

## Ciclo de vida e trajetória dos SCM que afetaram o RS no período de 2004 a 2007

Cristiano Wickboldt Eichholz<sup>1</sup>  
Cláudia Rejane Jacondino de Campos<sup>1</sup>  
Gustavo Rasera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, Faculdade de Meteorologia, PPGMet  
Caixa Postal 354 - 96010-900 - Pelotas - RS, Brasil  
cristianowe@gmail.com, cjcampos@ufpel.edu.br, gras1313@hotmail.com

**Abstract.** The weather and climate have always influenced human activities, so that different society sectors are extremely dependent on various types of meteorological phenomena. In Rio Grande do Sul (RS) State one of the phenomena that commonly cause a lot of damage to society and may even cause loss of life, are the Mesoscale Convective Systems (MCS). This kind of meteorological system is associated to intense rainfall, windstorms and hail. One of the methods currently used to track MCS and analyze the evolution of their features are ForTrACC (Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters). Thus, the aim of this work was to identify the MCS that reached RS from 2004 January to 2007 December (MCS<sub>RS</sub>) and analyze their life cycle and mean trajectories. GOES satellite images from 2004 to 2007 and the ForTrACC method was used. It was considered only the MCS whose genesis happened southward of 20°S, with spontaneous initiation and normal dissipation, with life cycle longer than 6 hours and that reached the RS State (27° to 34° S and 49° to 58° W). It was observed that: the three phases of the MCS<sub>RS</sub> life cycle can occur in a distributed manner throughout the day; in all quarters, the MCS<sub>RS</sub> initiation occur predominantly inside and around the grid that covers the RS, with a preference to start more in the west side of the grid over the continent, and in all quarters there is a preference of the MCS<sub>RS</sub> mean trajectory to be from west to east.

**Palavras-chave:** remote sensing, ForTrACC method, mesoscale meteorology, sensoriamento remoto, aplicativo ForTrACC, meteorologia de mesoescala.

### 1. Introdução

As condições do tempo e do clima sempre influenciaram as atividades humanas, de forma que diversos setores da sociedade se mostram extremamente dependentes dos mais variados tipos de fenômenos meteorológicos. Esta dependência é explicada através da importância que os fenômenos meteorológicos têm frente à manutenção do regime hídrico e energético do planeta. No entanto, da mesma forma que os fenômenos meteorológicos contribuem para o equilíbrio do planeta, auxiliando assim as atividades humanas, também podem afetar a sociedade de forma negativa, através de tempestades severas que comumente provocam muitos prejuízos, podendo causar até a perda de vidas. Por essa razão, o estudo dos Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) tem sido difundido entre os pesquisadores, devido ao impacto causado por sua passagem ou existência, que é geralmente associada a eventos severos tais como granizo e vendaval. Através desse estudo espera-se contribuir para um melhor entendimento do tempo e do clima e também fornecer subsídios aos tomadores de decisão, quanto aos SCM que afetam o estado do RS. Baseado no que foi exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a formação e o deslocamento dos SCM, cuja gênese ocorreu ao sul de 20°S, que tiveram iniciação espontânea e dissipação natural, que apresentaram ciclo de vida de no mínimo 6 h e que afetaram o RS no período de 2004 a 2007, utilizando para isso a técnica ForTrACC (*Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters*) proposta por Vila et al. (2008).

### 2. Metodologia de Trabalho

Foram utilizadas as imagens brutas do satélite GOES do canal 4 (infravermelho termal), com resolução espacial de 4 km x 4 km e resolução temporal de ½ hora, do período de 01/01/2004 a 04/03/2007 (GOES 12) e de 05/03/2007 a 31/12/2007 (GOES 10). Essas imagens foram 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) e serviram como base de dados para a utilização da técnica ForTrACC.

Este aplicativo utiliza um método de identificação e acompanhamento de SCM, que fornece informações das características físicas dos SCM identificados, durante o seu ciclo de vida. O processo de identificação dos SCM pelo ForTrACC, utiliza imagens do satélite GOES e é baseado em limiares de tamanho (150 pixels) e temperatura de brilho do topo das nuvens (235K para identificar os SCM e 210K para identificar as célula convectivas imersas nos SCM). Cada SCM (ou família) detectado pelo ForTrACC tem seu ciclo de vida descrito pelo conjunto de características apresentadas por ele em cada instante, o qual corresponde a um membro do SCM (ou da família). Após obter as características geradas pelo ForTrACC ao longo do ciclo de vida de todos os SCM identificados, no período de estudo, somente foram considerados aqueles que mantiveram seu centro de massa durante todo seu ciclo de vida abaixo de 20°S, ou seja, todos os membros de cada SCM deveriam estar localizados em latitudes maiores do que 20°S. Portanto, o foco deste estudo foram os SCM, cuja gênese ocorreu ao sul de 20°S e que tenham atingido o RS no período de 2004 a 2007. Ou seja, as análises foram restritas aos SCM que afetaram a região que cobre o RS, compreendida entre as latitudes de 27° a 34° S e as longitudes de 58° a 49°W (Figura 1). Além disso, foram selecionados somente os SCM que apresentaram ciclo de vida de no mínimo 6 h. Também foram considerados apenas os SCM que tiveram iniciação espontânea e dissipação natural, isto é, tanto no momento de iniciação quanto no de dissipação, não houve interação (fusão) com outros SCM nem a separação do SCM identificado. Utilizando essa condição garante-se que o crescimento inicial dos SCM selecionados esteja associado à sua própria dinâmica interna, conforme Machado e Laurent (2004). Apesar disso, foi permitida a existência de fusões e separações durante o ciclo de vida de um determinado SCM, uma vez que de outra maneira, o conjunto de dados a analisar seria limitado.



Figura 1 - Região que cobre o Rio Grande do Sul (retângulo entre as latitudes de 27° a 34°S e as longitudes de 58° a 49°W) e que foi afetada por SCM cuja gênese e manutenção ocorreram ao sul de 20°S, que apresentaram ciclo de vida de no mínimo 6 h e que tiveram iniciação espontânea e dissipação natural.

Após a seleção dos SCM, os mesmos foram separados por trimestres que representam cada uma das estações do ano: período quente (jan-fev-mar, JFM), período temperado frio (abr-mai-jun, AMJ), período frio (jul-ago-set, JAS) e período temperado quente (out-nov-dez,

OND). Não foram usados os trimestres astronômicos, que definem as estações do ano, para facilitar as análises com dados dentro do mesmo ano.

Em seguida foi realizada uma análise sazonal para o período de estudo: i) dos horários mais frequentes de iniciação, maturação e dissipação desses SCM; ii) das regiões mais frequentes de surgimento desses SCM e iii) da trajetória média preferencial desses SCM.

A análise sazonal dos horários mais frequentes de nascimentos, maturações e dissipações dos SCM que afetaram o RS no período de estudo foi feita considerando os períodos do dia como segue: madrugada (das 03:00 as 09:00 UTC), manhã (das 09:00 as 15:00 UTC), tarde (das 15:00 as 21:00 UTC) e noite (das 21:00 as 03:00 UTC).

Já a análise sazonal das regiões preferenciais de nascimento dos SCM que afetaram o RS, foi feita cobrindo-se a área de estudo com uma malha regular de  $2^\circ \times 2^\circ$  e calculando-se a quantidade de SCM detectados em cada malha.

A trajetória média preferencial dos SCM que afetaram o RS em cada trimestre do período de estudo foi obtida utilizando as latitudes e longitudes do primeiro e do último membro de cada SCM, que trazem as informações e/ou as características apresentadas pelo SCM no momento de sua iniciação e dissipação, respectivamente. Além disso, também foram utilizadas a latitude e a longitude do membro correspondente à maturação de cada SCM, ou seja, aquele que apresenta a máxima extensão. Com as informações da posição de todos os SCM em cada fase do seu ciclo de vida foi então construída a trajetória média dos SCM em cada trimestre do período de estudo.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Horários mais frequentes de nascimentos (iniciações), maturações e dissipações

O comportamento do ciclo diurno da atividade convectiva dos SCM que afetaram o RS no período de 2004 a 2007, mostrado na Figura 2, indica que as 3 fases do ciclo de vida desses SCM podem ocorrer de forma distribuída ao longo do dia. Com algumas diferenças entre os quatro períodos do ano, conforme mostra a descrição a seguir.

Os SCM observados em JFM (Figura 2a) apresentaram maior ocorrência de iniciação nos períodos da manhã e tarde, de maturação nos períodos da tarde e noite e dissipação no período da noite e madrugada. Em AMJ (Figura 2b), os SCM que afetaram o RS, apresentaram iniciação mais freqüente durante a noite e madrugada e maturação e dissipação mais freqüente no período da tarde. Os SCM que afetaram o RS em JAS (Figura 2c) apresentaram iniciação e dissipação mais freqüente no período da madrugada e maturação mais freqüente nos períodos da madrugada e manhã. Em OND (Figura 2d) os SCM que afetaram o RS apresentaram iniciação e maturação mais freqüente no período da tarde e dissipação mais freqüente no período da noite.

Observam-se diferenças sazonais nos horários de iniciação, maturação e dissipação dos SCM que afetaram o RS ao se analisar os quatro períodos do ano. Segundo Mattos (2009), isso se deve à diferença de insolação recebida em cada período do ano, ou seja, deve-se à variabilidade sazonal da insolação que é maior em JFM e OND e menor em AMJ e JAS, que faz com que os SCM observados nos períodos frios iniciem seu ciclo de vida mais tarde do que aqueles observados nos períodos quentes, onde a atividade convectiva é favorecida.

De acordo com Silva Dias (1987), a iniciação ao entardecer e primeiras horas da noite indica que é necessário um mecanismo de modulação diurna para acionar esse gatilho desde que a atmosfera esteja condicionalmente estável do ponto de vista termodinâmico. Portanto, o aquecimento diurno parece ser um importante fator na formação dos SCM na região subtropical continental da América do Sul (AS), como também foi observado por Sakamoto et al. (2009). Além disso, conforme mencionado por Velasco e Fritsch (1987) a convergência noturna no vale do Rio Paraná, fortalecida pelos ventos catabáticos dos Andes pode explicar a gênese dos SCM no período da tarde (18:00-21:00 UTC).

Com relação à fase de maturação dos SCM, segundo Siqueira (2004), os SCM sobre os subtropicais/latitudes médias adquirem suas maiores porcentagens de cobertura de nuvens do tipo CCB (nuvens frias altas frequentemente associadas com a convecção) de forma distribuída ao longo do dia, exibindo horários de maturação principalmente no final da tarde, no início da noite e durante a madrugada. Este resultado está provavelmente relacionado com uma atividade mais intensa de frentes frias nos subtropicais e latitudes médias, o que acaba estimulando a atividade convectiva em diferentes horários do dia sobre aquelas regiões.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram um comportamento dos horários de iniciação, maturação e dissipação dos SCM semelhante aos encontrados por outros autores como Velasco e Fritsch (1987), Machado et al. (1998), Vila (2004), Siqueira (2004), Sakamoto et al. (2009) e Durkee e Mote (2009), que estudaram as características dos SCM na AS. Cabe ressaltar que diferenças encontradas devem-se ao fato de que os SCM analisados neste estudo são aqueles que se formaram e se mantiveram durante o seu ciclo de vida ao sul de 20°S, apresentaram tempo de vida de no mínimo 6 h, tiveram geração espontânea e dissipação normal e que atingiram a grade que cobre o RS.

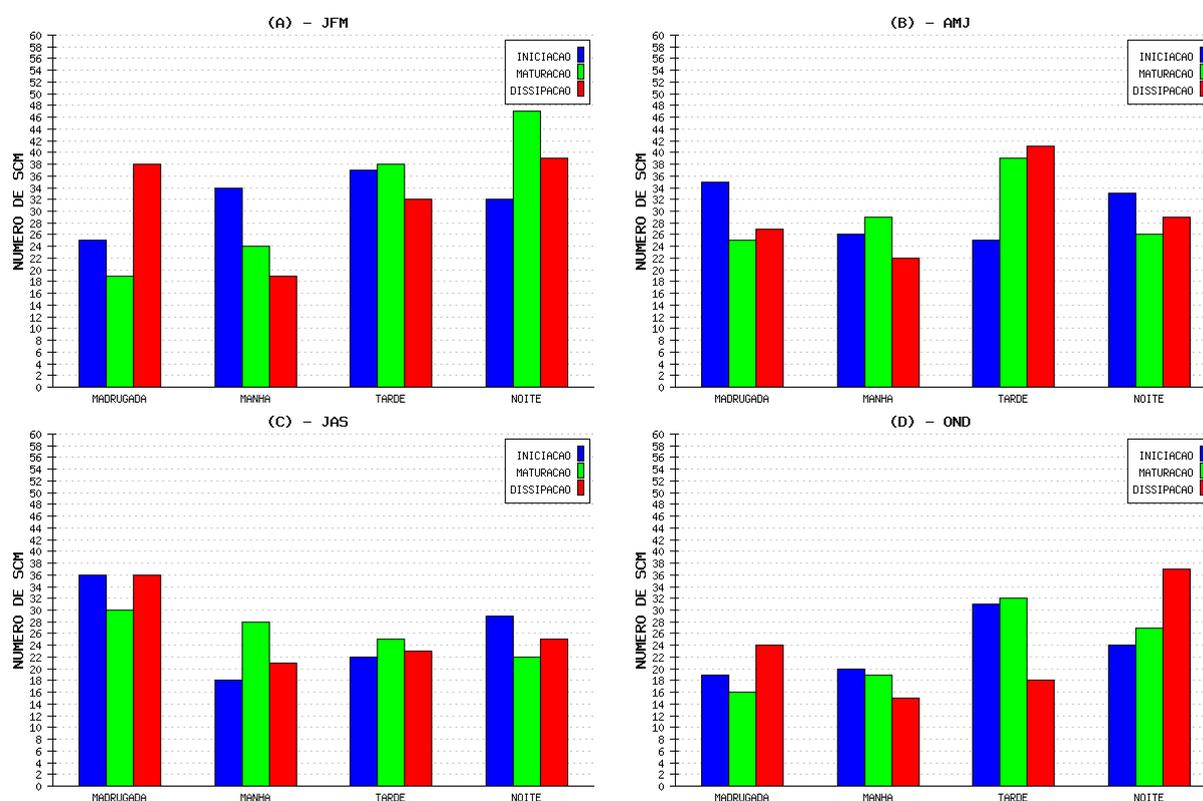


Figura 2. Distribuição dos horários preferenciais de iniciação (azul), maturação (verde) e dissipação (vermelho) dos SCM que afetaram o RS no período de 2004 a 2007. (a) JFM, (b) AMJ, (c) JAS e (d) OND.

### 3.2 Regiões preferenciais de nascimento dos SCM

A distribuição geográfica dos nascimentos dos SCM que afetaram o RS no período de 2004 a 2007 é mostrada na Figura 3. Pode-se observar que em todos os períodos do ano os nascimentos dos SCM que afetaram o RS ocorreram predominantemente dentro e em torno da grade que cobre o RS, ou seja, sobre RS, nordeste da Argentina e norte do Uruguai.

Pode-se notar que em JFM (Figura 3a) ocorreu um máximo relativo de iniciação bem definido localizado sobre o nordeste do RS, observa-se também uma marcada região de

iniciações sobre o nordeste da Argentina e norte do Uruguai. Em AMJ (Figura 3b), o máximo relativo de nascimento dos SCM desloca-se para o oeste do RS e norte do Uruguai. Além disso, a região de iniciações observada sobre a Argentina, no trimestre anterior, diminuiu. No trimestre JAS (Figura 3c), assim como em JFM, a região de iniciação ocorre preferencialmente sobre o RS, porém neste trimestre a região mais freqüente de ocorrência de SCM foi observada sobre o centro e o sul do RS. Em OND (Figura 3d), ocorrem dois máximos relativos de atividade convectiva, localizados um no nordeste da Argentina e outro no norte do RS. Observa-se ainda que a região mais favorável para o nascimento de SCM, neste trimestre se desloca mais para oeste, conforme também haviam verificado Velasco e Frisch (1987).

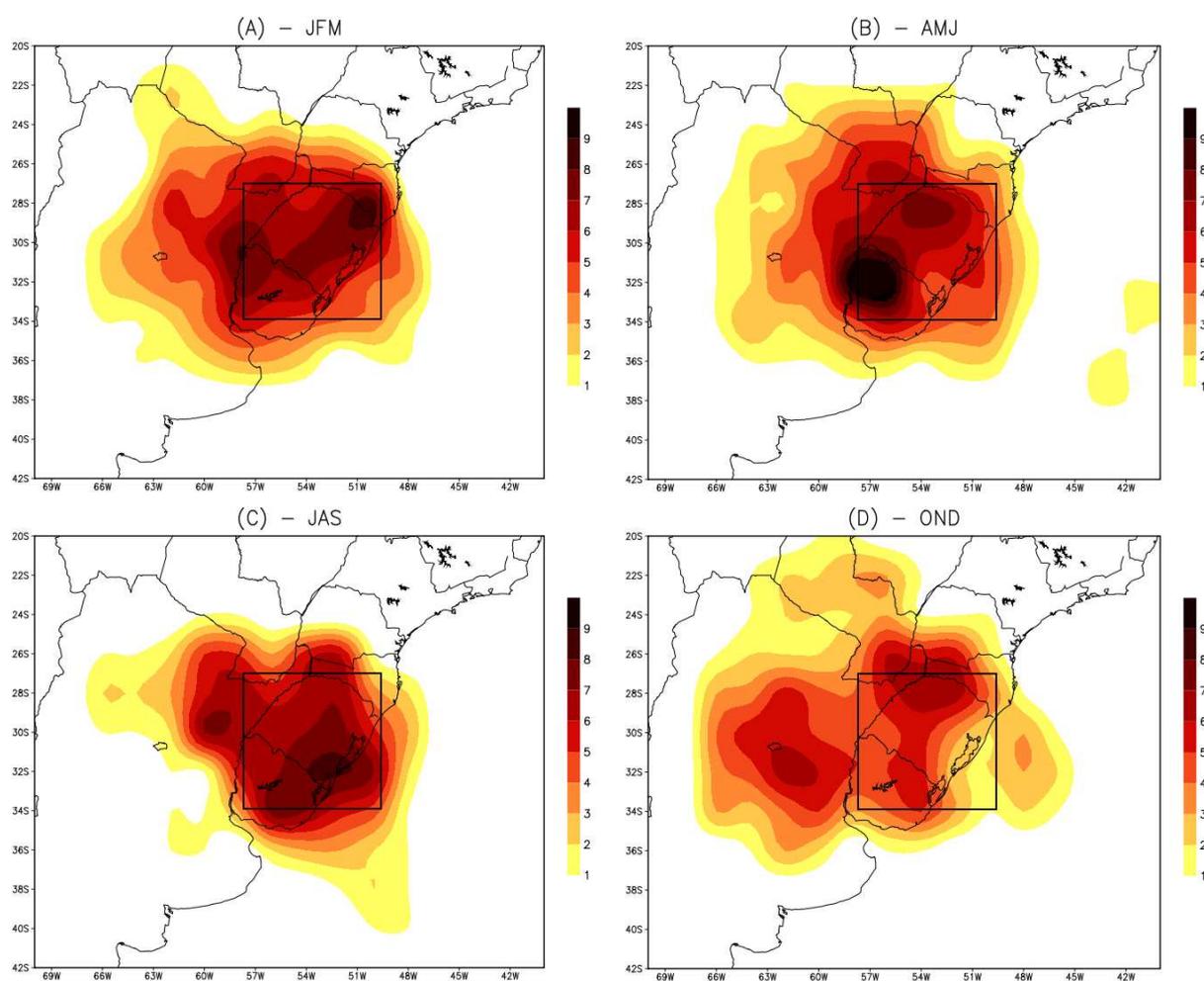


Figura 3. Distribuição geográfica sazonal dos nascimentos dos SCM que afetaram o RS no período de 2004 a 2007. (a) JFM, (b) AMJ, (c) JAS e (d) OND.

As regiões preferenciais de iniciações dos SCM que afetaram o RS no período de estudo estão associadas às condições ambientais observadas na região nos diferentes períodos do ano. Assim, em JFM e OND, a presença do JBN que abastece a região central e nordeste da Argentina e sul do Brasil com calor e umidade proveniente da região amazônica, favorece o desenvolvimento de atividade convectiva nesta região, como observado por Salio et al. (2002). Além disso, a freqüência mensal e a distribuição espacial dos SCM sobre a AS são bem conectados a certos processos sinóticos e de mesoescala favoráveis ao seu desenvolvimento. Segundo Durkee e Mote (2009), especificamente os padrões de freqüência e concentração dos SCM no Paraguai, norte da Argentina e sul do Brasil durante o verão são

indicativos de estabilidade estática mínima comum nesta época do ano. Isso justifica a ocorrência dos máximos relativos de atividade convectiva observados em JFM e OND. Por outro lado nos períodos frios (AMJ e JAS) os máximos relativos de atividade convectiva observados, mostram que a região favorável para ocorrência de SCM estava localizada mais a oeste (AMJ) e no centro (JAS) da grade que cobre o RS, podendo estar associados à passagem de frentes frias sobre a região nestes períodos. De acordo com Siqueira (2004) a propagação e a intensificação da convecção ocorrem ao longo das frentes frias que atingem a região, sendo que nos períodos frios (AMJ e JAS) elas contribuem fortemente para intensificação da convecção e, portanto para o desenvolvimento de SCM.

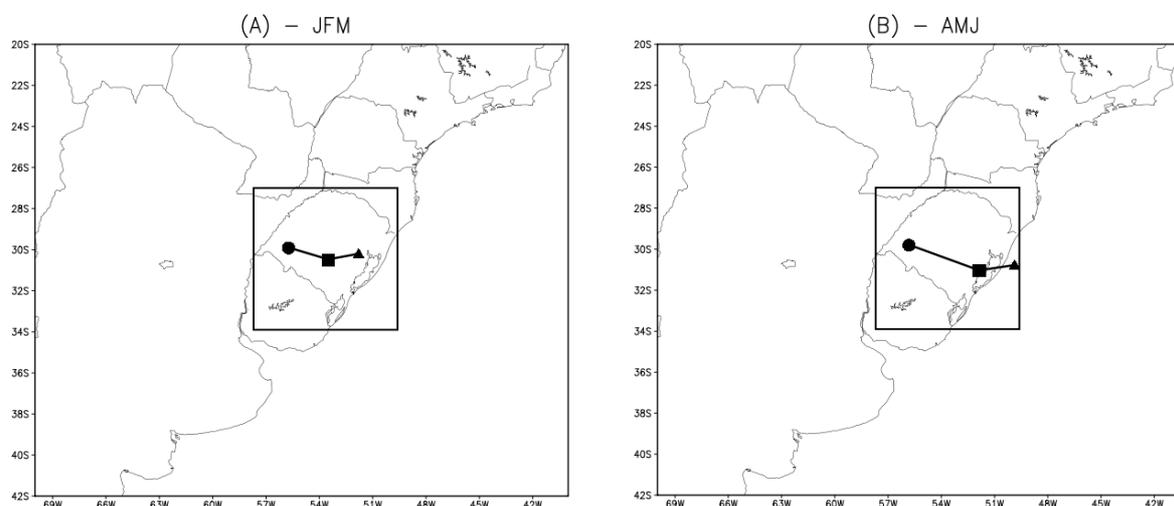
### 3.3 Trajetória média preferencial

A trajetória média preferencial seguida pelos SCM que atingiram o RS no período de estudo é mostrada na Figura 4. Pode-se notar que em todos os trimestres há uma tendência de a trajetória média preferencial ser de oeste para leste.

Com exceção do período JAS, os demais apresentaram as etapas de iniciação, maturação e dissipação dos SCM, dentro da região de estudo.

Em JFM (Figura 4a) na média as etapas de iniciação, maturação e dissipação dos SCM ocorreram no oeste, no centro e no leste o RS, respectivamente, sobre o continente. Em AMJ (Figura 4b) na média as etapas de iniciação, maturação e dissipação dos SCM ocorreram no oeste (sobre o continente), no sudeste (sobre o continente) e no leste (sobre o oceano) do RS, respectivamente. Em JAS (Figura 4c) as etapas de iniciação e maturação dos SCM que atingiram o RS ocorreram na média dentro da região de estudo, sobre o continente a sudoeste do RS e sobre o oceano a sudeste da grade que cobre o RS, respectivamente. A etapa de dissipação dos SCM que atingiram o RS ocorreu na média fora da área de estudo sobre o oceano a leste da grade que cobre o RS. Em OND (Figura 4d) as etapas de iniciação, maturação e dissipação dos SCM que atingiram o RS ocorreram dentro da região de estudo, sobre o continente a oeste da grade que cobre o RS, no centro do RS e sobre o oceano a leste do RS, respectivamente.

Os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos encontrados por diversos autores como Velasco e Fritsch (1987), Machado et al. (1998), Vila (2004), Siqueira (2004), Sakamoto et al. (2009) e Durkee e Mote (2009). Segundo Machado et al. (1998) diferenças nas trajetórias dos SCM são devido aos diferentes tamanhos de SCM selecionados, uma vez que a interação dos SCM com a circulação de grande escala difere em função do tamanho dos SCM.



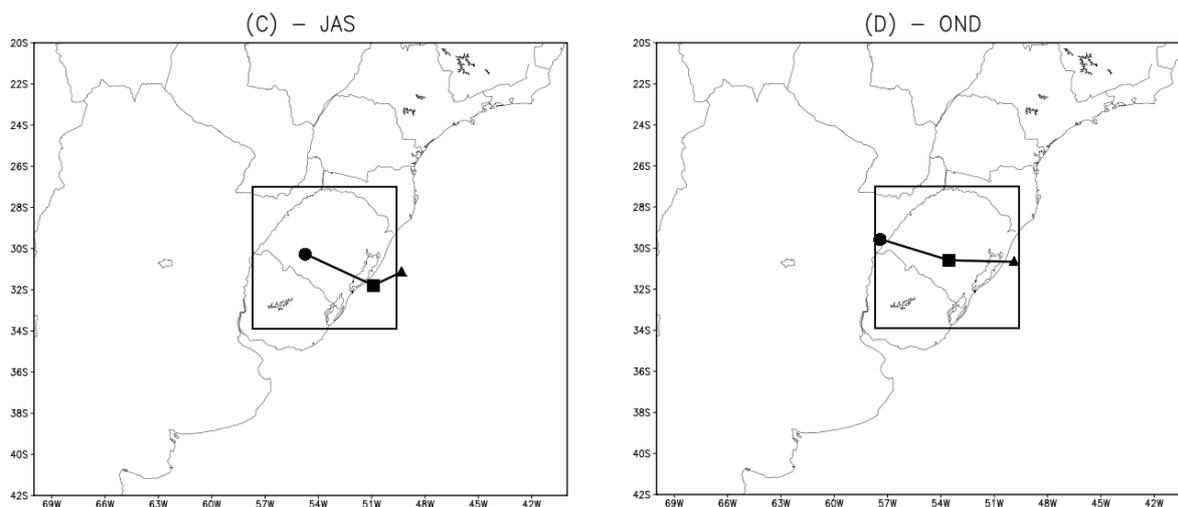


Figura 4. Trajetórias médias preferenciais sazonais dos SCM cuja gênese ocorreu abaixo de 20°S e que atingiram o RS no período de 2004 a 2007. (a) JFM, (b) AMJ, (c) JAS e (d) OND.

#### 4. Conclusões

Pode-se concluir para o período de estudo (2004 a 2007) que:

- i. o comportamento do ciclo diurno da atividade convectiva dos SCM que afetaram o RS no período de estudo, indica que as 3 fases do ciclo de vida desses SCM podem ocorrer de forma distribuída ao longo do dia;
- ii. em todos os períodos do ano os nascimentos dos SCM que afetaram o RS ocorrem predominantemente dentro e em torno da grade que cobre o RS, com tendência a iniciarem mais no lado oeste da grade sobre o continente;
- iii. em todos os trimestres há uma tendência de a trajetória média preferencial dos SCM que afetaram o RS ser de oeste para leste.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a CAPES pela concessão de bolsas

#### Referências Bibliográficas

Durkee, J.D.; Mote, T.L. A climatology of warm-season mesoscale convective complexes in subtropical South America. *International Journal of Climatology* Disponível em: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/122267214/abstract>> acesso em: 24 jun 2009.

Machado, L.A.T.; Rossow, W.B.; Guedes, R.L.; Walker, A.W. Life cycle variations of mesoscale convective systems over the Americas. *Monthly Weather Review*, v.126, p.1630-1654, 1998.

Machado, L.A.T.; Laurent, H. The convective system area expansion over Amazonia and its relationships with convective system life duration and high-level wind divergence. *Monthly Weather Review*, v. 132, n. 4, pp. 714-725, 2004.

Mattos, E.V. Relações das propriedades físicas das nuvens convectivas com as descargas elétricas. 2009, 244p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.

Sakamoto, M.S; Machado L.A.T.; Ambrizzi, T.; Gimeno, L. Life cycle analysis of the SALLJEX convective systems. International conference on southern hemisphere meteorology and oceanography, 9, Melbourne, 2009. *Anais do ...* Melbourne. Disponível em: <[http://www.bom.gov.au/events/9icshmo/manuscripts/TH1215\\_Sakamoto.pdf](http://www.bom.gov.au/events/9icshmo/manuscripts/TH1215_Sakamoto.pdf)>. Acesso em: 26 mai. 2010.

Salio, P.; Nicolini, M.; Saulo, A.C. Chaco Low Level Jet Events Characterization during the Austral Summer Season. **Journal Geophysical Research**, 107(D24): 4816, 10.1029/2001JD001315., 2002.

Silva Dias, M.A.F. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.2, p.133-150, 1987.

Siqueira, J.R. Variabilidade interdiurna da convecção na América do Sul: a propagação meridional da convecção. 2004, 186p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos.

Velasco, I.; Fritsch, J.M. 1987. Mesoscale convective complexes in the Americas. **Journal Geophysical Research**, v.92, p. 9591-9613, 1987.

VILA, D.A. Sistemas convectivos precipitantes de mesoescala sobre Sudamerica: Ciclos de vida y circulación en gran escala asociada 2004, 132p. Tese (Doutorado em Meteorologia), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

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.