

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE

UM COMPLEXO CONVECTIVO DE MESOESCALA (CCM) ASSOCIADO À PRECIPITAÇÃO INTENSA SOBRE O CRATO-CE

Samuellson Lopes Cabral¹; José Nilson Beserra Campos²; Helber Barros Gomes³; Cleiton da Silva Silveira¹; Wictor Edney Dajtenko Lemos¹.

RESUMO – Apresenta-se uma análise diagnóstica do ciclo de vida e das características termodinâmicas da atuação de um intenso Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) no sul do Estado do Ceará, na região do Cariri, no dia 28-01-2011. Este CCM causou chuvas intensas no município do Crato e proximidades, ocasionando transtornos em algumas atividades humanas, principalmente entre as 0h e às 5h do dia 28-01-2011, período de sua máxima intensidade. As análises termodinâmicas mostraram que durante o dia 27-01-2011, período que antecedeu a formação do CCM, foi observado um intenso movimento ascendente de ar na região do Sertão da Paraíba, acompanhado de um aumento de umidade, convergência de massa e incidência de forte circulação ciclônica na baixa troposfera, que se intensificou no horário de máxima atividade do CCM, deslocando-se para a região do Cariri cearense. Esse sistema meteorológico ocasionou um evento de 162 mm, a maior precipitação registrada no município ao longo de 100 anos de observações.

ABSTRACT – The paper presents a diagnostic analysis of the life cycle and thermodynamic characteristics of an intense Mesoscale Convective Complex (MCC) that happen at 01/28/2011 in the southern of Ceará, in the Crato. This CCM caused heavy rains and nearby municipality of Crato, mainly between 0h and 5h on 1/28/2011, period of its maximum intensity. The thermodynamic analysis showed that during the day 27.01.2011, preceding the formation of MCC, there was a strong upward movement of air in the backlands of Paraíba region, accompanied by an increase in moisture convergence of mass and incidence strong cyclonic circulation in the lower troposphere, which intensified at the time of maximum activity of the CCM, moving to the Cariri Ceará. This weather system caused an event of 162 mm, the highest rainfall recorded in the city over 100 years of observations.

Palavras-Chave – Chuvas intensas, Complexo convectivo de mesoescala, sistema meteorológico.

(1) Doutorando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pela Universidade Federal do Ceará. E-mail: samuellsoncabral@hotmail.com; cleitonsilveira@yahoo.com.br; wictoredney@hotmail.com

(2) Professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará. E-mail: nilson@ufc.br

(3) Doutorando do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo. E-mail: helber@model.iag.usp.br

1. INTRODUÇÃO

No dia 28 de Janeiro de 2011 registrou-se a ocorrência de um Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) sobre o extremo sul do Ceará. Esse evento meteorológico provocou intensa precipitação sobre a região do Crato-CE.

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) caracterizam-se por um aglomerado convectivo de nuvens com estrutura vertical profunda, constituída pelos topos e bigornas dos cumulonimbus (CB), forma aproximadamente circular e tempo de vida de no mínimo seis horas (Maddox, 1980). A maior parte dos trabalhos sobre CCM foram direcionados àqueles observados nas latitudes médias do norte da Argentina, Paraguai e sul do Brasil os quais, em geral, ocorrem durante os meses de primavera e de verão do Hemisfério Sul (HS) e se formam no período noturno com ciclo de vida entre 6 a 20 horas. Sobre o Nordeste Brasileiro (NEB), observa-se a formação de sistemas meteorológicos de mesoescala, tais como, linhas de instabilidade, CCM ou Cb isolados, associados à ocorrência de pancadas de chuvas isoladas. Até o presente, poucos estudos documentaram episódios de CCM sobre o NEB (Silva *et al.*, 1994; Gomes Filho e Souza, 1994; Mello *et al.*, 1996; Moura *et al.*, 1996; Vitorino *et al.*, 1997, Souza e Alves, 1998, Alves *et al.*, 2001). Segundo Machado e Roosow (1993), à medida que um CCM atinge a fase madura, forma-se uma grande quantidade de nuvens *stratus* e *cirrus*. Na grande maioria dos casos, o horário de máxima atividade do CCM ocorre entre o fim da noite e o início da madrugada.

O objetivo desse artigo é apresentar uma análise da evolução das condições meteorológicas associadas à atuação do Complexo Convectivo de Mesoescala que ocorreu sobre o município de Crato-CE na madrugada do dia 28 de janeiro de 2011. O conhecimento da formação, desenvolvimento, deslocamento e intensificação dos episódios de CCM podem proporcionar ações mais efetivas dos sistemas de alerta meteorológicos de instituições de meteorologia como a FUNCEME.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da Área

O município do Crato está situado na Região Metropolitana do Cariri (Figura 1), localizada no extremo sul do Estado do Ceará, a aproximadamente 550 km de Fortaleza-CE e tem coordenadas

de latitude $-7^{\circ}13'5''$ e longitude $-39^{\circ}24'0''$. A precipitação média anual é de aproximadamente 1000 mm, dos quais cerca de 70% ocorre de meses de janeiro a maio (FUNCEME, 2006). A temperatura média anual é de 26°C e a umidade relativa média do ar é de 80% na quadra chuvosa e 50% na seca. A insolação total anual média é de 2.848 h e a evapotranspiração potencial de 1.387 mm ano^{-1} (FUNCEME, 2006).



Figura 1 – Localização da área de estudo.

Dados e Metodologia

- Dados do satélite GOES 12, canal Infravermelho, disponibilizadas pelo DSA/INPE/CPTEC.
- Visando obter uma representatividade mais consistente da atmosfera superior do Nordeste durante a atuação do CCM, utilizamos também análises transversais do movimento vertical e da umidade relativa do NCEP/NCAR. Tais análises diagnósticas são utilizadas no entendimento da evolução de sistemas atmosféricos profundos, permitindo compreender

com maior facilidade o predomínio de movimentos ascendentes e descendentes sobre determinada região.

- Precipitação pluviométrica (mm) observada no dia 28 de Janeiro de 2011, em alguns postos pluviométricos da região do Cariri no Estado do Ceará, disponibilizado pela FUNCEME.

3. RESULTADOS

A Figura 2 mostra algumas imagens da sequência horária das imagens do satélite GOES-12, no canal infravermelho, do ciclo de vida do CCM que se formou junto ao sertão da Paraíba e avançou no Sul do Ceará, entre as 22h e 05h dos dias 27 e 28 de Janeiro de 2011.

Na imagem das 22h do dia 27 de Janeiro de 2011 não existia células convectivas sobre o Sul do Ceará. Com o passar do tempo, a atividade convectiva começa a desenvolver-se e progride dando origem ao CCM sobre o Cariri Cearense. Durante o ciclo de vida, o CCM apresentou deslocamento para oeste, sempre mantendo com clareza a forma circular e invadindo a área do sul do Ceará com um raio de cobertura convectiva aproximadamente superior a 100 km.

Nas imagens das 04h e 05h observa-se que o sistema convectivo perde atividade e começa a perder a forma circular e por volta das 06h do dia 28 de Janeiro de 2011 ocorre o seu processo de dissipação, totalizando um ciclo de vida de 8 horas. Souza e Alves (1998) analisaram a atuação de um CCM sobre Fortaleza-CE com o tempo de vida de 10 horas, totalizando uma precipitação de 270 mm.

A Figura 3 ilustra os campos de convergência/divergência de umidade e vetor vento em 1000 hPa (a) e vorticidade relativa em 850 hPa e vetor vento em 700 hPa durante o horário das 6 UTC (3 hora local). Observa-se nos níveis de 1000 e 700 hPa a presença de uma curvatura ciclônica associada à convergência de umidade e vorticidade de aproximadamente 3 e -2.5 s^{-1} , respectivamente. Ressalte-se que durante todo o ciclo de vida do sistema foi possível observar esta configuração. É importante mencionar também que o horário das seis UTC é apresentada pelo fato dos dados de reanálise não terem uma resolução temporal de três em três horas e por ser o horário mais próximo da máxima precipitação.

A partir dos campos de seção vertical (Figura 4) é possível ver o transporte de umidade entre as camadas de 1000 e 600 hPa durante o período de máxima atuação dos sistema (Figura 4a). Observa-se ainda que durante o período de 0 as 6 UTC ocorreram movimentos ascendentes, cujo máximo foi de aproximadamente -0.3 hPa/s entre os níveis de 900 e 800 hPa (Figura 4b).

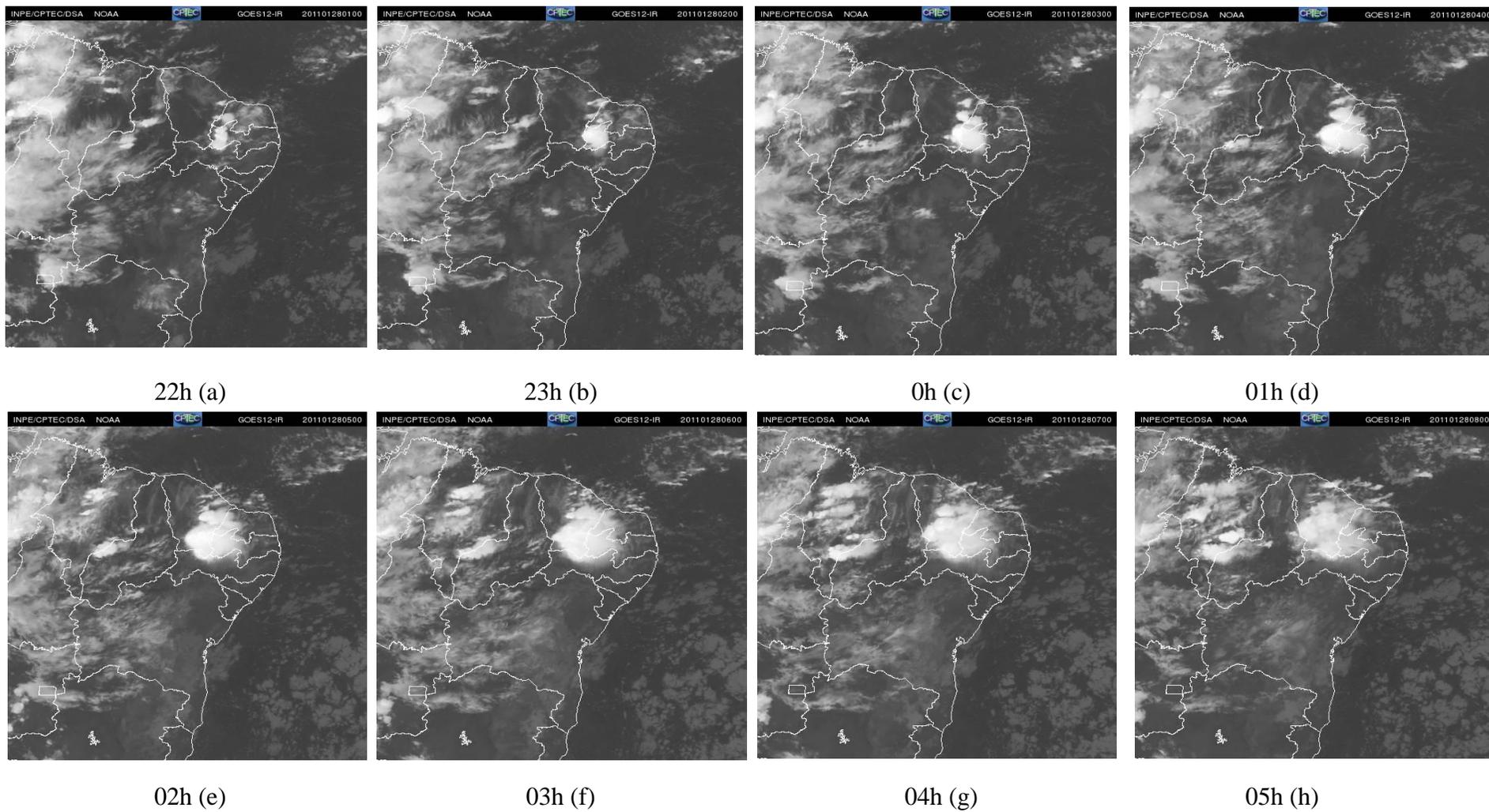


Figura 2 - Sequência de imagens do satélite GOES do dia 28/01/2011. (Hora local: 22:00 h do dia 27 ate as 5:00h do dia 28/01/2011).

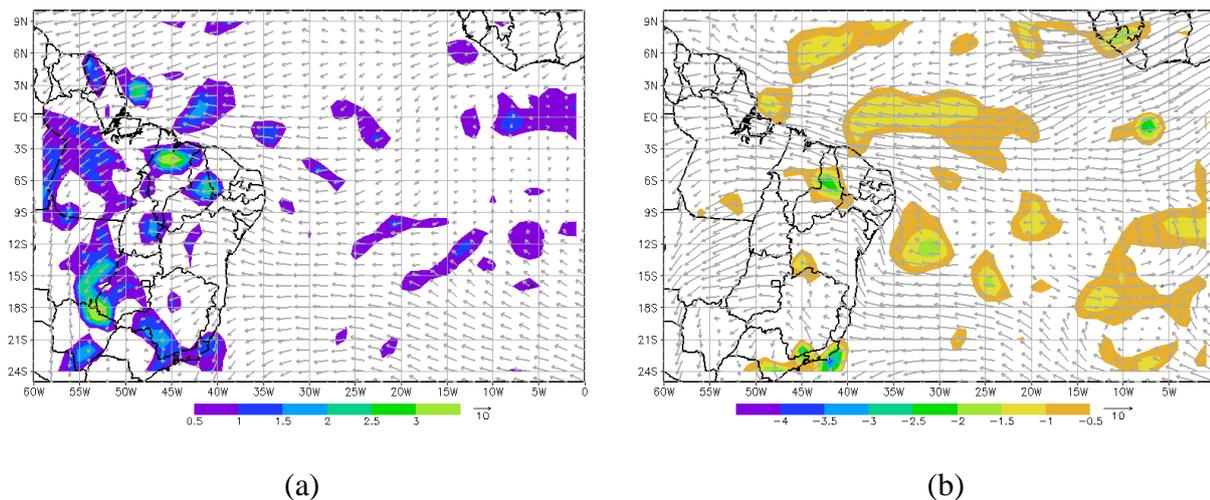


Figura 3 – Convergência/divergência (10^{-4} s^{-1}) de umidade e vetor vento em 1000 hPa (a) e vorticidade relativa (10^{-5} s^{-1}) em 850 hPa e vetor vento em 700 hPa (b). As regiões sombreadas representam valores positivos (a) e negativos (b).

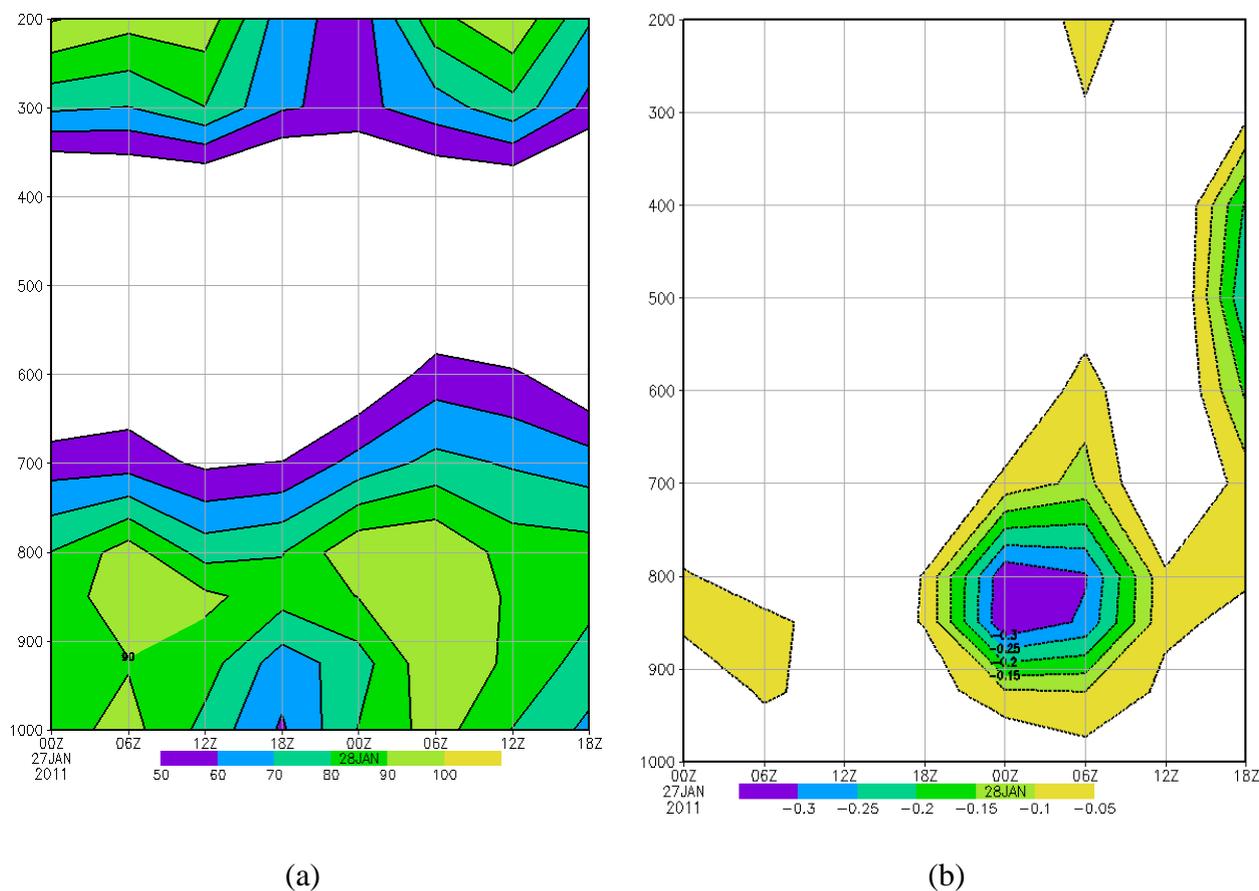


Figura 4 – Seção vertical de umidade relativa (a) e movimento vertical (b) para a latitude de -7.23°S e -39.40°W . As regiões sombreadas representam valores acima de 50% (a) e valores negativos (b).

A partir da Figura 5 pode-se observar que 24 horas antes do máximo da atuação do sistema (Figura 5a) há uma camada seca (subsidiência) atingindo até níveis mais baixos (aproximadamente 800 hPa) quando comparado ao horário das 6 UTC do dia 28 (Figura 5b).

Além disso, é evidente pela Figura 5b que a atmosfera esteve mais instável e com nível de condensação por levantamento (NCL) mais baixo, quando comparado aos demais horários.

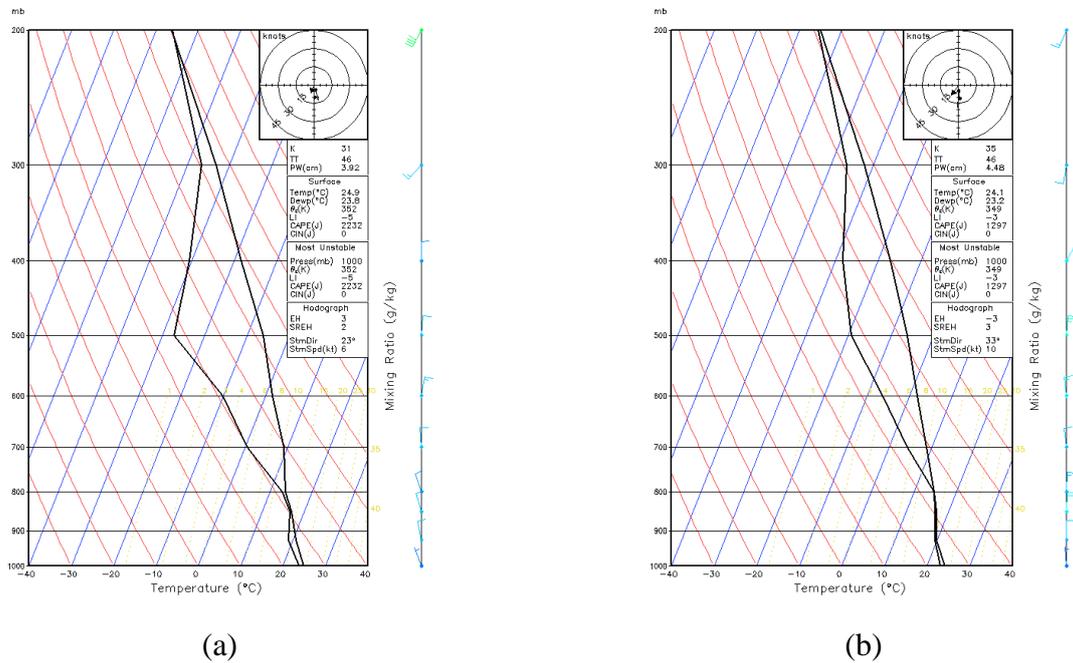


Figura 5 – Diagrama Skew-t para a latitude de -7.23°S e longitude de -39.40°W para os horários das 6 UTC dos dias 27 (a) e 28 (b).

As figuras 6 e 7 mostram a precipitação diária para os municípios da região metropolitana do Cariri e a distribuição espacial da precipitação acumulada observada no dia 28 de Janeiro de 2011. No município do Crato, foi registrado um total de 162 mm, o maior evento de chuva observada registrado ao longo de mais de 100 anos de dados observados, o qual correspondeu a aproximadamente 98% da média de janeiro sobre a estação meteorológica da FUNCEME. Nota-se que o centro do sistema ficou no município do Crato, com precipitações mais intensas do que os outros municípios da região.

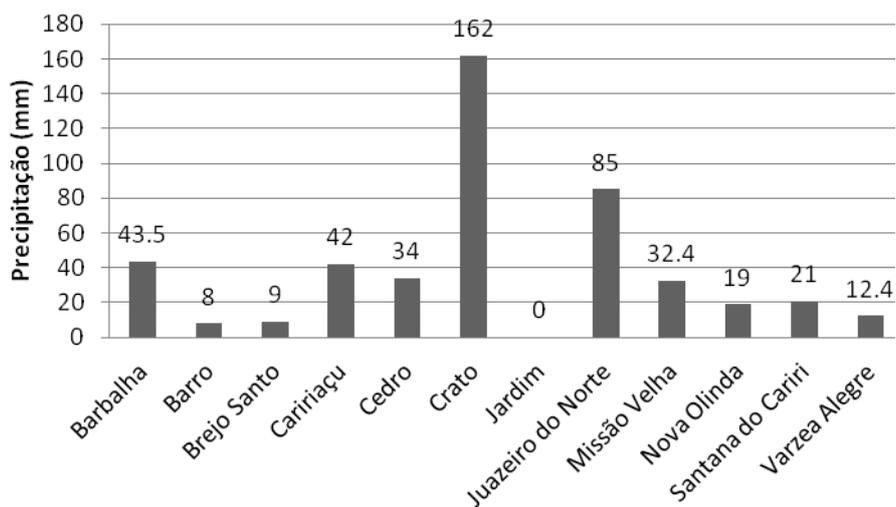


Figura 6 – Precipitação observada no dia 28 de Janeiro de 2011.

A Figura 7 apresenta a distribuição espacial da precipitação para o evento, nota-se, que a variação espacial da chuva, esta relacionada aos diferentes tipos de nuvens que esse CCM apresenta. As nuvens do tipo Cb localizam-se no centro do sistema, onde ocorreu o maior registro de chuva, e na periferia do sistema, com nuvens do tipo *stratus* e *cirrus*, nuvens com menor intensidade de precipitação.

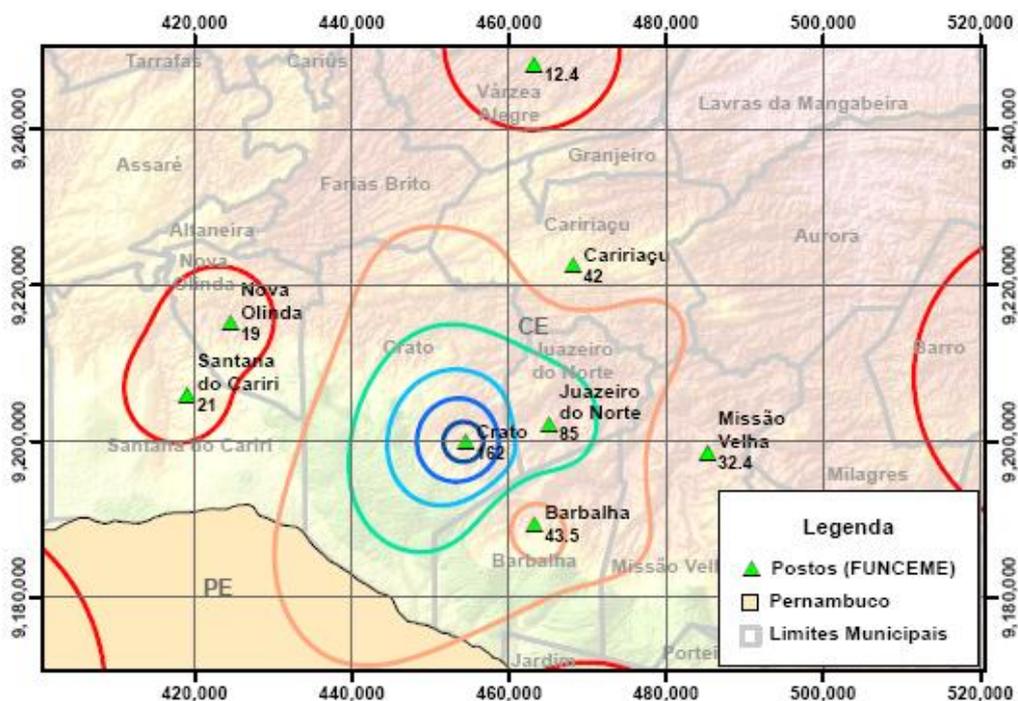


Figura 7 – Isoietas da precipitação observada no dia 28 de Janeiro de 2011.

4. CONCLUSÕES

As análises termodinâmicas mostraram que durante o dia 27 de Janeiro de 2011, período que antecedeu a formação do CCM, foi observado um intenso movimento ascendente de ar na região de formação, acompanhado de um aumento de umidade, convergência de massa e incidência de forte circulação ciclônica na baixa troposfera, que se intensificou no horário de máxima atividade do CCM (03h e 04h de 28 de Janeiro de 2011). Dinamicamente, a formação do CCM teve influência direta da topografia da região, da variação do gradiente de temperatura, e da alta taxa de umidade.

Observou-se a presença de vortacidade ciclônica nos baixos e médios níveis. Esse núcleo fechado de vortacidade ciclônica provavelmente foi o responsável pela forma circular do CCM. A presença de convergência de umidade na baixa e média troposfera favoreceu movimentos verticais ascendentes mais altos do que o normal em toda a coluna troposférica nessa área, com acréscimo de umidade desde a superfície até o nível de 600 hPa, concordantes com esse evento de chuvas intensas no Sul do Ceará.

O monitoramento dos sistemas meteorológicos é extremamente importante, este pode resultar em previsões de tempo de curto prazo que fornecem informações importantes para diversos setores da sociedade, principalmente para aqueles sensíveis a variações nas condições atmosféricas, como a agricultura, recursos hídricos, etc. Além disso, a possibilidade de prever eventos extremos permite que decisões possam ser tomadas para que os impactos de tais eventos sejam minimizados, reduzindo assim o grau de vulnerabilidade de uma determinada região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, J. M. B., Teixeira, R. F. B., Ferreira, A. G: Um intenso sistema convectivo de Mesoescala no setor leste da Região Nordeste: O caso de 20 a 21 de maio de 1994. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 16, n.1, 19-31, 2001.

Filho, M. F. G., Souza, E. P: Sistemas de mesoescala com propagação sobre a Paraíba: um estudo de caso. In: VII CBMet. *Anais*, 2: 183-186, 1994.

FUNCEME. Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará – Parte II: Mesorregião do Sul Cearense. Fortaleza: FUNCEME, 2006. 128 p.

Machado, L. A. T., Rossow, W. R: Structural characteristics and radiative properties of tropical cloud clusters, *Mon. Wea. Res.*, 121: 3234-3259, 1993.

Mello, N. G. S., Sakamoto, M. S. e Torsani, J. A. Um estudo de caso de um sistema convectivo

de mesoescala observado no Nordeste do Brasil. In: IX CBMet. *Anais*, 2: 940-944, 1996.

Moura, G. B. A, Nobre, P., Lacerda, F. F., Rodrigues, R. S., Reis, A. C. S: Estudo de caso: Identificação de um aglomerado convectivo em Salvador nos dia 08 e 09 de abril de 1996. In: IX CBMet. *Anais*, 2: 971-974, 1996.

Silva, R.R.; Gandú, A.W.; Silva Filho, V.P.; Klein, M.; Gomes Filho, M.F.; Branco, M.A.C. Estudo numérico da influência da topografia na formação de sistemas convectivos no sul do Ceará. In: VII CBMet. *Anais*, 2: 529-531, 1994.

Souza, E. B., Alves, J. M. B: Estudo diagnóstico de um complexo convectivo de mesoescala observado no norte do Nordeste do Brasileiro, X CBMet e VIII Congresso da Flismet. Brasília, 1998.

Vitorino, M. I., Silva, M. E. S. e Alves, J. M. B. Classificação de sistemas convectivos de mesoescala no setor norte do Nordeste Brasileiro. *RBMet.*, 12(1): 21-32, 1997.