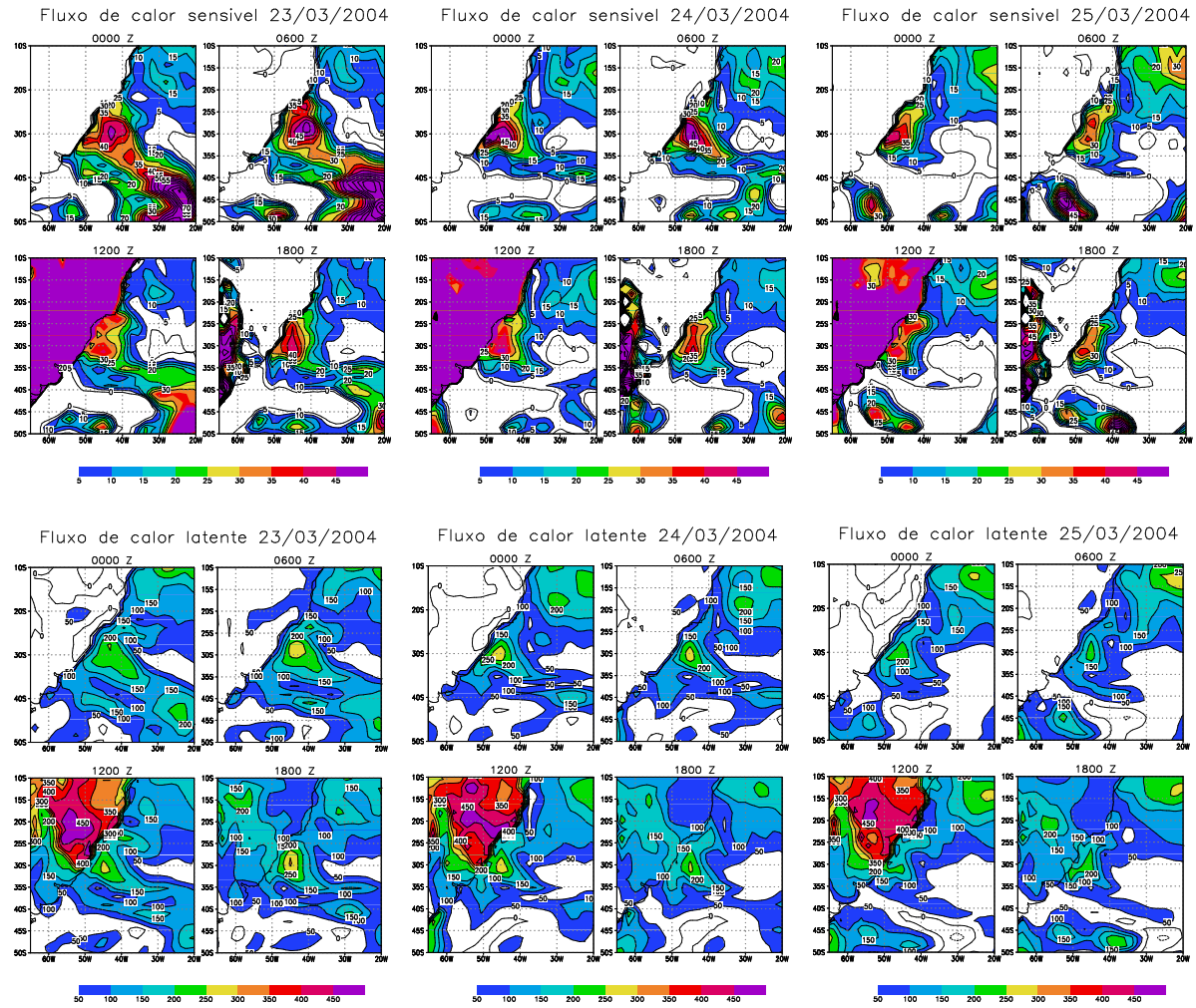


Fig. 1. Fluxos de calor sensível (linha superior), e fluxos de calor latente (linha inferior) para o período de 23 a 25 de março de 2004.