

CICLONE NO ATLÂNTICO SUL Análise sinótica e observação

FRANCISCO DE ASSIS DINIZ
Instituto Nacional de Meteorologia – INMET
Brasília-DF

VERNON E. KOUSKY
National Centers for Environmental Prediction – NCEP
Maryland

RESUMO

Vórtices ciclones extratropicais frios são ocasionalmente observados O Oceano Atlântico Sul, ao sul da latitude de 20°S, a formação de vórtices ciclones extratropicais frios são ocasionalmente observados. Os registros têm mostrado que estes sistemas meteorológicos, na maioria dos casos, sempre estão associados com velocidade dos ventos acima de 60km /hora, quando atingem a costa da Região Sul do Brasil. Este trabalho, apresenta um vórtice ciclone anômalo de pequena escala (sub-sinótica), se formou um vórtice ciclone extratropical frio para um tropical, se desenvolveu no Atlântico Sul, entre os dias 22 a 28 de março de 2004, cerca de 1000km da costa da Região Sul do Brasil. O ciclone se deslocou para a oeste e, atingiu o sudeste de Santa Catarina e nordeste do Rio Grande do Sul, causando muitos estragos e danos matérias severos, com ventos fortes (sem registros) e fortes precipitações acumuladas. Foram observadas precipitações de 186mm, em Cambará da Serra – RS, altitude 906m, registros da variação da pressão com diminuição em torno de 10hPa, em cinco horas. Imagens de satélite mostram a intensidade e estrutura da banda de nuvens espiral e a escala do vórtice ciclônico na ordem de 330km. São analisados os campos de pressão a superfície, ventos nos níveis de superfície, 850hPa, 500hPa e 300hPa, geopotencial em 500hPa, vorticidade em 850hPa e 300hPa ambos do modelo regional MBAR, de 25km X 25km, rodado no INMET; campos da evolução da pressão a superfície, anomalias de temperatura em 925hPa, cisalhamento vertical do vento entre (850hPa e 250hPa), e distribuição de precipitação são analisados do modelo global National Centers for Environmental Prediction – NCEP; dados de pressão e da intensidade do vento foram analisados do modelo GFDL, imagens do Sensor Especial de Microndas, as 1800UTC, de 27 de março, pouco antes de atingir a costa do Sul do Brasil e temperatura da superfície do mar, média da semana.

ABSTRACT

Intense subtropical low pressure systems are occasionally observed over the western South Atlantic, near the coast of southern Brazil. These systems, which are generally associated with cold upper-level troughs and low-level frontal zones, are frequently accompanied by winds exceeding 60 km/h. In this paper, we focus on the very strong small-scale (sub-synoptic) cyclone that formed over the western

Atlantic on 22 March 2004, approximately 1000 km east of the southern Brazil coast. This system subsequently moved westward to the southern Brazil coast by 28 March 2004. Initially, this system developed in the cold air mass south of an equatorward-advancing cold front. However, with time the cloud signature of this storm began to develop tropical characteristics, with a clear “eye” in its center surrounded by a ring of intense convection. The evolution of this cyclone is consistent with a gradual transition from an extratropical cyclone to a system having tropical characteristics or mixed tropical-extratropical characteristics. When the storm struck the southeast coast of Santa Catarina and northeast coast of Rio Grande do Sul, strong winds resulted in damage to structures in the region. Rainfall was heavy in some areas, with a report from Cambará da Serra – RS (altitude 906 m) of 186 mm. Pressure falls of up to 10 hPa were observed at reporting stations, as the storm moved inland. The diameter of the storm was about 330 km. We present analyses of sea level pressure, wind and vorticity at 850 hPa and 250 hPa, 500-hPa geopotential height derived from the regional model (MBAR) run at INMET in Brasília, lower resolution analyses derived from the Climate Data Assimilation System (CDAS) run operationally at the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) in Washington, DC, USA, and pressure and wind analyses taken from the GFDL model. In addition, imagery and data from a variety of satellites were used to depict the storm and its pattern of precipitation, as well as provide information about the sea surface temperatures in the region just prior to the formation of the storm.

1. INTRODUÇÃO

As formações dos ciclones extratropicais no Sul do Brasil, foram estudadas por vários autores. Geralmente, estes sistemas estão associados com uma estrutura atmosférica bastante baroclínica (por exemplo, Pezza e Ambrizzi, 2000). Por sua vez, o mecanismo em grande escala envolvido estão ligados a circulação geral da atmosfera, com grande interdependência em relação às anomalias de temperatura da superfície do mar. Em todos os eventos estudados por Pezza e Ambrizzi (2000), houve um deslocamento meridional da alta polar e a advecção fria associada com o desenvolvimento dos ciclones subtropicais.

A primavera e o outono são as estações do ano mais favoráveis aos vórtices ciclônicos transientes, mas no inverno de 1983 (El Niño), assim como no outono de 1984 (Normal), registrou-se a máxima ocorrência de vórtices ciclônicos transientes (Federova e outros, 2000). Em relação as análises das trajetórias dos vórtices ciclônicos, na faixa de 20°S a 40°S, no leste da Argentina, Sul do Brasil e no Oceano Atlântico, as trajetórias descritas por (Federova e outros, 2000) foram de noroeste a sudeste no período de 1997 a 1999. (Gan e Rao, 1991), observaram que na faixa de 15°S a 40°S, o deslocamento dos ciclones predominam para sudeste durante todo o ano.

Dois ciclones anômalos que ocorreram no Mar Mediterrâneo, nas

latitudes mediam em torno de 40°N em outubro de 1996, foram estudados por Reale and Atlas (1999). Eles concluíram que instabilidade barotrópica parece ter contribuído para o desenvolvimento ciclônico nos dois casos. Ciclones tropicais necessitam de convergência nos níveis baixos em larga escala e divergência nos altos níveis, fraco cisalhamento vertical do vento e, alta vorticidade em baixos níveis. Estas condições são favoráveis para o processo da instabilidade barotrópica (McBride and Zehr, 1981).

A escala dos ciclones tropicais é da ordem de centenas de quilômetros, enquanto que os ciclones extratropicais (latitudes médias) a escala é da ordem de milhares de quilômetros. Os ciclones das latitudes médias desenvolvem-se, em geral, devido ao contraste térmico e o processo da instabilidade baroclínica. (Charney 1947; Holton 1992). Contudo, não existe uma divisão exata que separa ciclones tropicais dos sistemas das médias latitudes. As diferenças e semelhanças entre a baixa polar e ciclones tropicais foram examinados por Rasmussen (1989).

Os termos semelhança de furacão com tempestade tropical no Mar Mediterrâneo foram usados respectivamente por Billing et al. (1983) e Ernst and Matson (1983). Situação de controvérsia, semelhante ao que ocorreu com o ciclone em Santa Catarina, em 27 de março de 2004, ocorreu no Mar Mediterrâneo, com o ciclone no Mediterrâneo de 14 a 15 de janeiro de 1995 (Blier and Ma, 1996; Pytharoulis e all.1999). Blier and Ma (1996) considerou o sistema como tempestade tropical no Mar Mediterrâneo e Pytharoulis e

all. (1999) considerou o sistema como um ciclone Mediterrâneo igual a furacão. Essa tempestade foi bem definida pelas imagens de satélite em 15/01/1995, bem como alguma medição do vento pelo navio (ship) meteor, velocidade do vento acima de 38m/seg, em 14/01/1995, próximo ao centro da tempestade.

Uma situação com certa semelhança com o ocorrido no evento e Santa Catarina, foi a catástrofe de Ribeirão Preto – SP, que atingiu três cidades, Brotas e outra, em 14 de maio de 1994, após a passagem de uma frente fria, uma nuvem vírgula se transformou no sistema (mesociclone), com chuvas e ventos fortes, velocidade estimada por muitos estragos, na ordem de 130 a 150km/h, sondagem de São Paulo, diminuição da coluna e geopotencial de 50 metros, do dia 13 para o dia 14/05/94, no nível de 500hPa, baixa pressão fechada da superfície até 300hPa e o radar de Bauru registrou em torno de 60dbz (Diniz, 1994).

No presente trabalho utilizou-se o esquema para diagnosticar a posição e trajetória do centro do ciclone em estudo, a plotagem das análises do campo de pressão em superfície diário do modelo MBAR e National Centers Environmental Prediction - NCEP e as imagens de satélite GOES-12.

2. ANÁLISE SINÓTICA DO SISTEMA

Pelas imagens de satélite GOES-8 (fig. 01), às 15:39UTC no dia 21 de março (a), mostra a existência de um ciclone extratropical, localizado a 32°S/38°W, no Oceano Atlântico, associado a uma frente fria ao norte,

sobre a Região Sudeste, (b) às 19:09UTC, no dia 22 de março, mostra o ciclone em dissipação com

pequeno aglomerado de nuvens, localizado em volta de 28°S/40 °W.

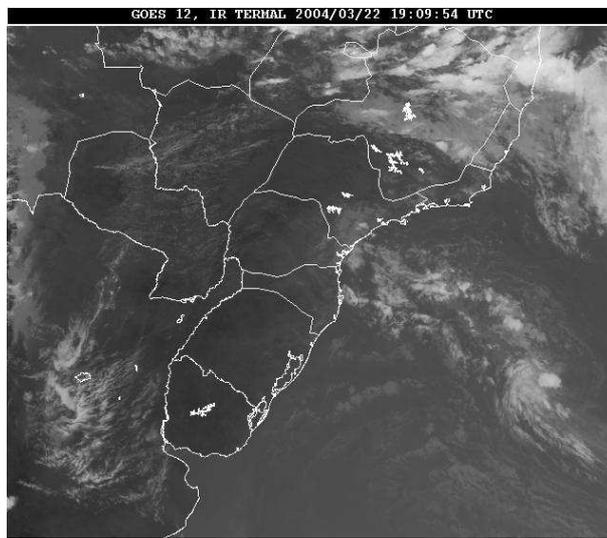
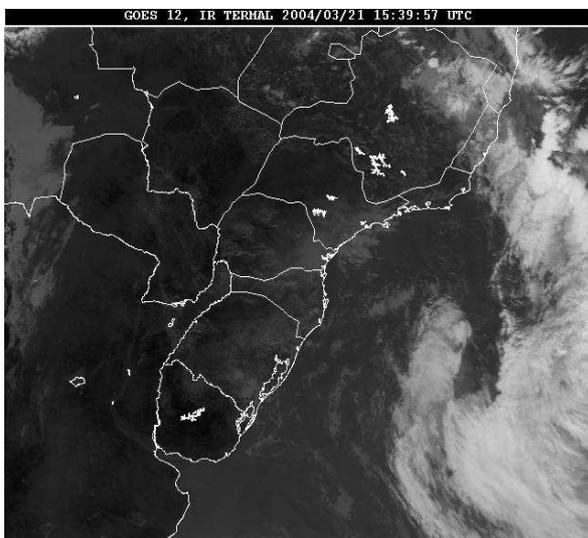


Figura 01. Imagens de satélite infravermelho GOES-12: (a) às 15:39UTC no dia 21 de março e (b) às 19:09UTC, no dia 22 de março de 2004.

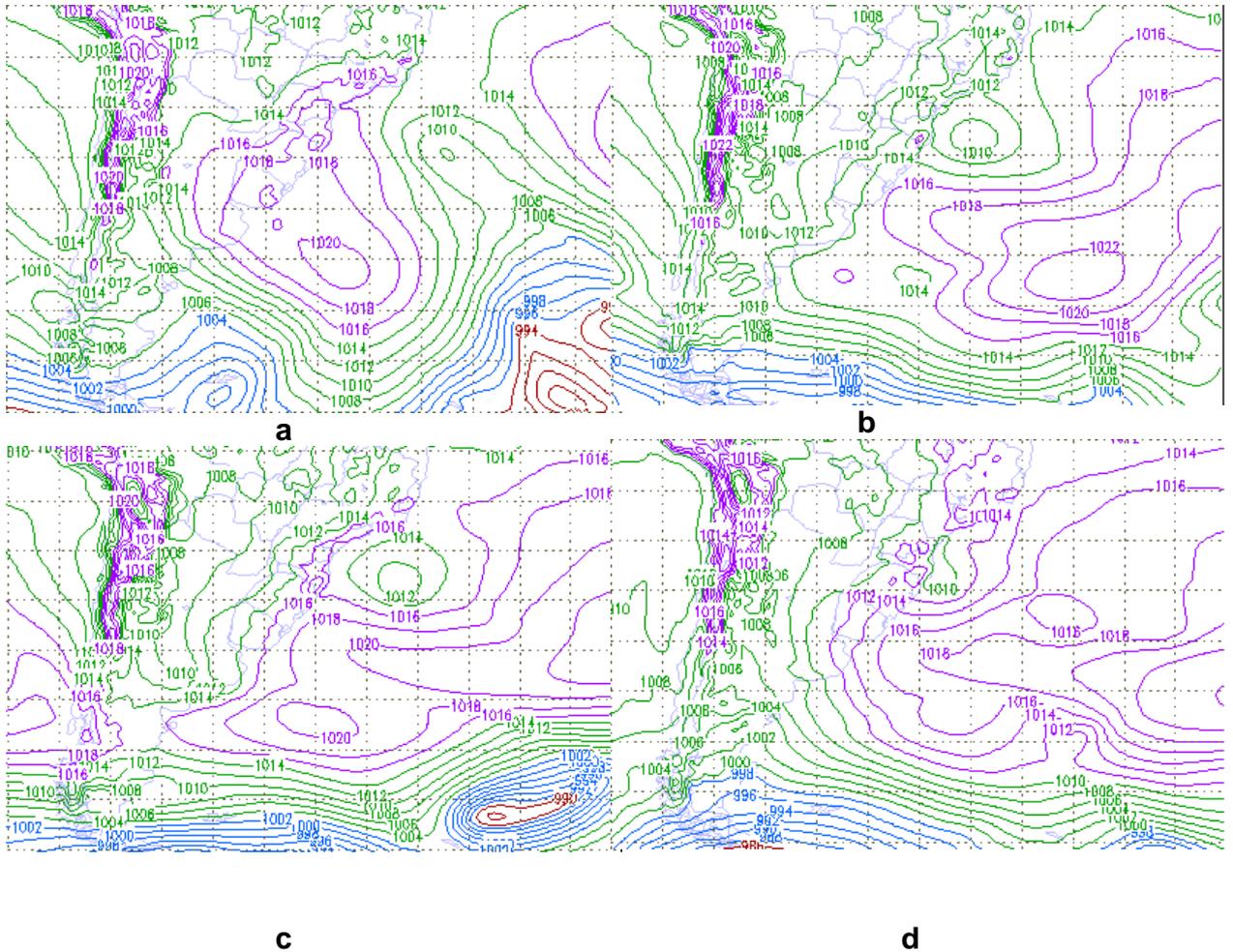
2.1 - Pressão ao NMM

Na análise do campo de pressão ao nível médio do mar (NMM) (fig. 2), às 0000UTC do dia 22 de março, mostra uma baixa de 1008hPa (fig. 2a) próximo de 30°S/47°W, no Oceano Atlântico cerca de 1000km do continente, porém em forma de um cavado com início de fechamento, semelhante com um sistema frontal. Observa-se uma massa de ar frio na Região Sul e grande parte do Oceano na retaguarda, confinada com a baixa pressão. Podemos observar que o sistema (baixa) começa a restabelecer decorrente do contraste de temperatura, (mapas mais adiante). Após sua formação, passando para as análises a partir das 0000UTC, do dia 26 de março, em que baixa pressão fechada de 1010hPa (fig.b), a 28°S/43°W,

deslocou-se de leste para oeste (anômalo), aproximou-se da costa de Santa Catarina; no dia 27, no mesmo horário, a baixa fechada de 1008hPa (fig.2c), ganhou mais energia, deslocou-se pouco mais para oeste, 28°S/45°W; e finalmente em 28 de março, às 0000UTC, a baixa de 1008hPa (fig. 2d), atingiu o litoral sudeste de Santa Catarina e nordeste do Rio Grande do Sul.

Entretanto, é importante notar que a pressão ao NMM, bias em hPa (previsto-observado), para 2400UTC, 27 de Março de 2004 (fig.03), que o modelo MBAR superestimou o sistema quando chegou o litoral, com o centro de pressão prevista mais elevada com os observados, com bias positivos maiores que 4hPa. Mesmo com espaçamento de 25 X 25km do modelo MBAR, a baixa pressão ocasionada pelo ciclone não foi assimilada, ao aproximar da costa

(ver os dados de observação mais adiante).



fechada acentuada de 5790m (fig. 4b), a 28°S/42°W. Na análise do campo em 27 de março, às 0000UTC, a baixa torna-se mais acentuada de 5780m (fig. 4c), deslocou-se mais a oeste, a 28°S/45°W, próximo litoral. Observa-se que em relação do dia 26, houve uma expansão da baixa pressão de noroeste a sudoeste, tipo a um cavado de um sistema frontal.

No dia 28 de março, às 0000UTC, 21hs do horário de Brasília do dia 27, o ciclone atinge o continente e a baixa acentuada intensifica para 5760m (fig. 4d), ao chegar no litoral. É importante observar a baixa fechada, todos os dias das análises, uma das semelhanças entre ciclones extratropicos e ciclones.

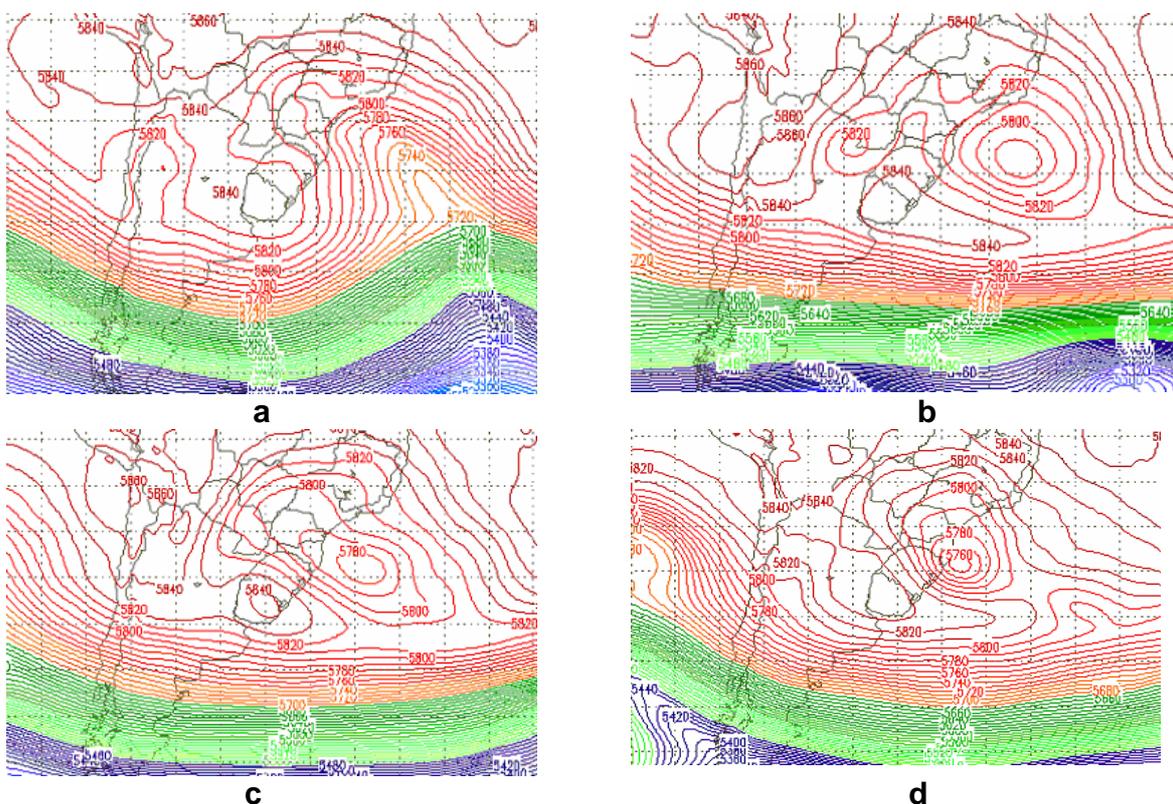


Figura 04. Análise do Geopotencial em 500hPa: (a) às 1200UTC, de 22/03/04; (b) às 0000UTC, de 26/03/04; (c) às 0000UTC, de 27/03/04; e (d) às 0000UTC, de 28/03/04 (MBAR).

2.3 – Análise do modelo GDLF

Análise do campo de pressão ao nível médio do mar no modelo GFDL na (fig.05), Sensor Especial de Microondas por satélite, em 27 de março as 1800UTC, mostrou um forte centro mínimo de pressão em superfície estimado na ordem 978hPa, com o centro da tempestade localizado a 29,5°S/47,5°W, ventos

de 94 knós no nível de 950hPa, que reduzido à pressão ao nível médio do mar, o vento será menor de 15% a 25%, em sua velocidade, em torno de 71knós (~130 km/h). Comparando estes valores estimados com as análises dos modelos MBAR e NCEP, apresentam diferenças consideráveis, principalmente na intensidade do vento a superfície, em

que o MBAR previu no máximo 60km/h.

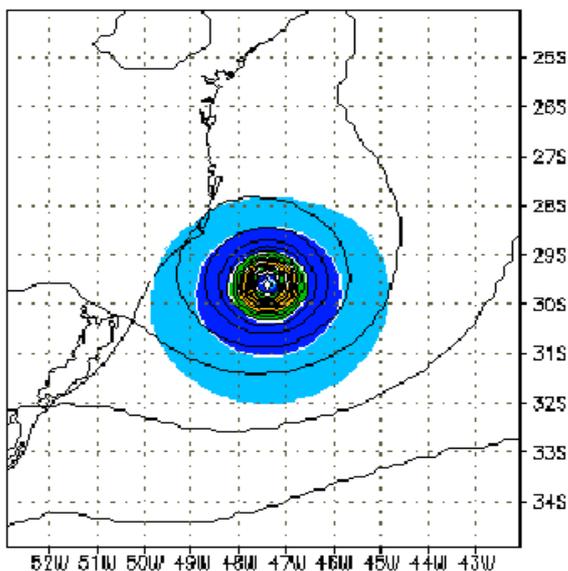


Figura 05. Modelo GDLF, pressão ao NMM (hPa), às 1800UTC, de 27 de março de 2004.

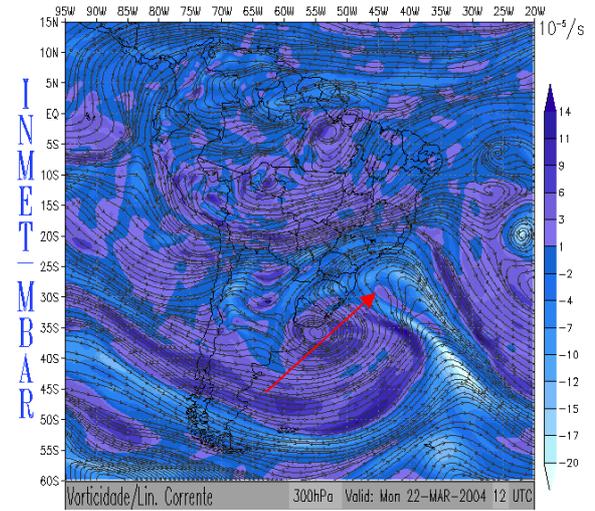
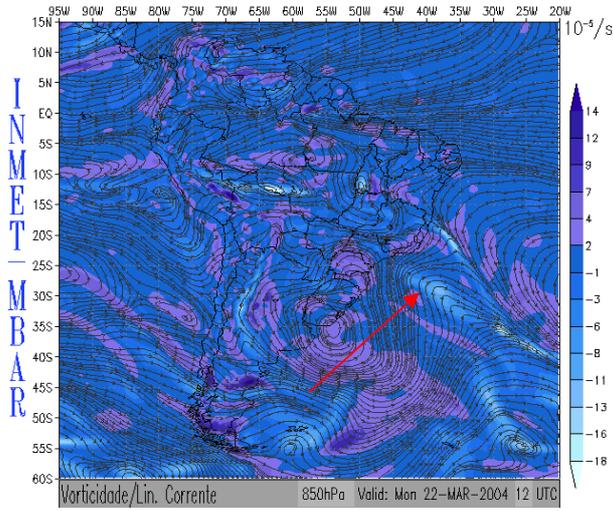
2.4 Análise de Vento e vorticidade

Ventos moderados de 40km/h a 60km/h são evidenciados nas análises do vento em superfície a 10metros pelo modelo MBAR, não apresentados. As análises dos campos de vento e da vorticidade em 850hPa e 300hPa são plotados do modelo MBAR, espaçamento da grade de 25 X 25 km, a partir do dia 22 de março, conforme (fig. 06). Em 850hPa o fluxo de vento (fig.a), um cavado bem acentuado, com vorticidade ciclônica nos níveis baixos e altos, desde litoral de São Paulo para o Oceano. Observou-se na retaguarda do cavado, os ventos da circulação anti-horária jogando ar frio para a formação do ciclone. No dia 26 de março, às 0000UTC, encontra-se formado vórtice ciclônico fechado e desprendido em 850hPa e 300hPa. A circulação ciclone em 300hPa, apresentou o cavado mais a norte, no centro e norte de Minas Gerais, com uma circulação de baixa bem

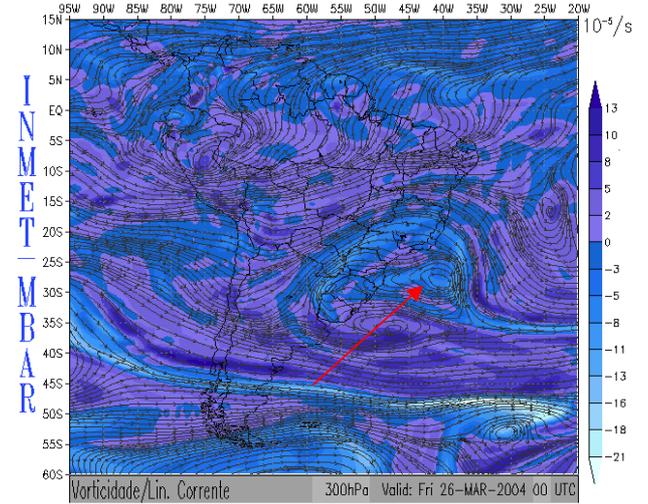
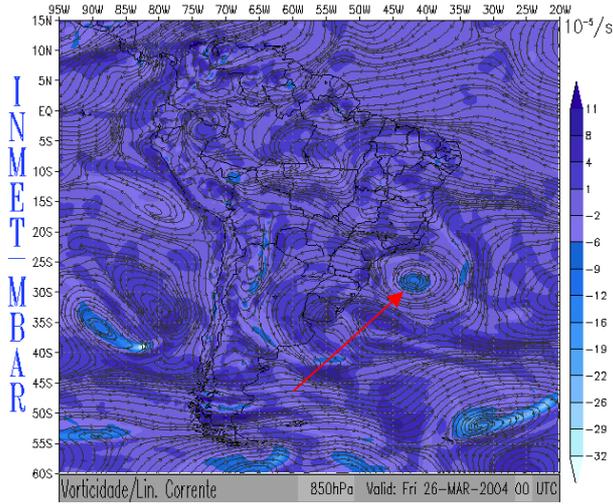
expandida e vorticidade bem significativa nos níveis baixos e altos (fig.b). Pelas imagens de satélite no infravermelho, a partir de 25 de março, começou a configuração das nuvens em forma de espiral fechada e, a partir das 17:45UTC em diante, é evidente o aparecimento de um olho no sistema, semelhança a um ciclone tropical (fig. 8a). Na imagem de satélite, de 27 de março, às 1615UTC, do INPE (fig. 8b), mostra as temperaturas do topo das nuvens do ciclone, variaram de -40°C a -50°C , durante seu desenvolvimento, não muito frio como temperaturas do topo de furacão. Em 27 de março, às 0000UTC, a circulação fechada do vórtice ciclônico deslocou-se um pouco para sul, próximo litoral de Santa Catarina em 850hPa (fig.c). O cavado no nível de 300hPa, aparece até no sul de Minas Gerais e o fluxo de vento fechado do centro da baixa inclinado para oeste, com menores valores absolutos de vorticidade do que nos baixos níveis de 850hPa. A circulação anti-horária do ar frio deslocou-se para sudeste. Em 28 de março, às 0000UTC, o vórtice ciclônico atingiu a costa do sudeste de Santa Catarina e nordeste do Rio Grande do Sul, com ventos a superfície a 10metros, em torno de 50km/h pelo modelo MBAR. A existência de vorticidade com maior intensidade é evidente em todas as análises em 850hPa (Reale and Atlas, 1999). Porém, observou-se às 0000UTC, em 28 de março, um aumento de vorticidade no nível de 300hPa, maior que em 850hPa (fig.d), mais para norte do centro da tempestade em superfície, que deve está relacionado com a intensificação do sistema, provocada pela

topografia e oceano-continente,

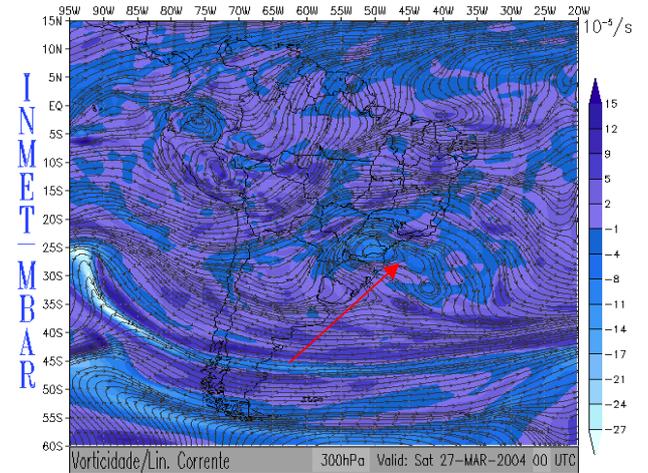
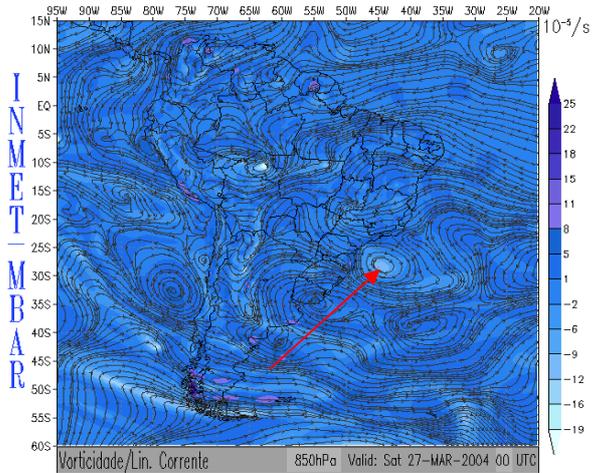
quando o ciclone chegou no litoral.



a



b



c

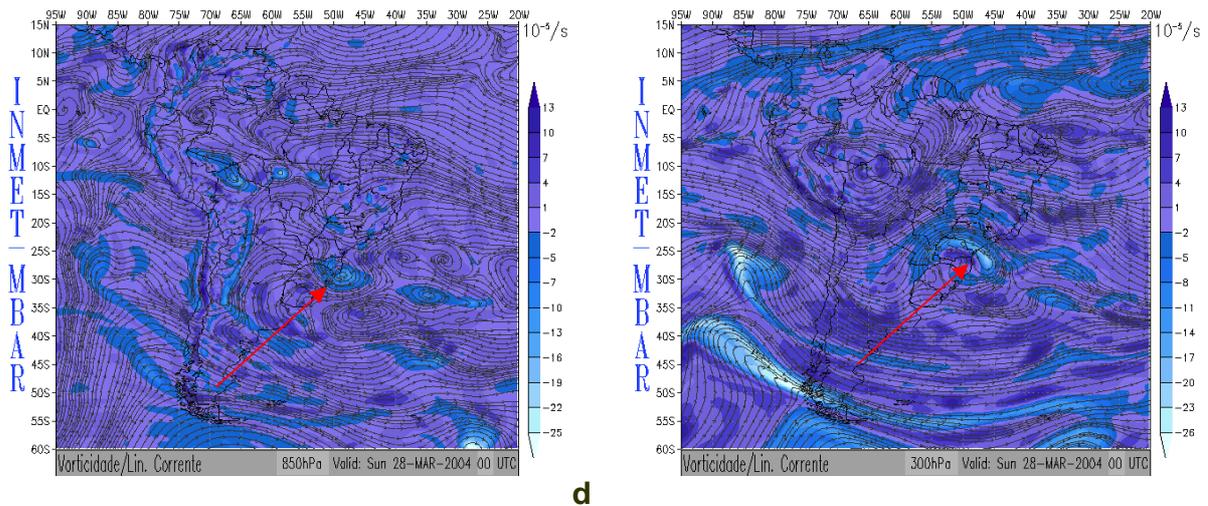


Figura 06. Fluxo de vento e vorticidade em 850 e 300hPa: (a) 0000UTC, de 22/03/2004; (b) 0000UTC, de 26/03/2004; (c) 0000UTC, de 27/03/2004; e (d) 0000UTC, de 22/03/2004.

A presença de um cavado em 500hPa, fluxo de vento (fig. 07), foi evidenciada ao longo da costa da Região Sul do Brasil, desde 20 de março, bem antes da formação e durante o desenvolvimento da baixa em superfície. Este cavado

remanescente desde 20 de março, começou a intensificar e fechar sua configuração, talvez decorrente da crista desenvolvida na média latitude, de uma massa de ar frio.

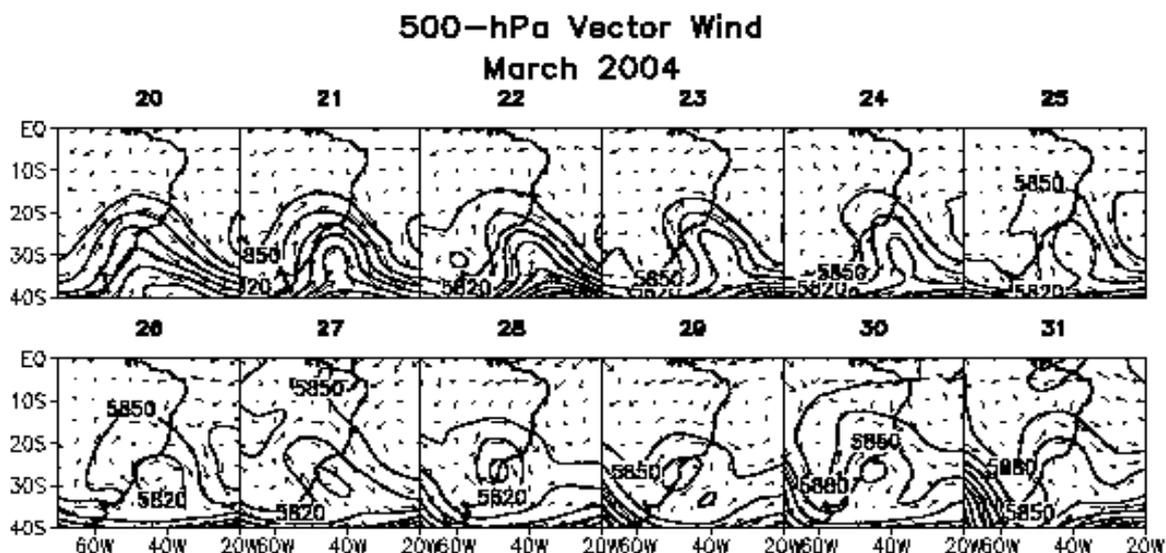


Figura 07. Análise do fluxo de vento em 500hPa, de 20 a 31 de março (NCEP).

2.5 Anomalias do campo da temperatura

Campo das anomalias de temperaturas diárias em 925hPa, no período de 20 a 31 de março, são plotadas do NCEP (fig. 08). Em vermelho anomalias positivas de T e em azul anomalias negativas de T. A partir de 21, uma massa de ar frio chega sobre a Região Sul, é observado um forte gradiente de temperatura horizontal que se propagou de 21 a 23 de março, com o Oceano Atlântico. no dia 22, a massa de frio se intensifica e expande-se, com anomalias negativas de T de 4°C a 6°C e mais ao norte, uma faixa de anomalias de T positiva desde a Região Sudeste prosseguindo pelo Oceano Atlântico,

associada da frente estacionária. A partir de 23, são observadas as anomalias de T positiva, no Oceano Atlântico (cerca de 1000km da costa), se desprende da faixa da frente que enfraqueceu e, começou a bloquear as anomalias de T negativas, confinado a oeste sobre a Região Sul e parte no Oceano Atlântico. Situação anômala é observada com as anomalias de T positiva invade às de T negativas com deslocamento para oeste, rompendo às anomalias negativa de T, até os dias 27 a 28 de março, quando toda a área é transformada em positiva até o litoral da Região Sul. Talvez, está seja uma das causas principais na formação da baixa desprendida, conseqüentemente ao ciclone.

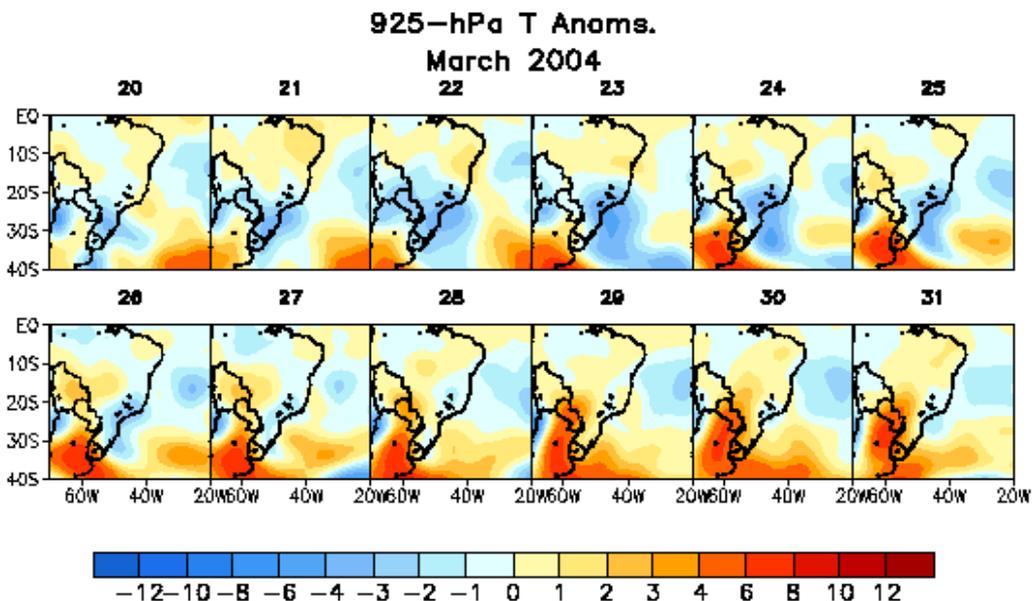


Figura 08. Anomalias de temperatura em 925hPa (NCEP), azul (negativa) vermelha (positiva), para o período de 20 a 31 de março de 2004

2.6 Cisalhamento Vertical Do Vento.

Não se pode atribuir que a presença de um olho nas imagens de satélite em uma tempestade, seja a única condição ou referência sobre a estrutura tridimensional de um ciclone (Reale and Atlas, 1999).

Os ciclones baroclinicos originados nos oceanos com maiores intensidades ou mais fortes em suas formações, podem apresentar figuras de um olho em suas configurações, decorrente da separação do ar seco (imagens de satélite no visível), os quais aparentemente apresentam ser vistos como ciclones tropicais (Bluestein, 1992). Em geral, os sistemas de baixas não tropicais que apresentam claramente um olho em sua configuração, são formada basicamente por nuvens baixas stratus ou stratocumulos, enquanto os furacões são formados por cumulonimbus altos ao seu redor do seu centro (olho). É interessante perceber que ambos os sistemas parecem ter desenvolvimento de nuvens convectiva ao redor do centro. Entretanto, não podem ser considerados particulares de um ciclone tropicais.

Através da análise do cisalhamento vertical do vento foi encontrado valores relativamente fracos ou baixo do cisalhamento, na vizinhança do sistema do cavado em nível superior e a baixa pressão a superfície (áreas de cores vermelha a amarela), próxima ao litoral da Região Sudeste do Brasil (fig. 09).

Valores baixos do cisalhamento vertical do vento são necessários para o desenvolvimento de um sistema tropical (tempestade ou ciclone tropical e furacão), bem como para sistemas híbridos. No entanto, de acordo com o cisalhamento vertical do vento, mostra ser uma evidência de um sistema com duas características (híbrido), talvez um ciclone extratropical para um tropical. As evidências de vórtice semelhante de um ciclone tropical, descrito por (Reale and Atlas, 1992), foram consideradas as seguintes condições:

- despresível a baroclinicidade e valores muitos pequenos do cisalhamento vertical do vento na escala do vórtice;
- existência de um perfeito alinhamento de geopotencial mínimo em todos os níveis, com um mínimo de pressão ao NMM; e
- anomalia quente na baixa troposfera, centrado sobre o centro de baixa pressão ao NMM e anomalias frias na vizinhança da larga escala.

2.7 Precipitação

A análise da precipitação prevista pelo modelo **CMORPH** (NOAA/CPC), para o dia 27 de março, no período em que o ciclone aproximava-se da costa da Região Sul, a intensidade da precipitação foi de 20 a 25mm para cada 3 horas, que representa um acumulado na ordem de 50mm a 80mm, para o período de atividade em que o sistema permaneceu no continente.

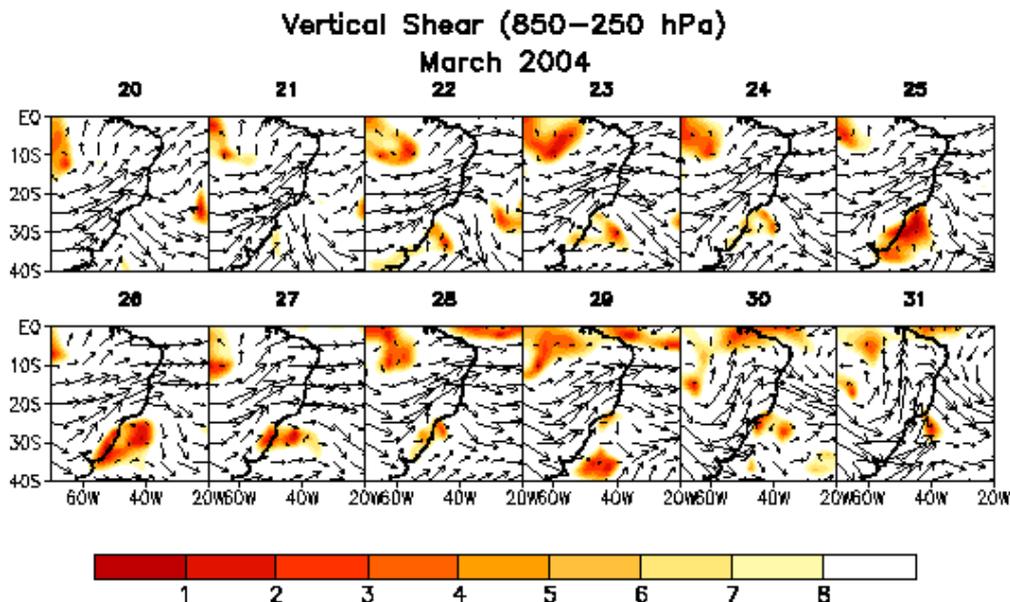


Figura 09. Cisalhamento vertical do vento, mostra áreas em cores na costa do Sul do Brasil

3. OBSERVAÇÕES E EVIDÊNCIAS.

3.1 Temperatura da Superfície do Mar e Barograma.

Geralmente tem sido mostrado por alguns especialistas e pesquisadores, que na formação e desenvolvimento de furacão, é necessário que as temperaturas da superfície do mar (TSM), sejam em torno de 27°C ou mais. Por outro lado, os dois ciclones estudados por Reale e Atlas, no Mar Mediterrâneo, em outubro de 1996, evidenciaram que as TSM foram de 22°C a 25°C.

No Oceano Atlântico Sul, região ciclogênica extratropical, formados em águas frias e na maioria das vezes, são confinados pela presença de ar frio da Argentina. No caso em estudo as TSM médias, foram de 23°C a 25°C, no período de 20 a 26 de março de 2004, na região

de formação do ciclone, bem como para a região no litoral onde a tempestade atingiu (campo não mostrado no trabalho).

A região onde o sistema atingiu, entre o litoral de Criciúma sudeste de Santa Catarina e Torres nordeste do Rio Grande do Sul, compreende uma distância em torno de 50km de norte a sul; do litoral para o interior do continente, até chegar a serra, compreende uma distância na ordem de 40km. A região é praticamente ausente de estação meteorológica. Em Torres, o observador estimou ventos da ordem força dez (F10), na escala Beaufort, como tempestade que corresponde a velocidade da ordem de 100km/h. Nas estações da serra, Cambará do Sul - RS, altitude 906m e São Joaquim - SC foram registrados ventos fortes e variação de temperatura. As precipitações

medidas e registradas nestas estações, durante a noite de 27 de março, foram de: 55mm, em São Joaquim; 60mm em Torres; e 186mm em Cambará do Sul. É importante observar que tanto em Cambará da Serra como em São Joaquim não foram registrados ventos fortes nestas regiões.

Sobre a pressão atmosférica ao nível da estação, durante a passagem do sistema (fig. 10). os barogramas de Torres – RS e São Joaquim-SC, mostraram uma variação de pressão, uma queda brusca na ordem de 10hPa, no período de 4 a 5 horas, entre 2200UTC do dia 27 da 0100 UTC de 28 de março, em Torres (fig. a) e na ordem de 8hPa, entre 2300UTC do dia 27 a 0500UTC de 28 de março, em São Joaquim(fig. b). Esta queda brusca na pressão a superfície apresenta ser uma situação típica de tempestade ou de ciclone tropical ao aproximarem de uma localidade.

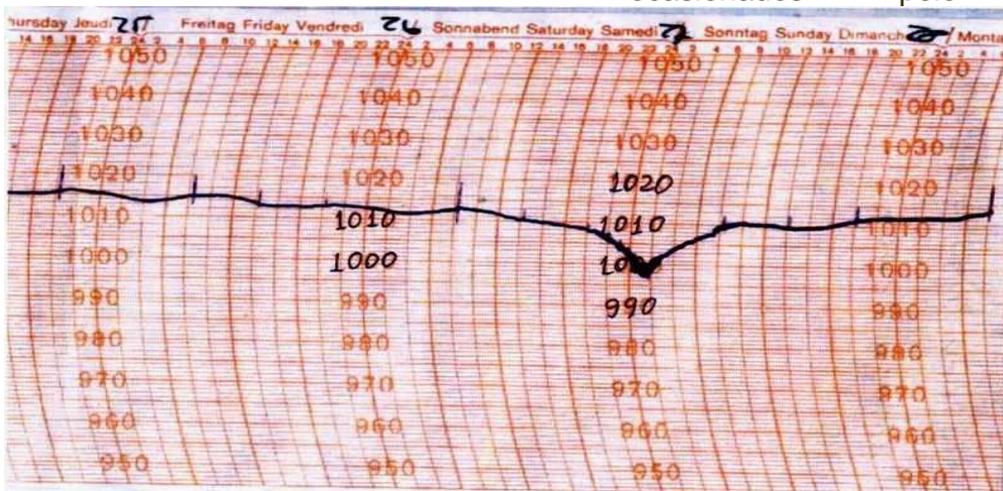
Análises nas observações das sondagens atmosféricas dos perfis verticais às 0000UTC, de 28/03/04, de Porto Alegre e Florianópolis, não apresentaram diferenças

significativas no geopotencial em 500hPa.

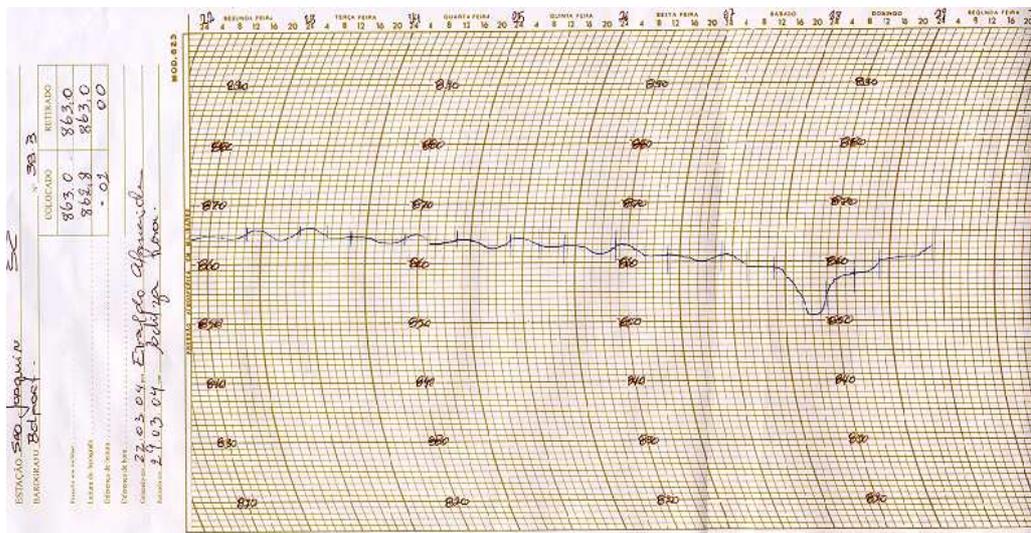
3.2 Explosão do Olho

Imagem de satélite GOES-12, às 1615UTC de 27 de março (fig.11), às temperaturas do topo das nuvens frias não apresentaram valores muito baixos, em torno do seu sistema convectivo, variando de -40°C (amarela) a -50°C (verde), conforme (fig. a) do CPTEC. Na imagem de satélite no visível da NOAA (fig.b), às 2345UTC, de 27 de março, o olho do sistema apresenta mais expandido.

Observação de muita importância foi evidenciado pelas imagens de satélite GOES-12, termais (fig. 12), depois que a tempestade atingiu a costa da Região Sul, apresentava a figura nítida do olho, às 0439h (fig. a). Após um curto intervalo de tempo, em torno de uma hora, às 05:45h de Brasília (fig.b), o ciclone aparece com uma forte instabilidade de célula convectiva, em seu centro que encobriu todo o olho. Esta, talvez, tenha sido a alta contribuição para o aumento das chuvas e ventos fortes ocasionados pelo ciclone.

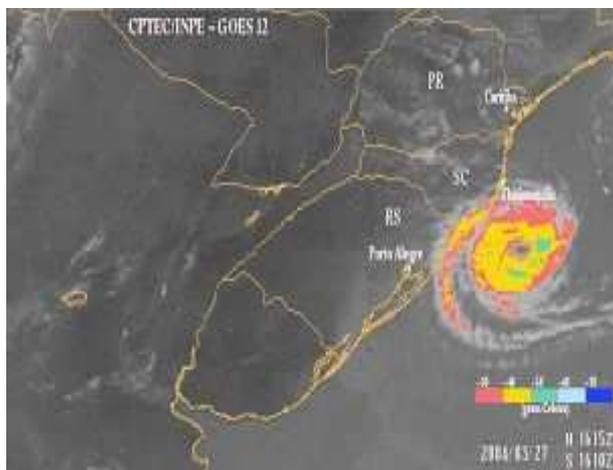


a

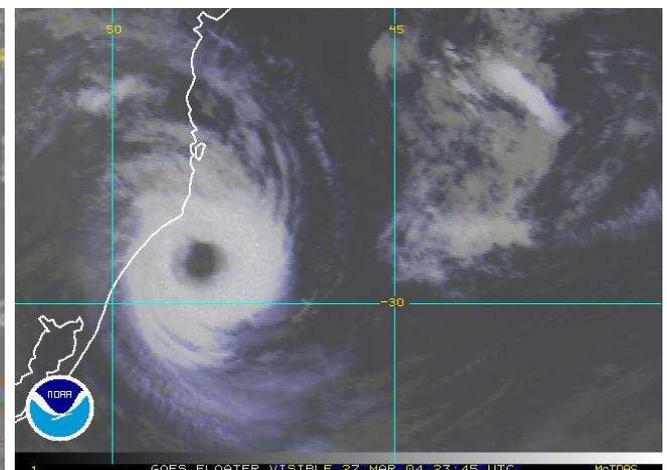


b

Figura 10. Barograma da variação de pressão ao nível da estação, de 27 a 28/03/2004: (a) Torres-RS e (b) São Joaquim-SC.

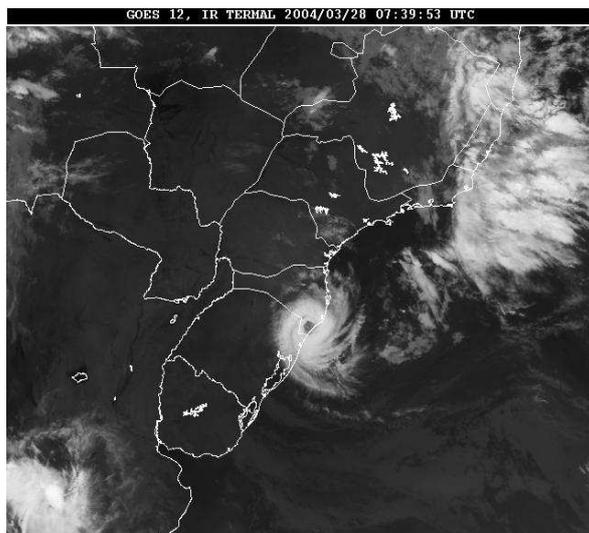


a

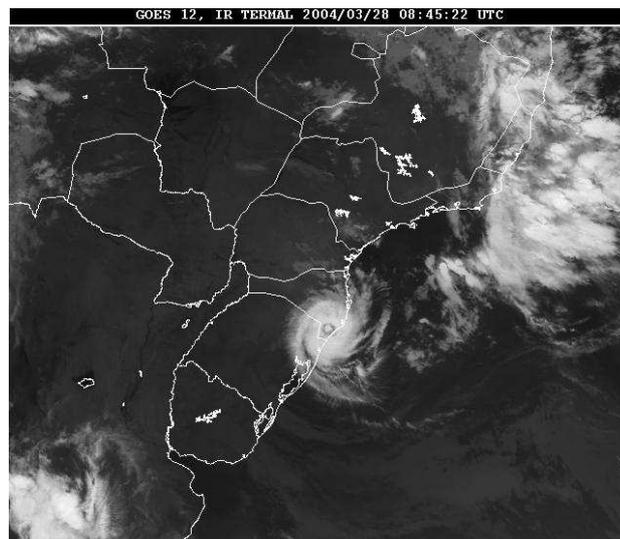


b

Figura 11. Imagem de Satélite GOES, em 27/03/2004: (a) no infravermelho (CPTEC), às 1615UTC e (b) no visível (NOAA) às 2345UTC



a



b

Figura 12. Imagens de satélite GOES-12 no Infravermelho, em 28/03/2004: (a) às 04:39h com o olho e (b) às 05:45h de Brasília, com a convecção de células dentro do olho.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho teve-se a preocupação de demonstrar a ocorrência de um ciclone anômalo no Oceano Atlântico Sul e suas diferenças, que podem ser consideradas significativas com os ciclones extratropicais que normalmente se formam e ocorrem na Região Sul do Brasil. Também, foram documentadas várias características das condições atmosféricas que acompanharam o ciclone, deste a formação e o desenvolvimento ao longo do tempo.

1. As análises dos campos de vento e geopotencial em 500hPa, das anomalias de temperatura em 925hPa, de 20 a 22 de março e imagens de satélite (figura 01) o sistema formado mostrou ser um ciclone extratropical e uma baixa fria, desde 20 a 22 de março, conforme o aparecimento do cavado frio de ar

superior no fluxo de vento em 300hPa.

2. O ciclone extratropical, que por sua vez, se desprende da frente fria, a partir de 22 de março, a baixa pressão começou a desenvolver em sua formação, uma banda de nuvens em forma de espiral, típica de um mesociclone tropical.

3. A forte convecção no olho do ciclone quando chegou no continente, com formação de células intensas, conforme imagem de satélite das às 0845UTC, de 28/03, talvez, esteja relacionado com a topografia (impacto com a serra). O efeito da topografia, deve ter contribuído para o aumento de maiores precipitações e ventos mais intensos.

4. Um ciclone nas latitudes media, também ganha energia, devido a liberação de calor latente, se houver convecção profunda próximo do centro do sistema.

5. Nos campos do cisalhamento vertical do vento com valores mínimos a partir de 23 de março,

favoreceu ao desenvolvimento de um sistema tropical.

6. Nas análises a partir de 26 de março, a baixa fechada no geopotencial e no fluxo de vento em 500hPa, vorticidade ciclônica consideráveis nos níveis de 850hpa e 300hPa, ambos centrado sobre a baixa pressão a superfície, mostram algumas características de uma estrutura barotrópica, transformação (extratropical para tropical).

7 Nas análises de temperatura em 925hPa, nota-se que o contraste térmico diminuiu com o tempo (os processos baroclínicos começaram a perder seus domínios e mais fracos para o sistema).

8.A quantidade da energia devido a liberação de calor latente, fornecida durante o desenvolvimento do ciclone, aumentou com o tempo, enquanto a energia fornecida ao sistema pelos processos baroclínicos diminuíram com o tempo.

9. sistema híbrido ou um sistema em transformação (extratropical para tropical), a quantidade da energia devido a liberação de calor latente fornecida ao sistema aumenta com tempo enquanto a energia fornecida ao sistema pelos processos baroclínicos diminuem com tempo

10. A configuração do ciclone, mostrou ser mais organizado e diferentes dos que normalmente ocorrem. Dai, em termos conceituais previa-se ventos mais fortes.

11. Os modelos de previsão de tempo não indicavam as condições de baixa pressão intensa à superfície e de ventos fortes, talvez, devido a ausência de informações no Oceano. Nestes casos, devem prevalecer o conhecimento e a experiência operacional sobre a previsão de ventos fortes.

5. BIBLIOGRAFIA

DINIZ, F. A. Catástrofe de Ribeirão Preto. Anais do VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belo Horizonte, 1994.

FEDEROVA, N., CARVALHO, M. H. e SILVA, R. S. Processos Sinóticos em Anos de La Niños/Niñas. Vórtices Ciclônicos. Anais do XICBMET, Rio de Janeiro, 2000.

FERREIRA, C. C. Ciclogêneses e ciclones extratropicais na região sul - sudeste do Brasil e suas influências no tempo. São José dos Campos, 1988. 93p. Dissertação (Mestrado) - INPE.

GAN, M. A. E RAO, V. B. Surface cyclogenesis over South America. *Mon. Wea. Rev.*, v.119, p. 1293-1302,1991.

PEZZA, A. BERNARDES e AMBRIZZI, T. Propagação de Ondas de Frio na América do Sul e Trajetórias de Ciclones e Anticiclones Extratropicais. Anais do XICBMET, Rio de Janeiro, 2000.

REALE, O. and ATLAS, R. Tropical Cyclone-Like Vortices in the Extratropics: Observational Evidence and Synoptic Analysis. *American Meteorology Society*, vol.16, p. 07-34, 2001.