

ESTUDO DE UM CASO DE CHUVAS INTENSAS EM PELOTAS-RS

MARIA HELENA DE CARVALHO
ARIANE FRASSONI DOS SANTOS

Faculdade de Meteorologia/Universidade Federal de Pelotas
Caixa Postal 354 – 96010-900 – Pelotas - RS
mhelena@cpmet.ufpel.tche.br
afrasson@ufpel.tche.br

Abstract. During the period from 31 August to 3 September 2001, the precipitation in Pelotas city was 147.4 mm, when the mean value for September is 137.2 mm. The objective of this paper is to analyse the synoptic situation which originated the rainfall. It is verified the presence of a Mesoscale Convective Complex over Rio Grande do Sul state during 31 August and a cyclogenesis over the Atlantic Ocean on 2 September.

Keywords: intense rainfall, weather forecasting, synoptic systems.

1. Introdução

A ocorrência de chuvas intensas em determinada região muitas vezes causa prejuízos econômicos e sociais. Embora não seja possível impedir a ocorrência deste tipo de fenômeno, é importante que os meteorologistas estejam preparados para prever estes eventos para que possam, assim, possibilitar que sejam tomadas as providências cabíveis para evitar perdas maiores. Deste modo, é necessário um melhor entendimento do tipo de sistemas que causam chuvas intensas e de como atuam. Vários trabalhos têm abordado sistemas meteorológicos que são observados no sul do Brasil e que estão associados à precipitação. Severo (1994) fez um estudo de vários casos de chuvas intensas que ocorreram no Vale do Itajaí, em Santa Catarina. Ele dividiu os eventos estudados em cinco tipos diferentes de configurações sinóticas e observou que uma característica de baixos níveis muito importante é o fluxo de ar úmido transportado desde o Brasil central até a área onde ocorrem as chuvas intensas. Este escoamento úmido torna-se a fonte alimentadora da convecção que tem início quando mecanismos dinâmicos, tais como sistemas frontais e vórtices, aproximam-se da Região Sul do Brasil.

Calixto e Khan (1998) estudaram a ocorrência de uma chuva intensa que ocorreu entre os dias 17 e 19 de março de 1994 no Rio Grande do Sul. Concluíram que a precipitação foi causada por um vórtice ciclônico de altos níveis, o qual se estendeu até a superfície sob condições favoráveis.

Moreira et al. (2000) estudaram um caso de um ciclone extratropical observado no sul do país, entre os dias 28 e 29 de junho de 1999, o qual causou chuvas abundantes, principalmente sobre o Rio Grande do Sul. Eles observaram que o modelo RAMS demonstrou habilidade para reproduzir as principais características da estrutura vertical do sistema.

Severo et al. (1994) analisaram uma situação de chuvas intensas que ocorreram entre 23 e 24 de setembro de 1983 e que provocaram enchentes em Blumenau, Santa Catarina e áreas adjacentes. Eles investigaram os mecanismos dinâmicos de grande escala envolvidos com a ocorrência da precipitação. Os resultados obtidos sugeriram que a advecção de ar úmido, instável, ascendente, associada com o movimento de um cavado de onda curta de ar superior, foram os fatores importantes para aumentar a instabilidade potencial.

A enchente de maio de 1992 no Vale do Itajaí foi investigada por Severo e Silva (1998). Foram analisadas as condições de escala sinótica envolvidas na ocorrência das chuvas intensas verificadas entre 28 e 29 de maio de 1992. Eles concluíram que a interação entre uma corrente de jato nos altos níveis e a advecção de ar úmido e quente desde a região noroeste da

América do Sul foram as causadoras da instabilidade que disparou a atividade convectiva sobre a região sul do Brasil.

Um estudo sobre um caso de chuvas muito fortes que chegaram a 412mm num período de 24 horas, em Florianópolis, Santa Catarina, foi realizado por Sanches e Calbete (1996). A precipitação foi causada pela passagem de um vórtice ciclônico. Os autores verificaram a estrutura do sistema e encontraram que existia circulação ciclônica fechada nos níveis de 850 hPa, 500 hPa e 200 hPa, e que a inclinação entre estes níveis era mínima, denotando um sistema barotrópico.

Araújo et al. (1996) fizeram um estudo diagnóstico dos aspectos sinóticos que contribuíram para a ocorrência de chuvas intensas no litoral do sudeste do Brasil em fevereiro de 1996, as quais provocaram enchentes na cidade do Rio de Janeiro.

Severo, Gan e Ferreira (1996) identificaram as características dos sistemas meteorológicos responsáveis por episódios de chuvas intensas no Vale do Itajaí. Eles dividiram os vários casos estudados em dois estágios de acordo com seu desenvolvimento sinótico e classificaram os sistemas sinóticos de acordo com características dinâmicas e termodinâmicas muito semelhantes, dando origem a cinco diferentes grupos.

O objetivo deste trabalho é estudar um caso de precipitação intensa que ocorreu entre os dias 31 de agosto e 3 de setembro de 2001, a fim de se determinar as características atmosféricas relacionadas com a ocorrência das chuvas, para que possa servir de subsídio, principalmente, aos meteorologistas da região sul do Brasil.

2. Dados e Metodologia

Para determinar-se que sistemas sinóticos tiveram influência na precipitação no período estudado, foram usadas imagens do satélite GOES-8, no espectro infravermelho, do arquivo do Centro de Pesquisas Meteorológicas da UFPel, de todos os horários disponíveis do período estudado, que foi o de 30 de agosto (01 dia antes do início das chuvas intensas) até 04 de setembro (o dia seguinte ao do término das chuvas intensas) de 2001. A identificação dos sistemas nas imagens de satélite foi feita de acordo com Conway (1997).

Foram analisados campos de vários parâmetros atmosféricos: pressão reduzida ao nível do mar, altura geopotencial, temperatura, umidade relativa, divergência, vorticidade, vento e advecção de vorticidade nos horários de 00:00 e 12:00 UTC, provenientes do National Center for Environmental Predictions (NCEP), dos Estados Unidos..

Dados de radiossondagem do Aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre, de todo o período estudado, também foram utilizados, os quais foram obtidos na internet (www-das.uwyo.edu), a fim de se verificar os perfis de temperatura e analisar a estabilidade atmosférica.

No arquivo do Centro de Previsões Meteorológicas da Universidade Federal de Pelotas, as cartas de superfície das 12:00 UTC, elaboradas pela marinha do Brasil (DHN), estavam disponíveis somente para os dias 31 de agosto e 1º de setembro de 2001, as quais foram também utilizadas.

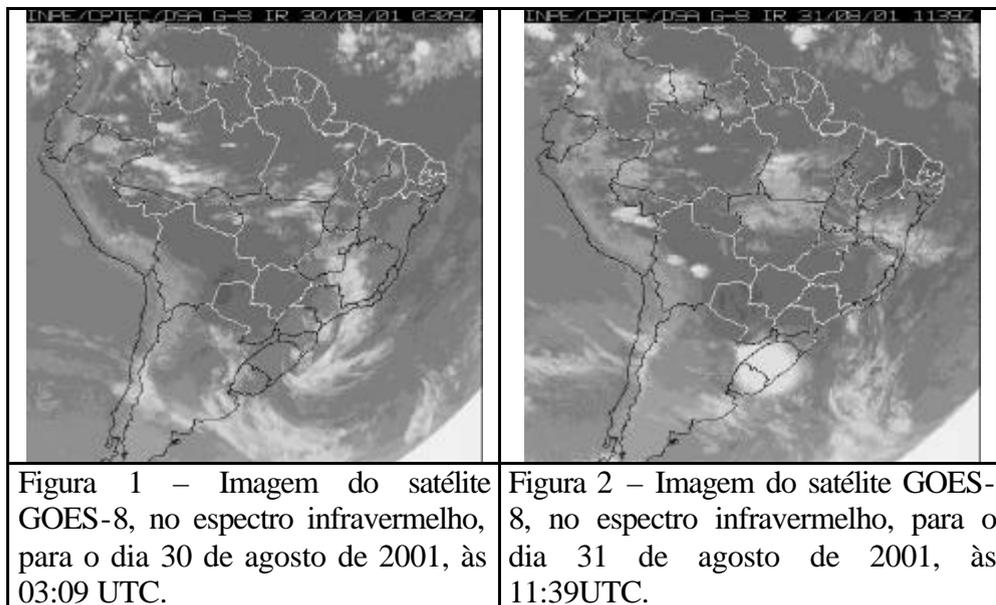
Para uma análise mais detalhada da situação relacionada com a ocorrência das precipitações severas, construíram-se cartas de superfície de mesoescala.

A fim de se verificar o total diário de precipitação, no período estudado, foram utilizados registros do pluviógrafo da Estação Agroclimatológica (Convênio EMBRAPA/UFPel), localizada no campus da Universidade Federal de Pelotas.

3. Resultados

3.1 – Aspectos Sinóticos

No dia 30 de agosto de 2001, como visto na imagem de satélite das 03:09 UTC (**Figura 1**), uma frente fria podia ser localizada no litoral norte da Argentina. Na imagem das 02:39 UTC do dia 31 de agosto, já se podia observar um início de convecção no nordeste da Argentina. Às 03:39 UTC, a convecção atingia também o oeste do Rio Grande do Sul (RS). Era o início da formação de um complexo convectivo de mesoescala, o qual pode ser bem notado na imagem das 11:39 UTC (**Figura 2**). De acordo com dados do boletim da Estação Agroclimatológica (Convênio EMBRAPA/UFPEL), neste dia ocorreu uma precipitação de 27,4 mm (tabela 1). No dia seguinte, 1º de setembro, a atividade convectiva disparou novamente, cobrindo o Uruguai, parte da Argentina e uma parte do sudeste do RS, como visto na imagem das 15:09 UTC (**Figura 3**). Às 00:09 UTC do dia 02 de setembro, notou-se atividade convectiva ainda em destaque sobre o sul do RS, o que levou a uma grande quantidade de precipitação (**Tabela 1**). No mapa de pressão reduzida ao nível do mar, observa-se que a região de Pelotas estava localizada entre dois sistemas de baixa pressão: um no interior da América do Sul e o outro sobre o Atlântico, cujo centro encontrava-se a uma distância considerável do litoral. Durante todo este dia, houve desenvolvimento convectivo na região de Pelotas, conforme pode ser bem observado na imagem de 01:39 UTC (**Figura 4**). No dia 03 continuou favorecida a convecção no Estado, embora a quantidade de precipitação em Pelotas tenha sido muito inferior àquela registrada no dia anterior. Já no dia 04 de setembro, às 00:09 UTC, observou-se a organização da banda frontal fria, na qual se notava uma região com atividade convectiva estendendo-se sobre o oceano e até, aproximadamente, o centro do RS, mas a partir deste dia o sistema frontal começou a deslocar-se para nordeste e por isso a quantidade de precipitação observada foi muito pequena. (**Tabela 1**).



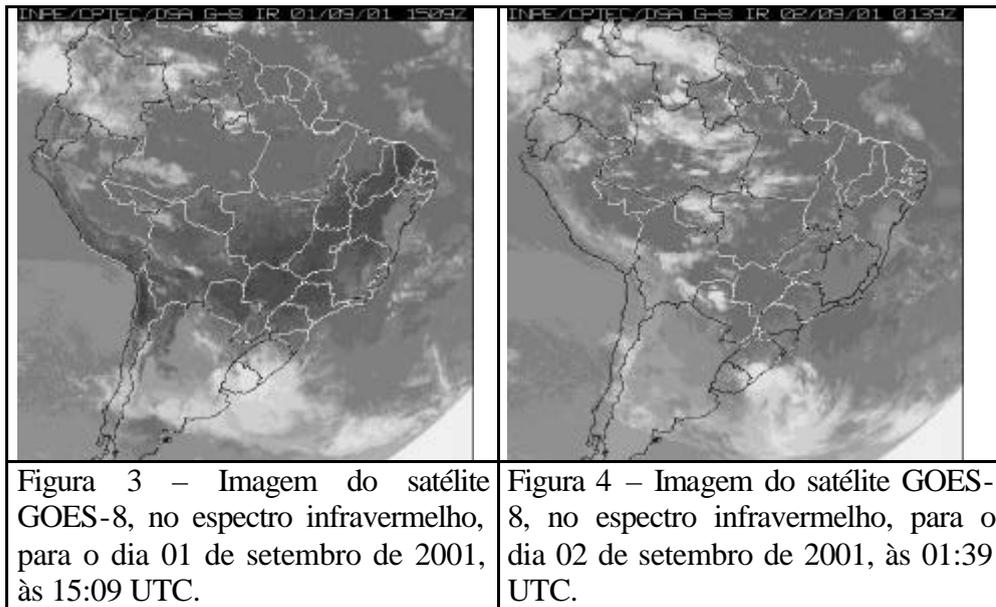


Figura 3 – Imagem do satélite GOES-8, no espectro infravermelho, para o dia 01 de setembro de 2001, às 15:09 UTC.

Figura 4 – Imagem do satélite GOES-8, no espectro infravermelho, para o dia 02 de setembro de 2001, às 01:39 UTC.

Tabela 1 – Dados de precipitação do campus da Universidade Federal de Pelotas

Data	Precipitação (mm)
31.08.2001	27,4
01.09.2001	23,2
02.09.2001	77,4
03.09.2001	19,4
04.09.2001	3,4

Fonte: Estação Agroclimatológica (Convênio EMBRAPA/UFPel)

Na **Figura 5** são mostradas as linhas de corrente e os campos de temperatura (C), divergência (s^{-1}) e advecção de temperatura (C/12 horas), para o nível de 850 hPa, no dia 31 de agosto de 2001.

No mapa de linhas de corrente para o dia 31 de agosto de 2001, às 12 horas (**Figura 5a**), fica evidenciada uma corrente de norte, vinda da região Amazônica e, analisando-se juntamente o campo de temperatura (**Figura 5b**), verifica-se que o ar desloca-se sobre uma região onde existe um máximo deste parâmetro. Desta forma, houve um transporte de ar quente e úmido da região norte do continente para o RS, onde neste dia formou-se um complexo convectivo de mesoescala, o qual causou uma precipitação significativa em Pelotas. O campo de divergência (**Figura 5c**) mostra que existia convergência sobre os três estados da Região Sul, sendo que os valores máximos localizavam-se no norte do RS. Na carta de advecção de temperatura (**Figura 5d**), observa-se que havia advecção quente na região de Pelotas. Esta situação favorece a presença de movimentos ascendentes do ar, e assim, a formação das nuvens que foram observadas na imagem de satélite para o mesmo dia e horário (**Figura 2**).

Vários índices de instabilidade, como por exemplo, Showalter, K e Totals-totals (Bluestein, 1993), calculados com dados das 12 horas do dia 31 de agosto de 2001, obtidos no aeroporto Salgado Filho em Porto Alegre, denotavam que a atmosfera estava instável.

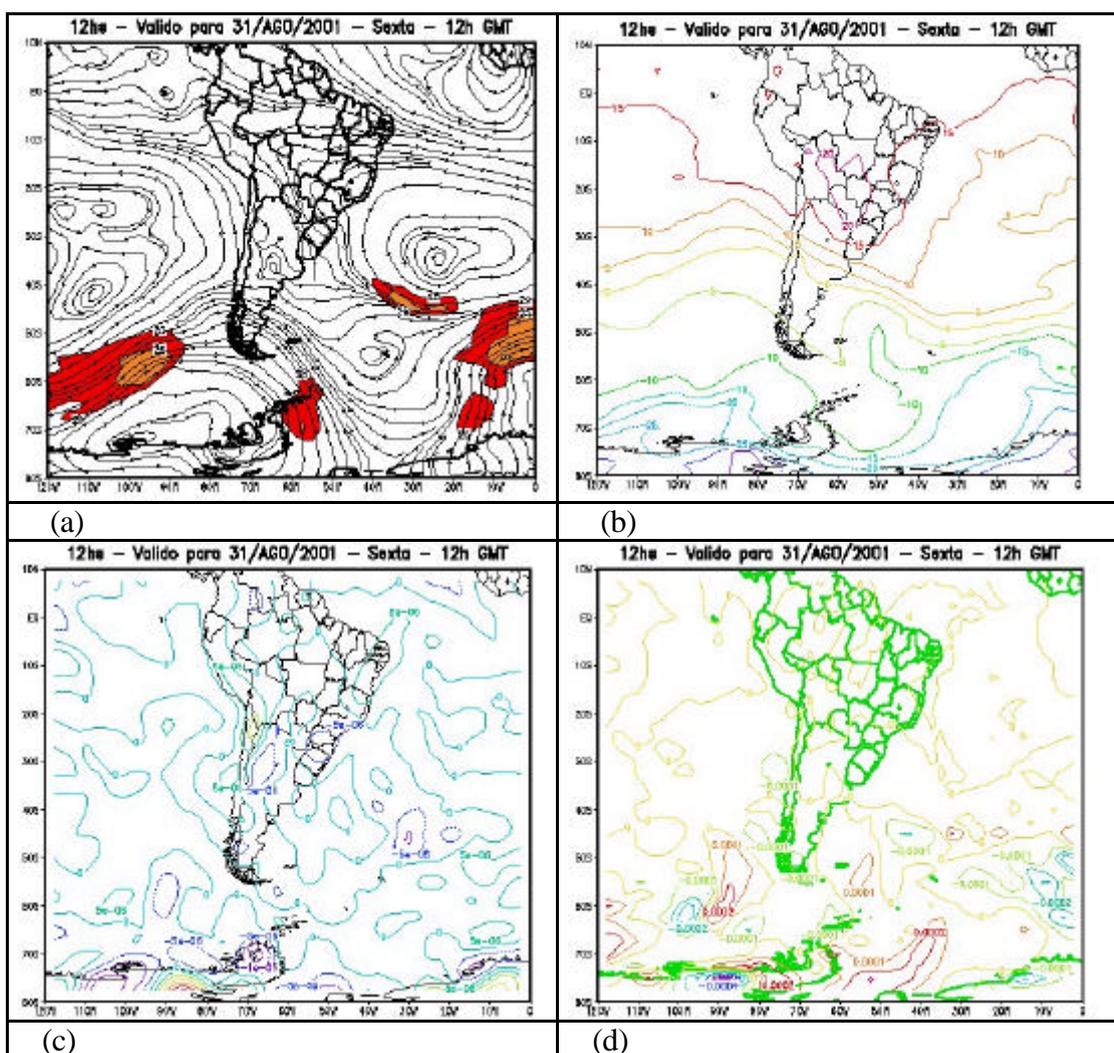


Figura 5 – Campos de linhas de corrente (a), temperatura (b), divergência (c) e advecção de temperatura (d) em 850 hPa, para o dia 31 de agosto de 2001, às 12:00 UTC.

O mapa de linhas de corrente e o campo de divergência em 300 hPa, para o dia 31 de agosto de 2001, às 1200 UTC são mostrados na **Figura 6**.

No mapa de advecção de temperatura para 500 hPa do mesmo dia e horário (não mostrado), também era verificada advecção quente, ou seja desde os baixos níveis da atmosfera, até o nível de 500 hPa, houve advecção positiva de temperatura, o que favoreceu o desenvolvimento convectivo.

No mapa de linhas de corrente, fica evidenciada a corrente de jato subtropical com um centro de velocidade máxima localizado ao sul da região onde se observou o desenvolvimento do complexo convectivo.

O campo de divergência mostra valores positivos na região do Rio Grande do Sul, o que favoreceu o movimento vertical ascendente.

A carta de mesoescala para o dia 31 de agosto, às 12:00 UTC, mostra que praticamente todas as estações do RS apresentavam o céu encoberto e em várias delas foi registrada a presença de nuvens cumulonimbus e trovoadas.

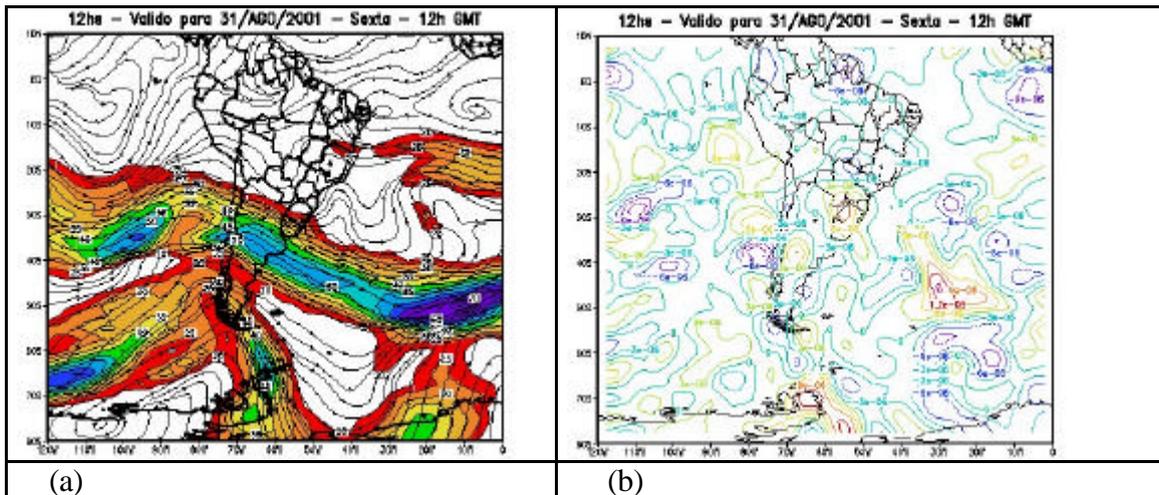


Figura 6- Mapas de linhas de corrente (a) e divergência (b) em 300 hPa, para o dia 31 de agosto de 2001, às 12:00 UTC.

No dia 1º de setembro de 2001, também foi observado desenvolvimento convectivo na parte sudeste do RS, mas não houve a formação de um sistema organizado, como no dia anterior. No mapa de pressão reduzida ao nível médio do mar, notava-se que o estado estava sob a influência do sistema de baixa pressão continental, o que foi confirmado na carta de superfície da DHN. Neste dia, houve uma precipitação de 23,2 mm.

A maior quantidade de precipitação no período estudado ocorreu no dia 02 de setembro de 2001, chegando a 77,4 mm. No mapa de pressão reduzida ao nível do mar para as 1200 UTC deste dia (Figura 7), observa-se que houve a formação de um centro de baixa pressão sobre o oceano Atlântico. O mapa de advecção de vorticidade em 500 hPa para o dia anterior, às 12:00 UTC indicava a presença de advecção de vorticidade na região onde houve a ciclogênese. No campo de divergência em 850 hPa (Figura 8) verifica-se um núcleo de convergência que se localizava entre a parte leste do RS e a região onde se encontrava o centro de baixa pressão do Atlântico. No mapa de linhas de corrente para o nível de 1000 hPa (não mostrado) também podia ser verificado que na mesma região havia uma linha de confluência. Neste dia, era possível observar-se um gradiente de temperatura no nível de 925 hPa maior do que o do dia anterior.

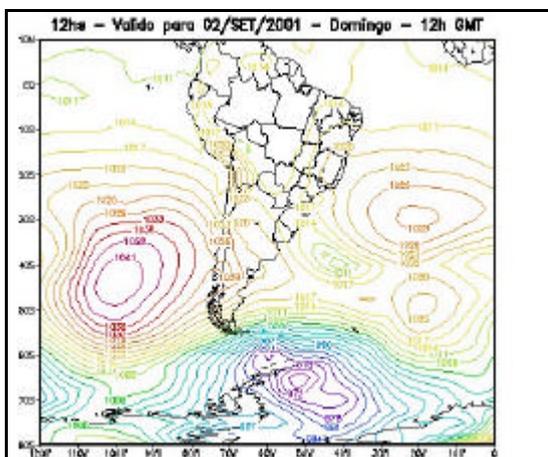


Figura 7 - Campo de pressão reduzida ao nível do mar (hPa), para o dia 02 de setembro de 2001, às 12:00 UTC.

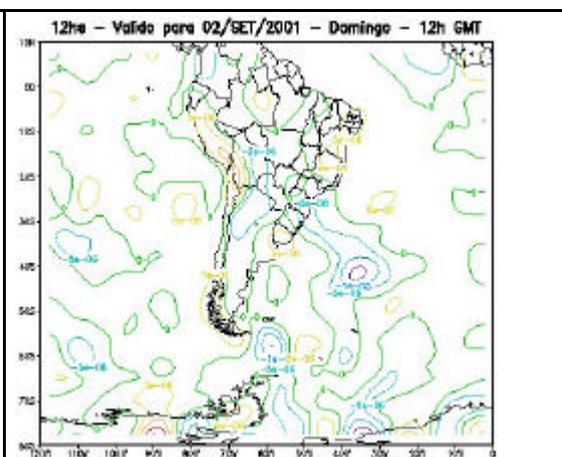


Figura 8 - Campo de divergência em 850 hPa (s^{-1}), para o dia 02 de setembro de 2001, às 12:00 UTC.

Na **Figura 9** são mostrados o mapa de linhas de corrente e o campo de temperatura em 850 hPa, para o dia 02 de setembro de 2001, às 12:00 UTC . As linhas de corrente (**Figura 9a**) mostram uma alimentação do sistema frontal pela circulação anticiclônica do oceano Atlântico. O ar que chega no estado do Rio Grande do Sul desloca-se sobre o centro do continente, onde, conforme se observa no mapa de temperatura (**Figura 9b**) existia um núcleo quente, ou seja, havia um transporte de ar quente para a região onde estava localizada a zona frontal e devido à existência de convergência, este ar era levantado, dando origem à nebulosidade observada na imagem. Em 300 hPa, existia uma corrente de jato passando pela região onde foi observada na imagem de satélite a banda de nebulosidade, ficando esta no lado esquerdo da entrada de um centro de velocidade máxima da corrente de jato, ou seja, na região onde se localiza a divergência nos altos níveis, dando suporte ao movimento ascendente.

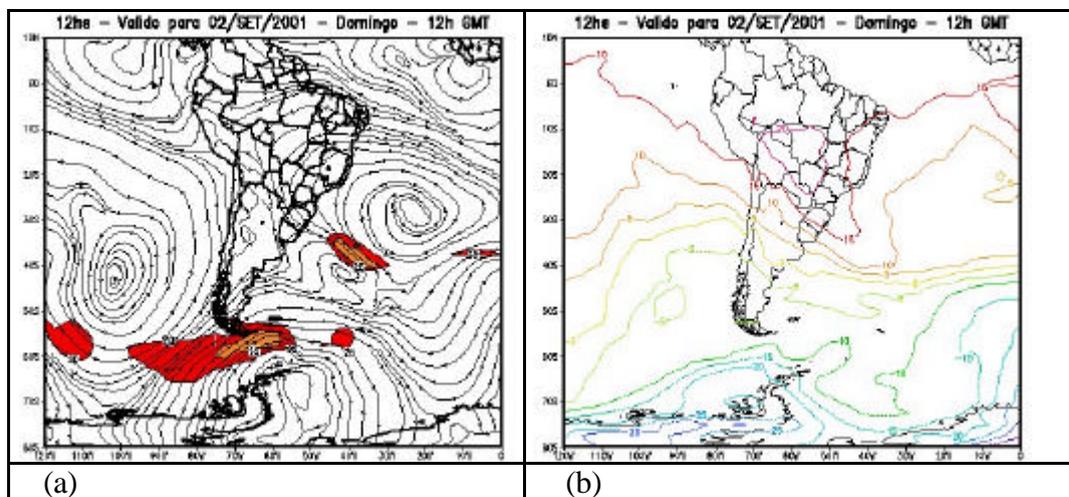


Figura 9 – Mapas de linhas de corrente (a) e temperatura (b) em 850 hPa, para o dia 02 de setembro de 2001, às 12:00 UTC.

Analisando-se os mapas de precipitação acumulada prevista para o dia 02 de setembro, verificou-se que não foi detectada pelo modelo a quantidade de chuva que foi registrada.

No mapa de pressão reduzida ao nível do mar do dia 03 de setembro de 2001, às 00:00 UTC (não mostrado), notava-se que o sistema de baixa pressão do oceano Atlântico havia se deslocado na direção leste e que a baixa do continente havia avançado sobre o RS, em relação ao dia anterior. Também neste dia as linhas de corrente em 1000 hPa mostravam uma linha de confluência no oceano Atlântico, próximo ao litoral do RS e pelas imagens de satélite para as 12:09 UTC dos dias 02 e 03 de setembro, percebe-se que a banda de nebulosidade ficou estacionária sobre o litoral do Rio Grande do Sul.

No dia 04 de setembro, a frente começou seu deslocamento na direção nordeste. No mapa de advecção de temperatura do dia 03 de setembro, às 12:00 UTC já podia se observar uma região no sudeste do estado com valores negativos. A situação ficou melhor definida na carta do dia 04, às 00:00 UTC na qual já era notada advecção fria em toda a região mais meridional do RS. No mapa das 12:00 UTC, a advecção fria ocupava todo o Estado, o que provocou o deslocamento da frente fria e, com isso, cessou a precipitação em Pelotas.

6. Conclusões

A análise da situação sinótica que levou à ocorrência das chuvas verificadas no período estudado mostrou que houve uma contribuição importante do escoamento de norte, vindo da

região central da América do Sul e atingindo o Rio Grande do Sul no dia 31 de agosto, quando foi verificada a formação de um complexo convectivo de mesoescala. A importância desse fluxo de ar úmido também foi apontada por Severo (1994) na produção de condições para a ocorrência de chuvas fortes em Santa Catarina .

Uma grande parte da precipitação registrada foi originada por convecção devido à presença de um sistema frontal na região, no qual o ar quente trazido da região tropical era levantado dando origem à nebulosidade.

A chuva observada no dia 02 de setembro estava relacionada ao ciclone que se formou sobre o Oceano Atlântico, próximo ao litoral do Rio Grande do Sul. Naquela região, foi encontrada advecção de vortacidade ciclônica em níveis médios no dia anterior, o que provavelmente indica que este foi um fator que levou à ciclogênese.

Devido a uma advecção fria sobre o estado, o sistema frontal que esteve estacionário sobre o Rio Grande do Sul nos dias 2 e 3 de setembro deslocou-se na direção nordeste..

Referências Bibliográficas

- Araújo, M. A. A.; Aloise, E. D., Santos, A. P. Aspectos sinóticos das chuvas intensas de fevereiro/1996 no Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9, 1996, Campos do Jordão, Anais. v. 1. p. 399-401.
- Bluestein, H. B. *Synoptic-Dynamic Meteorology in Midlatitudes: Observations and Theory of Weather Systems*. Oxford: Oxford University Press, 1993. vol2, 594p.
- Calixto, P. M.; Khan, V. Ocorrência de chuva intensa entre os dias 17 e 19 de março de 1994, no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília, Anais, CD-ROM. PT 98052
- Conway , E. D. *An Introduction o Satellite Image Interpretation*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1997. 242 p.
- Moreira, I. A.; Duquia, C. G.; Prates, J. E.; Quadro, M. L. Ciclone extratropical observado no sul do país entre os dias 28 e 29 de junho de 1999 – Um estudo preliminar. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11, 2000, Rio de Janeiro, Anais, CD-ROM. MM 00035.
- Sanches, M. B.; Calbete, N. O. Estudo de caso de chuvas intensas sobre o litoral de Santa Catarina, Período de 22 a 27/12/95. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9, 1996, Belo Horizonte, Anais. v.1.p. 381-384.
- Severo, D. L. *Estudo de chuvas intensas no estado de Santa Catarina*. Dissertação de Mestrado- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1994. INPE-5682-TDI/568.
- Severo, D. L.; Gan, M. A.; Ferreira, N. J. Estudo de um caso de chuvas intensas associado a enchentes na região do Vale do Itajaí em Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994, Belo Horizonte, Anais, v. 2, p. 561-564
- Severo, D. L.; Silva, H. S. Aspectos sinóticos da enchente de maio de 1992 no Vale do Itajaí. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998, Brasília, Anais, CD-ROM. PT98054.
- Severo, D. L.; Gan, M. A.; Ferreira, N. J. Modelos Conceituais para Situações de Chuvas Intensas no Vale do Itajaí-SC. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9, 1996, Campos do Jordão, Anais. v. 2, p. 1387-1392.