

Características morfológicas e radiativas de um SCM que atuou no RS entre os dias 15 e 16/08/06

Diogo Monteiro Maria^{1,2}

Gustavo Rasera^{1,3}

Marco Aurélio Alvarenga Alves^{1,4}

Cláudia Rejane Jacondino de Campos^{1,5}

¹ UFPel/Faculdade de Meteorologia

Campus Universitário Cx. P. 354, CEP 96010-900 – fax: (55)53-32776722 - Pelotas-RS-
Brasil

² diogomonteiro@hotmail.com, ³ gras1313@hotmail.com, ⁴ marco_alvarenga@ymail.com,
⁵ cjc campos@ufpel.edu.br

Abstract. Given the importance of Mesoscale Convective Systems (MCS) in the generation of Events with Severe Weather Condition (ES), the aim of this study was to analyze the occurrence of a MCS which began in 8/14/06 in the South Atlantic Ocean and reached the Rio Grande do Sul state (RS), Brazil, on 8/15/06, causing hail in Victor Graeff (28.56°S, 54.75°W) on this day and extreme precipitation in Iraí (27.18°S, 53.23°W) in 8/16/06. Using the ForTrACC tool, it was possible to verify that the MCS has a life cycle of about 30.5 hours, with initiation at 22:30 UTC on 8/14/06, maturing at 11:00 UTC of the day 8/15/06 and dissipation at 05:00 UTC of the day 8/16/06, and offset directed of SE to NW. At the stage of initiation it was noted a decrease in the minimum brightness temperature decrease and an increase in its size. In the maturation stage, the MCS has reached its maximum size and minimum brightness temperature reached minimum values below 200 K. It was noted that the convective fraction of MCS presented high values next to its dissipation, evidencing this interaction with other MCS, which initiated on North of RS where there were strong moisture flowage, which led to the occurrence of extreme rainfall in this region.

Keywords: MCS, ForTrACC, severe weather, hail, extreme precipitation

1. Introdução

As condições do tempo e clima estão intimamente relacionadas às atividades humanas. Tem-se observado que os impactos sociais e econômicos causados pela ocorrência de eventos severos (ES), que vão desde danos na agropecuária, fornecimento de energia pelas hidrelétricas, desastres naturais (ex: enchentes, deslizamentos, inundações, granizo, etc.) até perdas de vidas, são tão significativos que tornam importante o estudo dos sistemas meteorológicos que atuam para a sua formação. Neste sentido, um dos sistemas meteorológicos que atuam para a formação de ES são os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), os quais são alvo de estudos que visam a maior compreensão da sua dinâmica na atmosfera.

De acordo com Houze (1993), os SCMs têm um ciclo de vida dividido em quatro etapas. No estágio de formação, o sistema surge como um grupo de células isoladas, podendo estar em uma distribuição aleatória ou alinhada. Em seu desenvolvimento as células que estão isoladas, crescem e se fundem com diversos núcleos de precipitação intensa, conectadas com regiões de precipitação fraca (iniciação). No estágio de maturação, uma grande região de precipitação estratiforme é observada na retaguarda do SCM, persistindo enquanto novas células convectivas se desenvolvem na dianteira do sistema. Em seu estágio de dissipação, há uma diminuição na formação de novas células e o sistema se torna uma ampla região de precipitação estratiforme, com enfraquecimento contínuo, restando somente algumas células convectivas fracas.

Estudos mostram que o tamanho médio dos SCM tem relação direta com o seu tempo de duração (Nicolini et al., 2002). Em relação ao horário de formação os SCM geralmente iniciam no final da tarde e início da noite, quando as primeiras células convectivas

desenvolvem-se. Seu estágio maduro geralmente ocorre durante a madrugada, coincidindo com o horário de máxima intensidade do Jato de Baixos Níveis (JBN). A sua dissipação acontece por volta das 12:00 UTC, quando o fluxo de umidade é reduzido (Cavalcante e Ferreira, 2009).

Devido às muitas questões a serem ainda estudadas e respondidas sobre os SCM e sua relação com a ocorrência de ES, o objetivo deste estudo é analisar, com o auxílio da ferramenta ForTrACC (Forecasting and Tracking of the evolution of Cloud Clusters), as características morfológicas e radiativas do SCM que teve início em 14/08/06 no sul do Oceano Atlântico e que atingiu o Rio Grande do Sul (RS) no dia 15/08/06, ocasionando queda de granizo na cidade de Victor Graeff (28,56°S, 54,75°O) neste dia e precipitação extrema em Iraí (27,18°S; 53,23°O) em 16/08/06.

2. Metodologia

O processo de seleção do SCM, objeto deste estudo, baseou-se na análise dos registros de ocorrência de ES do tipo granizo gerados por SCM que afetaram o RS entre 2004 e 2008, e que foram selecionados por Rasera e Campos (2012).

Após a seleção do SCM foram utilizados dados diários de precipitação pluvial acumulada, das 12 UTC até as 12 UTC do dia seguinte, de 16 estações meteorológicas de superfície pertencentes ao 8° DISME/INMET (8° Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia), do período de 14 a 18/08/2006. Essas 16 estações meteorológicas foram escolhidas por pertencerem a diferentes regiões ecoclimáticas (regiões com características climáticas semelhantes) do RS (Figura 1). Esses dados serviram para se verificar as taxas de precipitação registradas no RS, durante a atuação do SCM.

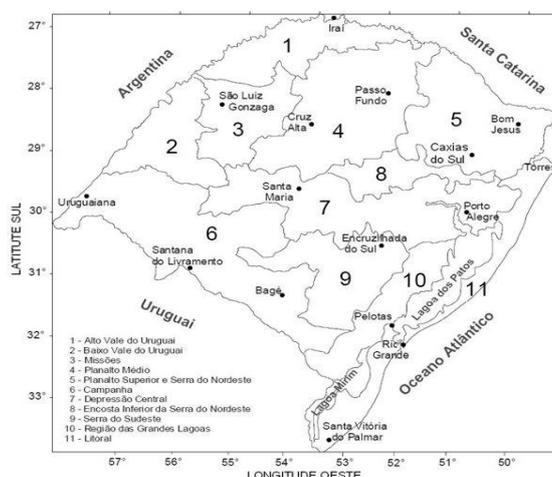


Figura 1. Distribuição espacial das estações meteorológicas utilizadas neste trabalho, em suas respectivas Regiões Ecoclimáticas.

Posteriormente, também foram utilizadas imagens brutas do satélite GOES 12, do canal infravermelho termal, com resolução espacial de 4 km x 4 km (ponto subsatélite) e resolução temporal de ½ hora fornecidas pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/CPTEC/INPE), do período de 11 a 16/08/06. As imagens do satélite GOES 12 serviram para analisar a evolução do SCM e também para obter as suas características morfológicas e radiativas, pelo uso da técnica ForTrACC (Vila et al., 2008) no modo diagnóstico.

O ForTrACC é um método de identificação e acompanhamento de SCM, que utiliza imagens brutas de satélite GOES para obter informações sobre as características físicas e morfológicas dos SCM identificados, durante o seu ciclo de vida. Com as informações

fornecidas pelo ForTrACC pôde-se analisar o ciclo de vida e a trajetória do SCM em estudo, bem como a evolução temporal do seu tamanho, temperatura de brilho mínima (T_b) e fração convectiva.

3. Resultados e Discussão

Segundo o Boletim Climanálise (Climanálise, 2006) durante o mês de agosto de 2006, sete Sistemas Frontais (SF) atuaram no Brasil (número dentro da climatologia para latitudes entre 25°S e 35°S). No dia 13/08/06 formou-se um SF entre o Uruguai e o sul do Brasil que se posicionou sobre o oceano no dia 14/08/06. Neste mesmo dia formou-se uma baixa pressão sobre o Uruguai dando origem a outro SF que gerou aumento da nebulosidade na região sul, que associada à atuação do JBN, gerou intensa atividade convectiva no norte do RS e SC, provocando chuvas significativas na região. Observou-se que a atuação destes 2 SF forneceu condições favoráveis à formação de um SCM no sul do Oceano Atlântico próximo ao RS no dia 14/08/06.

De acordo com o boletim registrado pela Defesa Civil do RS (DCRS, 2012), em Victor Graeff (28,56°S, 54,75°O) no dia 15/08/06 houve ocorrência de granizo, que afetou as áreas urbana e rural do município, com registro de danos parciais em aproximadamente 50 residências. A ocorrência de granizo estava associada à atuação do SCM presente na região, que se formou no dia 14/08/06.

A Figura 2 apresenta a precipitação acumulada (mm) nos dias 14 a 18/08/06 às 12:00 UTC, em Bom Jesus (28,66°S; 52,43°O), Iraí (27,18°S; 53,23°O) e Passo Fundo (28,21°S; 52,4°O). Essas três estações meteorológicas foram as que registraram os maiores volumes de chuva associados à atuação do SCM no RS, entre as 16 estações meteorológicas analisadas (Figura 1). No dia 14/06/08, quando o SCM teve início, não houve precipitação nestas estações, pois o SCM estava atuando sobre o oceano Atlântico. A precipitação associada ao SCM em análise foi registrada a partir do dia 15/08/06, com maior volume de precipitação acumulada registrada em Bom Jesus, 21,5 mm. O máximo de precipitação associado ao SCM ocorreu no dia 16/08/06, em Iraí onde foi registrado 102,3 mm (Figura 2).

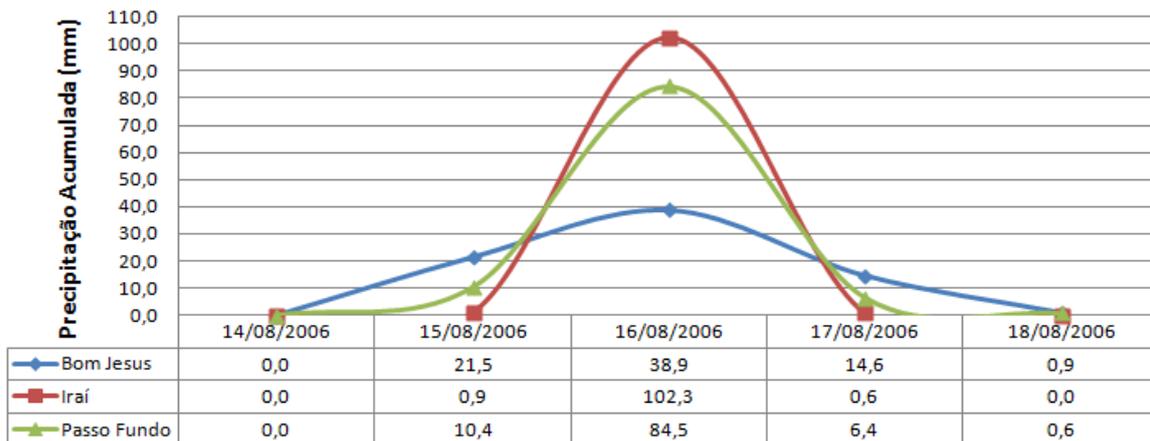


Figura 2. Precipitação acumulada (mm) nos dias 14 a 18/08/06 às 12:00 UTC, nas estações meteorológicas de Bom Jesus, Iraí e Passo Fundo.

A Figura 3 mostra a composição da precipitação acumulada (mm) registrada no dia 16/08/06, para as 16 estações meteorológicas de superfície do RS utilizadas neste estudo. Nota-se que o máximo de precipitação ocorreu no norte do Estado, com valores acima de 100,0 mm, na região de Iraí. Em grande parte do litoral gaúcho, nas regiões de fronteira com o Uruguai e extremo sul com a Argentina, não foi registrada precipitação no dia 16/08/06.

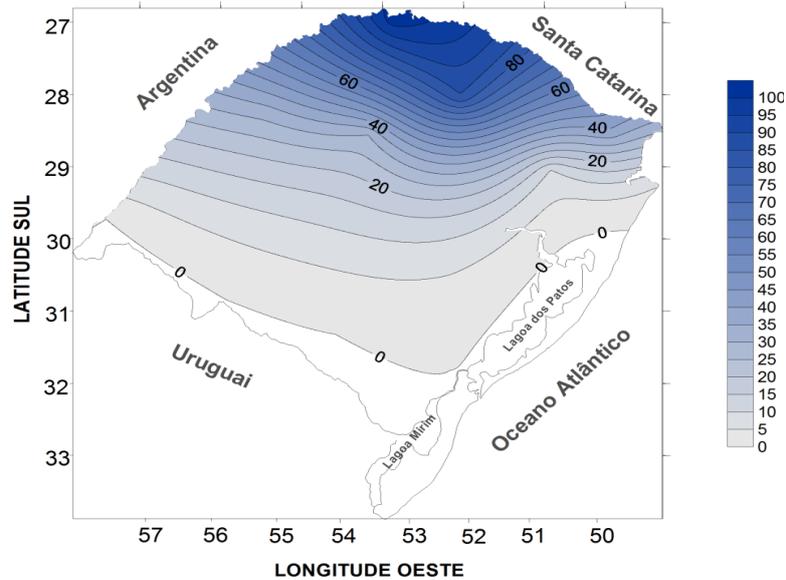


Figura 3. Composição da precipitação acumulada (mm) registrada no dia 16/08/06, para 16 estações meteorológicas de superfície do Rio Grande do Sul.

3.1 Características do SCM

Antes da atuação do SCM sobre o RS, objeto deste estudo, pode-se observar pelas imagens do satélite GOES 12 que no dia 11/08/06 (Figura 4a) havia a atuação de um SCM com grande quantidade de nuvens de topo frio cobrindo o sul e o centro do Estado. Este SCM começou a dissipar-se no dia 12/08/06 (Figura 4b), quando havia ainda a presença de nuvens com topo frio, apenas no extremo sul do RS. Em ambos os dias, foram registrados valores de T_b entre 195 K e 205 K, no centro e sul do RS, indicando forte atividade convectiva. No dia 13/08/06 (Figura 4c) esse sistema se deslocou para o Oceano Atlântico e no RS havia ausência de nuvens de chuva.

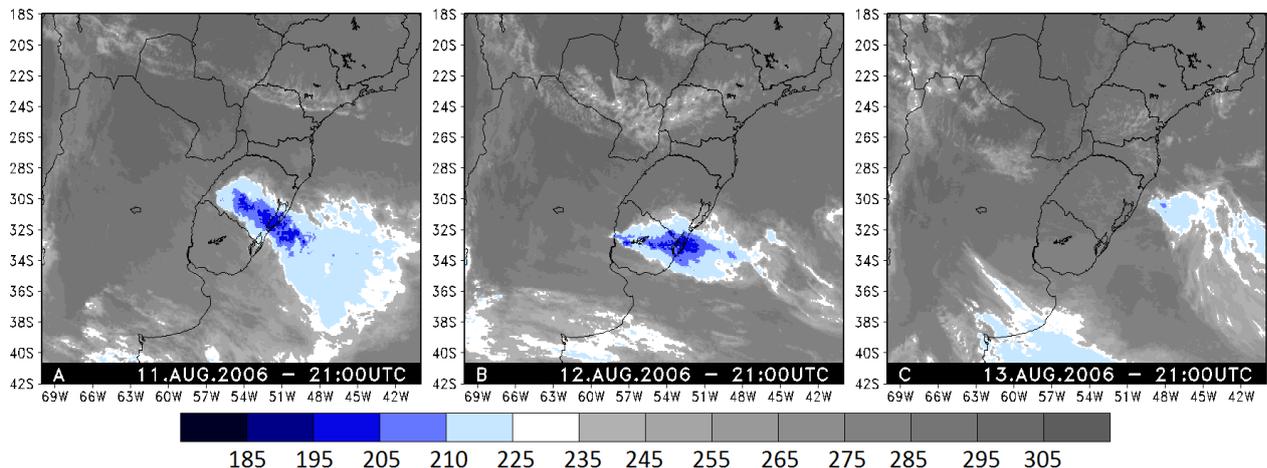


Figura 4. Imagens do satélite GOES 12 no canal 4, mostrando a nebulosidade presente sobre o RS em: (a) 11/08/06, (b) 12/08/06 e (c) 13/08/06.

No dia 14/08/06 teve início o SCM que gerou queda de granizo no dia 15/08/06 e altos índices de precipitação no norte do RS no dia 16/08/06. Na Figura 5, as imagens do satélite GOES 12 no canal 4, mostram a evolução do SCM observada entre os dias 14 e 16/08/06 sobre o RS. A Figura 5a mostra o horário da iniciação do SCM o qual ocorreu às 22:30 UTC no dia 14/08/06, sobre o Oceano Atlântico (40°S, 48°O). No momento de sua máxima extensão, dia 15/08/06 às 11:00 UTC, o SCM já atuava sobre o RS, embora seu centro de massa (ponto em vermelho) continuasse sobre o Oceano (Figura 5b). Após atuar sobre o sul

do Brasil, o SCM dissipou-se sobre o norte do Paraguai no dia 16/08/06 às 05:00 UTC (Figura 5c, horário mais próximo da dissipação), totalizando um ciclo de vida de 30,5 horas.

Cabe ressaltar que o ForTrACC pode gerar imagens virtuais que visam completar um período de ausência de até 6 imagens de satélite durante o rastreamento de um SCM. Como o intervalo entre as imagens do satélite GOES 12 utilizadas neste estudo é de 30 minutos, o período máximo de preenchimento possível é de 3 h. Observou-se que durante o ciclo de vida do SCM em análise ocorreram falhas nas imagens do satélite GOES 12. Portanto, foram geradas imagens virtuais dos seguintes horários: 00:30 UTC, das 04:30 UTC as 06:00 UTC, das 10:00 UTC as 10:30 UTC, 12:30 UTC, 15:30 UTC, 17:00 UTC, das 18:30 UTC as 19:00 UTC e 21:30 UTC para o dia 15/08/06 e 00:30 UTC, 02:30 UTC, 03:30 UTC e das 04:30 UTC as 05:00 UTC para o dia 16/08/06. Por essa razão para ilustrar a fase de dissipação (Fig. 5c) que ocorreu às 05:00 UTC, utilizou-se a imagem de satélite das 04:00 UTC, uma vez que esta era a imagem disponível mais próxima do horário da dissipação.

Analisando a Figura 5, percebe-se que as nuvens com topo mais frios, foram detectadas sobre o RS no dia da dissipação do SCM (16/08/06), quando foi registrada a máxima precipitação sobre a região norte do RS como se pode perceber nas Figuras 2, 3 e 5c.

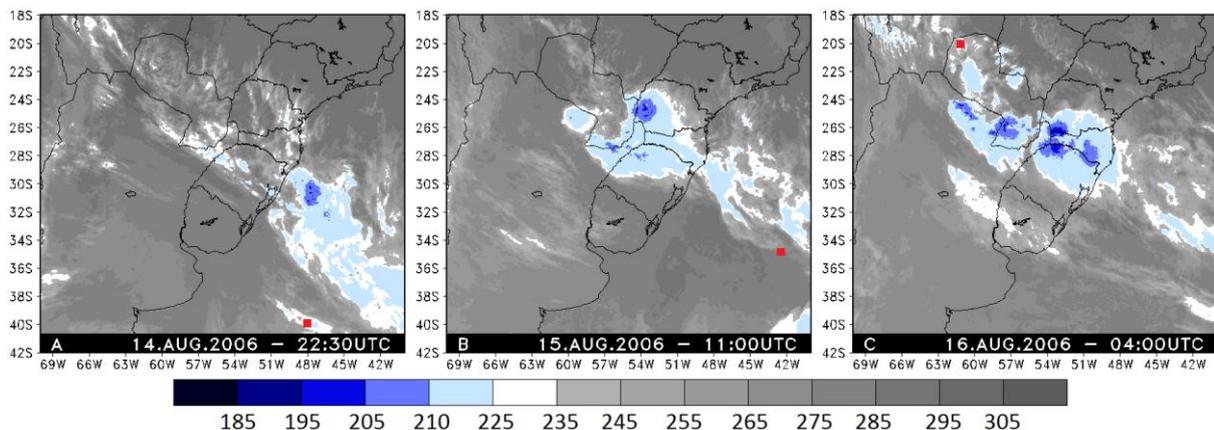


Figura 5. Imagens do satélite GOES 12 no canal 4, mostrando a evolução do SCM observado entre os dias 14 e 16/08/06 sobre o RS. (A) Iniciação, (B) Maturação e (C) Dissipação (horário mais próximo à dissipação).

Analisou-se também a trajetória do SCM que é mostrada na Figura 6. Pode-se observar que a iniciação do SCM ocorreu sobre o Oceano Atlântico, assim como a maturação, enquanto que a dissipação ocorreu sobre o norte do Paraguai. Este SCM apresentou um deslocamento de SE para NO, contrário ao deslocamento médio observado por diversos autores (Nicolini et al., 2002; Torres, 2003, Campos e Eichholz, 2011), para essa mesma região, ou seja, de oeste para leste. Porém, o deslocamento deste SCM assemelha-se ao encontrado por Guedes et al. (1994) para a estação de verão na região. É importante frisar que nem todos os SCM seguem o deslocamento médio de oeste para leste, uma vez que fatores termodinâmicos podem influenciar no seu deslocamento, como a circulação mar-terra. Para este caso, particularmente, se observou que o SCM se deslocou na direção oposta ao fluxo de umidade, que contribuiu para a sua gênese e manutenção, assim como foi observado por Sakamoto (2009) para um SCM que atuou durante o experimento SALLJEX. Além disso, pela análise dos dados de reanálise do National Centers for Environmental Prediction – Climate Forecast System Reanalysis (NCEP-CFSR) (figuras não mostradas) pôde-se observar que no dia 15/08/06 um sistema de alta pressão em superfície estava atuando na região dos Andes e se deslocou para nordeste (NCEP-CFSR, 2012). A circulação anti-horária gerada por este anticiclone pode explicar parte do movimento do SCM para noroeste assim como observado por outros autores (Garreaud e Wallace, 1998; Siqueira et al., 2005; Anabor et al.,

2008). Outro fator que explica o deslocamento para noroeste do SCM em estudo foi a atuação conjunta do SF que ocorreu no dia 14/08/06. De acordo com Fedorova (1999) os SF são caracterizados por serem uma zona de descontinuidade entre 2 massas de ar distintas, com o ramo frio do SF se deslocando sobre a região mais quente, ou seja para o norte no caso do Hemisfério Sul. Portanto, era esperado que o SCM analisado apresentasse uma componente para norte, uma vez que estava interagindo com o SF do dia 14/08/06, o qual por atuar em uma escala maior contribuiu para o deslocamento do SCM no mesmo sentido.

Para uma melhor descrição do SCM em estudo, têm-se as Figuras 7 e 8, que mostram a evolução de alguns de seus parâmetros morfológicos e radiativos ao longo do seu ciclo de vida. Analisou-se a evolução temporal do tamanho do SCM, que é dado pelo número de pixels com temperatura de brilho inferior a 235 K (pixel=16 km²), da T_b do SCM (Figura 7) e da fração convectiva (Figura 8), que é a relação entre a área ocupada pelos topos frios (pixels com temperatura de brilho inferior a 210 K) e a área total do SCM (pixels com temperatura de brilho inferior a 235 K). A fração convectiva representa o tamanho relativo dos núcleos ativos do SCM e evidencia o horário em que o SCM atingiu seu período com convecção mais intensa.

Na Figura 7 nota-se que a partir da iniciação (22:30 UTC do dia 14/08/06) há um decréscimo da T_b , enquanto que o tamanho aumenta, até atingir seu máximo na maturação (11:00 UTC do dia 15/08/06). Na etapa de maturação a T_b atinge seus menores valores (~198 K) e posteriormente volta a se elevar até o momento da dissipação.

A análise da evolução da fração convectiva do SCM (Figura 8) mostra na iniciação valor mínimo de zero com um pico próximo à maturação e outro próximo ao momento de sua dissipação.

Na dissipação era esperado que a fração convectiva se aproximasse de zero, o que não aconteceu. Essa configuração de pico mais pronunciado próximo à dissipação provavelmente se deve à interação com outro SCM que formou na região de dissipação do SCM em estudo. Pela análise dos dados de reanálise do (NCEP-CFSR) (figuras não mostradas) pôde-se observar que o posicionamento dos centros de alta pressão (um sobre o Oceano Atlântico e outro sobre o nordeste da Argentina) proporcionou um escoamento de umidade entre eles, sobre o norte do RS e SC, desde o Paraguai até o Oceano Atlântico (onde se encontrava o centro de baixa pressão) (NCEP-CFSR, 2012). Essa condição sinótica favoreceu a gênese de vários SCM sobre a região, sendo que um deles interagiu com o SCM estudado, provocando o aumento do valor da fração convectiva quando este já estava em fase de dissipação. Portanto, a interação do SCM em estudo com outro, que se formou no norte do RS onde havia forte escoamento de umidade, provocou a ocorrência de precipitação extrema nesta região, como se pode notar na Figura 3.

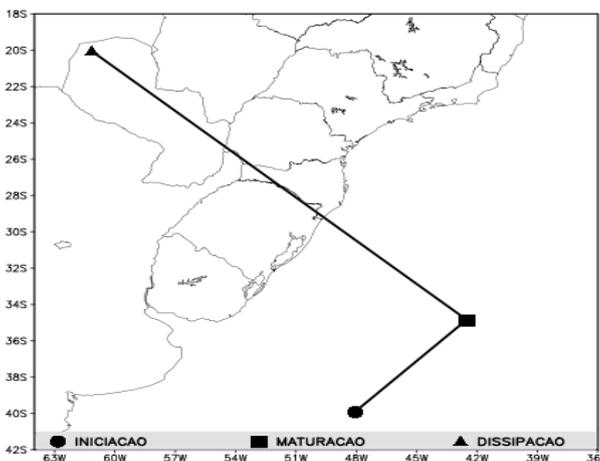


Figura 6. Trajetória seguida pelo SCM, ao longo do seu ciclo de vida (estágios de iniciação, maturação e dissipação) entre os dias 14 e 16/08/06.

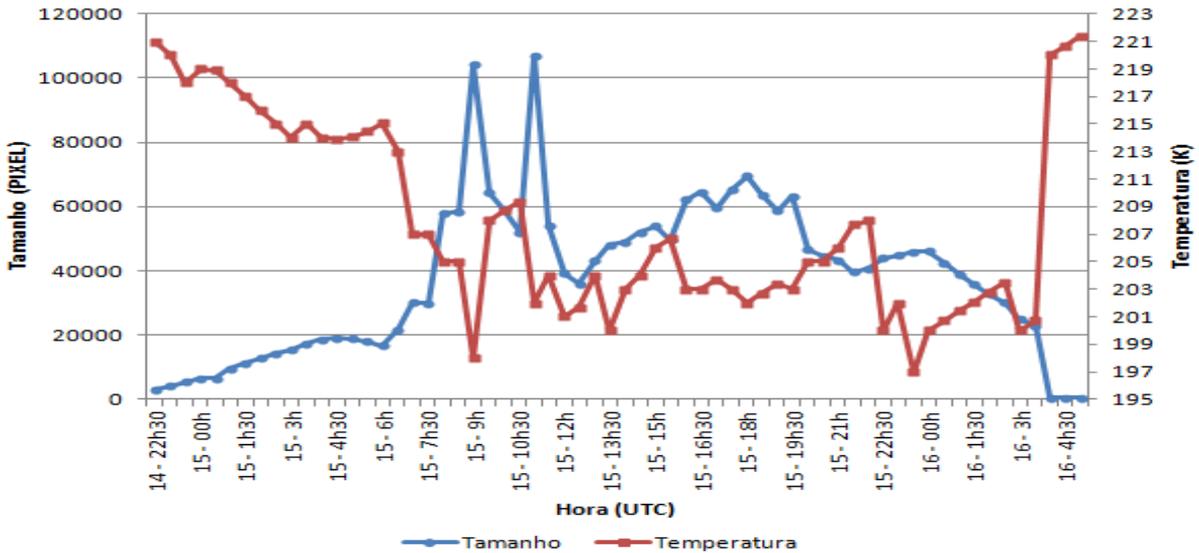


Figura 7. Evolução temporal do tamanho (em número de pixels com temperatura abaixo de 235 K) e da temperatura de brilho mínima (abaixo de 235 K) do SCM que atingiu o RS entre às 22:30 UTC do dia 14/08/06 e às 05:00 UTC do dia 16/08/06.

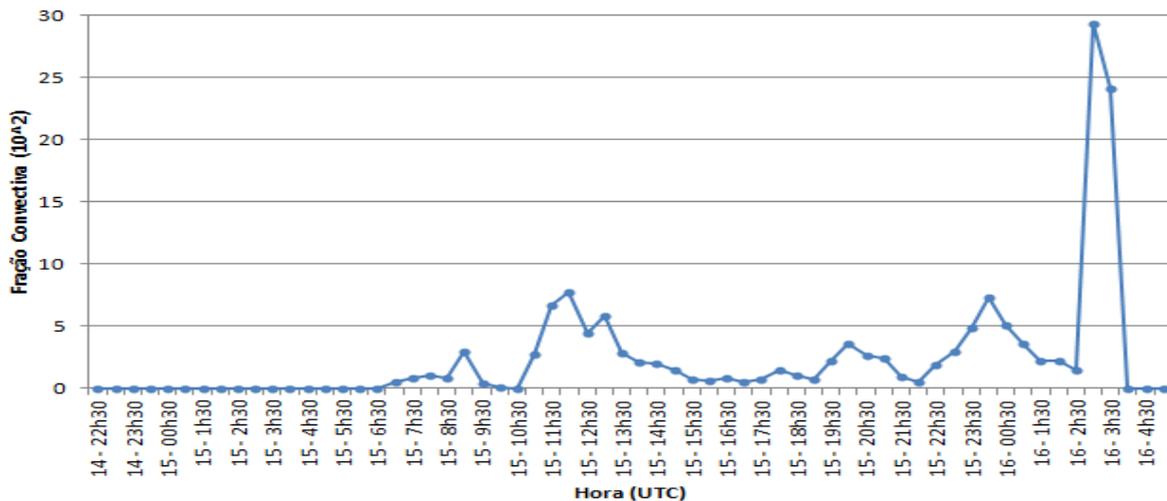


Figura 8. Evolução temporal da fração convectiva do SCM que atingiu o RS, entre às 22:30 UTC do dia 14/08/06 e às 05:00 UTC do dia 16/08/06.

4. Conclusão

Neste estudo analisaram-se as características morfológicas e radiativas do SCM responsável pela ocorrência de granizo na cidade de Victor Graeff (28,56°S, 54,75°O) no dia 15/08/06 e por gerar valores de precipitação acima 100 mm no dia 16/08/06 na estação meteorológica de superfície de Iraí (27,18°S; 53,23°O).

Utilizando-se a técnica ForTrACC verificou-se que o SCM apresentou ciclo de vida de aproximadamente 30,5 horas, com iniciação às 22:30 UTC do dia 14/08/06 sobre o Oceano Atlântico, maturação às 11:00 UTC do dia 15/08/06, também sobre o Oceano Atlântico e dissipação às 05:00 UTC do dia 16/08/06 sobre o norte do Paraguai. Este SCM apresentou deslocamento de SE para NO, sendo a circulação anticiclônica na retaguarda do SF do dia 14/08/06 um dos fatores que contribuiu para esse deslocamento.

A evolução do SCM mostrou que na etapa de iniciação houve aumento do tamanho e decréscimo da T_b , na maturação o SCM atingiu seu tamanho máximo e apresentou os menores valores de T_b , e na dissipação houve diminuição do tamanho e elevação da T_b . Na

fase de dissipação o SCM atingiu seu período com convecção mais intensa devido à interação com outro SCM que se formou na região, onde havia forte escoamento de umidade, provocando a ocorrência de precipitação extrema nesta região no dia 16/08/06.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo auxílio financeiro.

Referências Bibliográficas

Anabor, V.; Stensrud, D.J.; De Moraes, O.L.L. Serial Upstream-Propagating Mesoscale Convective System Events over Southeastern South America. **Mon. Wea. Rev.**, 136, 3087-3105, 2008.

Campos, C. R. J. ; Eichholz, C. W. Características físicas dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. **Revista Brasileira de Geofísica** (Impresso), v. 29, p. 331-345, 2011.

Cavalcante, I. F. A.; Ferreira, N. J. **Tempo e clima no Brasil** – São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 463 p.

Climanálise. Boletim de Monitoramento e Análise Climática. v. 21, n. 08, 2006.

DCRS, Defesa Civil do RS. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br>> Acesso em: 02 set. 2012.

Fedorova, N. **Meteorologia sinótica**. Volume I. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária UFPel, 1999.259 p.

Garreaud, R. D.; Wallace, J. M. Summertime incursion of midlatitude air into subtropical and tropical South America. **Mon. Wea. Rev.**, 126, 2713–2733, 1998.

Houze, R. A. Mesoscale convective systems. In: Cloud dynamics. **Academic Press, Inc.**, 53: 334–404, 1993.

NCAR-CFSR. National Centers for Environmental Prediction – Climate Forecast System Reanalysis. Disponível em: <<http://nomads.nccdc.noaa.gov/data.php?name=access#cfsr>>. Acesso em: 24 out. 2012.

Nicolini, M.; Saulo A.C.; Torres J. C.; Salio P. Enhanced precipitation over Southeastern South América related to strong low-level jet events during austral warm season. **Meteorologica**, Special Issue for the South American Monsoon System, 27: 59–69, 2002.

Rasera, G.; Campos, C. R. J. Análise sazonal dos SCM que afetaram o Rio Grande do Sul e que causaram eventos severos no período de 2004 a 2008. In: XI Congresso Argentino de Meteorologia, 2012, Mendoza, Argentina. **Anais... XI Congresso Argentino de Meteorologia**, p. 326-329, 2012.

Sakamoto M.S. **Sistemas Convectivos de Mesoescala observados na Região Subtropical da América do Sul durante o SALLJEX**. Tese (Doutorado em Meteorologia), USP, 243p, 2009.

Siqueira, J. R.; Rossow, W. B.; Machado, L. A. T.; Pearl, C. Structural characteristics of convective systems over South America related to cold-frontal incursions. **Mon. Wea. Rev.**, 133, 1045–1064, 2005.

Torres, J.C. Sistemas convectivos en mesoescala altamente precipitantes en El norte y centro de Argentina. Tese de doutorado. FCEyN-UBA, 2003.

Vila, D.A.; Machado, L.A.T.; Laurent, H.; Velasco, I. Forecast and Tracking the Evolution of Cloud Clusters (ForTrACC) Using Satellite Infrared Imagery: Methodology and Validation. **Weather and Forecasting**, v. 23, p.233–245, 2008.