

## Precipitação associada à SCM que afetaram o RS em JFM de 2006

Gustavo Rasera<sup>1</sup>

Cristiano Wickboldt Eichholz<sup>1</sup>

Cláudia Rejane Jacondino de Campos<sup>1</sup>

Morgana Vaz da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas – UFPel/Faculdade de Meteorologia  
Caixa Postal 354 - 96.001-970 - Pelotas-RS, Brasil  
gras1313@hotmail.com, cristianowe@gmail.com, cjc campos@ufpel.edu.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa – UFV/DEA  
Av. P.H. Rolfs, s/ nº, Campus Universitário - 36.570-000 - Viçosa – MG, Brasil  
morganapel@gmail.com

**Abstract.** In Rio Grande do Sul (RS) State one of the phenomena that cause damage to society are the Mesoscale Convective Systems (MCS), which are associated with intense convective activity that causes intense rainfall, windstorms and hail. Currently MCS are studied using ForTrACC method (Forecasting and Tracking Active Convective Cells), which allows tracking MCS and analyzing the evolution of their features. Thus, the aim of this study was to identify the MCS that reached RS from January to March 2006 (JFM-2006), using ForTrACC, and evaluate the precipitation associated with these events ( $P_{MCS}$ ). GOES 12 satellite images from JFM-2004-2008, the ForTrACC method and 12 RS surface meteorological stations rainfall daily data from JFM-1977-2006 were 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 (latitudes from 27° to 34° S and longitudes from 49° to 58° W). The results showed that in JFM-2006: occurred dry spell in the RS; the central State region registered lower  $P_{MCS}$  occurrence; the major  $P_{MCS}$  contribution was observed in the West State region; approximately 20% of the rainfall recorded was associated with MCS and in this quarter formed less MCS, with shorter mean duration and mean size. The factor that may have contributed to these results in JFM-2006, was the weak-intensity La Niña occurrence, that caused the quick passage of the Frontal Systems over the RS, and consequently, did not favor the organization of convection.

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

### 1. Introdução

O Estado do Rio Grande do Sul (RS) tem sua economia em grande parte voltada para a agricultura, ou seja, à produção e à exportação de alimentos. Uma das maiores causas de prejuízos e quebras de safras no Estado é a ocorrência de eventos de tempo severo (granizo, enxurrada, vendaval, inundação, etc), que estão associados a sistemas meteorológicos conhecidos como Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM).

De acordo com Houze (1993), os SCM são constituídos por um aglomerado de nuvens convectivas possuindo formas variadas. Segundo alguns autores como, Velasco e Fritsch (1987) e Pinto (2006), esses sistemas são responsáveis pela maior parte da precipitação na estação quente (verão) no RS.

Com base no exposto, este estudo teve como objetivo identificar a ocorrência de SCM que afetaram o RS, no período de janeiro a março de 2006 (JFM-2006), utilizando o aplicativo ForTrACC (*Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters*) conforme Vila et al. (2008), e analisar a precipitação associada a esses eventos. Este período foi escolhido, devido à ocorrência nessa época do ano (verão) de maior atividade convectiva sobre o Estado, o que favorece a formação de um maior número de SCM, conforme Eichholz et al. (2009).

## 2. Metodologia de trabalho

### 2.1 Dados

Foram utilizados dados brutos do satélite GOES 12 (*Geostationary Operational Environmental Satellite*) do canal 4 (infravermelho termal) com resolução espacial de 4 km x 4 km e resolução temporal de ½ hora, do período de JFM de 2004 a 2008, fornecidos 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) que serviram como base de dados para a utilização da técnica ForTrACC e portanto para a seleção dos SCM. Os dados de JFM de 2004 a 2008 serviram para se obter o comportamento médio dos SCM nestes 5 anos e os dados de JFM de 2006 foram utilizados para identificar os SCM que afetaram o RS em 2006.

Também foram utilizados dados de totais diários de precipitação pluvial ( $P_d$ ), do período de JFM de 1977 a 2006, de 12 estações meteorológicas de superfície do RS, pertencentes ao 8ºDISME/INMET (Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia). As 12 estações meteorológicas de superfície foram escolhidas por estarem bem distribuídas, por apresentarem uma série completa de dados e por pertencerem a diferentes regiões ecoclimáticas (regiões com características climáticas semelhantes) do Estado (Figura 1). Os dados de  $P_d$  de JFM de 1977 a 2006 serviram para se obter as condições normais para o RS neste período e os dados de  $P_d$  de JFM de 2006 foram utilizados para identificar a precipitação associada aos SCM que afetaram o RS neste trimestre.

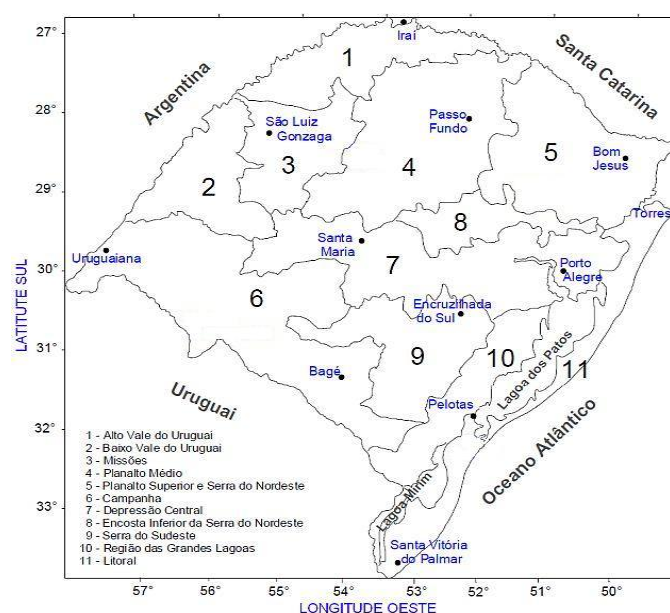


Figura 1. Distribuição espacial das estações meteorológicas de superfície utilizadas neste trabalho, em suas respectivas Regiões Ecoclimáticas.

### 2.2 Seleção dos SCM

Para a seleção dos SCM foi utilizado o aplicativo ForTrACC no modo diagnóstico. Este aplicativo é um método de identificação e acompanhamento de SCM, que fornece informações das características físicas e morfológicas dos SCM identificados, durante o seu ciclo de vida. Cabe ressaltar que cada um dos 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). O processo de

identificação dos SCM pelo ForTraCC, utiliza imagens brutas do satélite GOES e é baseado em limiares de tamanho e temperatura de brilho do topo das nuvens ( $T_{ir}$ ).

O limiar de tamanho utilizado pelo ForTraCC, para detectar um SCM, foi de 150 pixels para garantir que um mesmo sistema seja identificado em uma imagem posterior.

Para a detecção dos SCM utilizou-se no ForTraCC os limiares de  $T_{ir}$  de 235 K para identificar os SCM e 210 K para identificar as células convectivas imersas nos SCM. Segundo estudos de Carvalho e Jones (2001), Laurent et al. (2002), Machado e Laurent (2004) e Vila (2004), os limiares de  $T_{ir}$  utilizados nesta seleção parecem aceitáveis para detectar nuvens associadas à convecção em diferentes regiões da América do Sul permitindo assim, a detecção tanto do SCM quanto das células convectivas imersas nele. Além disso, utilizou-se também o limiar de  $T_{ir}$  de 250 K para detecção precoce de SCM.

Foram então, obtidas as características ao longo do ciclo de vida de todos os SCM identificados pelo ForTraCC em JFM de 2004 a 2008, porém somente foram considerados neste estudo aqueles SCM que: i) mantiveram seu centro de massa durante todo seu ciclo de vida abaixo de 20° S; ii) apresentaram ciclo de vida de no mínimo 6 h (embora considerando sistemas com ciclo de vida longo, não foi feita nenhuma classificação dos mesmos em SCM, CCM (Complexo Convectivo de Mesoescala) ou LI (Linha de Instabilidade); iii) apresentaram iniciação espontânea e dissipação natural, isto é, tanto no momento de iniciação quanto no de dissipação, não houve 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.) e iv) afetaram a região que cobre o RS. Destaca-se que a partir deste ponto os SCM com as características citadas acima são mencionados como SCM que afetaram o RS. Para essa análise, foi determinado que um SCM afetou o RS quando pelo menos um dos membros do SCM analisado, apresentava latitude e longitude que o localizava dentro da grade que cobre o RS, compreendida entre as latitudes de 27° a 34° S e as longitudes de 58° a 49°W.

### 2.3 Identificação da precipitação associada aos SCM

Para identificar a precipitação associada aos SCM que afetaram o RS no período JFM-2006, utilizaram-se os totais diários de precipitação pluvial de 12 estações meteorológicas de superfície do RS, pertencentes ao 8°DISME/INMET. Segundo o INMET o total diário de precipitação pluvial de cada estação meteorológica de superfície corresponde ao acumulado das últimas 24h, coletado às 12:00 UTC do dia. Portanto, a precipitação associada a cada SCM detectado foi determinada da seguinte maneira: se o SCM teve início antes das 12:00 UTC do dia de sua detecção, a precipitação associada a este foi a coletada naquele dia. Se o SCM teve início após as 12:00 UTC do dia de sua detecção, a precipitação associada a este foi a coletada no dia seguinte. A precipitação observada nos dias seguintes à detecção do evento só foi considerada se a dissipação do SCM ocorreu após as 12:00 UTC de qualquer um dos dias subsequentes.

### 3. Resultados e Discussões

Pode-se notar na Tabela 1, que mostra o total diário de precipitação pluvial acumulado ( $P_{da}$ ) para 12 estações meteorológicas de superfície do RS pertencentes ao 8°DISME/INMET, que em JFM de 2006 o  $P_{da}$  médio (313,0 mm) foi inferior ao do período de JFM de 1977 a 2006 (406,9 mm). Ou seja, em JFM de 2006 ocorreu anomalia negativa de precipitação pluvial, portanto, choveu menos do que a normal climatológica do período de 1977 a 2006.

Uma justificativa para o registro de volume pluviométrico abaixo da normal em JFM de 2006 no RS foi a atuação do fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul), que neste trimestre estava na sua fase fria – La Niña fraca, conforme Climanálise (2006). Segundo Grimm et al. (2000), os episódios frios do ENSO estão relacionados com a diminuição da precipitação pluvial no RS.

Ainda na Tabela 1 pode-se notar que o  $P_{da}$  médio associado aos SCM que afetaram o RS em JFM de 2006 foi de 63,5 mm, o que correspondeu a 20,4 % do  $P_{da}$  médio de JFM de 2006.

Quando se analisou a distribuição espacial do  $P_{da}$  associado aos SCM que afetaram o RS em JFM de 2006 (Figura 2a) notou-se que todo o RS foi atingido por precipitação associada à SCM, porém a região central do Estado foi a que registrou menor ocorrência de precipitação associada aos SCM que afetaram o RS neste trimestre. Observou-se ainda que a contribuição da precipitação associada aos SCM que afetaram o RS para a precipitação total de JFM de 2006 (Figura 2b) foi maior na região oeste do Estado.

Analisou-se também a quantidade, duração e tamanho dos SCM que afetaram o RS em JFM de 2006, relacionando-os com os SCM que afetaram o RS em JFM de 2004 a 2008 (Tabelas 2, 3 e 4). Pode-se observar que em JFM de 2006 afetaram o RS 38 SCM, com duração média de 12,4 h e tamanho médio de 9.566 pixels. A comparação das características dos SCM que afetaram o RS em JFM de 2006 com aqueles detectados no período de 2004 a 2008 (Tabela 4) mostra que os SCM detectados em JFM de 2006 ocorreram em menor número (24,3% menos SCM), apresentaram menor duração média (duraram na média meia hora a menos) e menor tamanho médio (SCM 23,1% menores) do que os detectados no período de 2004 a 2008.

Uma explicação para a ocorrência em JFM de 2006 de menor número de SCM, com menor duração média e menor tamanho médio pode estar associada ao fato de que neste trimestre de 2006, com a Temperatura da Superfície do Mar indicando a persistência do fenômeno La Niña de fraca intensidade sobre o Pacífico Equatorial e com o posicionamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) mais ao norte, as chuvas no Estado ficaram abaixo da média climatológica, Climanálise (2006). Isso causou a passagem rápida dos Sistemas Frontais sobre o RS, o que é desfavorável para a organização da convecção, ou seja, formação de SCM, e conseqüentemente das chuvas. Portanto, houve ocorrência de estiagem no RS principalmente na região sul e oeste do Estado neste trimestre e menor ocorrência de SCM, com menor duração média e tamanho médio.

Tabela 1: Total diário de precipitação pluvial acumulado, para 12 estações meteorológicas de superfície do RS pertencentes ao 8ºDISME/INMET: do período de JFM de 1977 a 2006, de JFM 2006, associado aos SCM que afetaram o RS em JFM de 2006 e a contribuição da precipitação associada aos SCM que afetaram o RS para a precipitação total de JFM de 2006.

Estações Meteorológica de Superfície	JFM 1977-2006 (mm)	JFM 2006 (mm)	JFM SCM (mm)	Contribuição (%)
Bagé (BG)	391,4	279,4	59,3	21,2
Bom Jesus (BJ)	427,3	322,8	88,7	27,5
Encruzilhada do Sul (ES)	356,6	202,3	17,9	8,8
Irai (I)	445,9	398,1	49,4	12,4
Passo Fundo (PF)	415,8	407,9	51,0	12,5
Pelotas (PEL)	382,2	344,9	86,8	25,1
Porto Alegre (POA)	310,3	344,3	71,0	20,6
Santa Maria (SM)	438,6	308,4	25,8	8,3
Santa Vitória do Palmar (SVP)	354,5	373,0	72,1	19,3

São Luiz Gonzaga (SLG)	476,2	305,3	85,1	27,8
Torres (T)	429,9	326,4	69,4	21,2
Uruguaiana (U)	453,9	142,7	85,7	60,0
<b>Média</b>	<b>406,9</b>	<b>313,0</b>	<b>63,5</b>	<b>20,4</b>

Tabela 2: Características dos SCM que afetaram o RS em Janeiro de 2006.

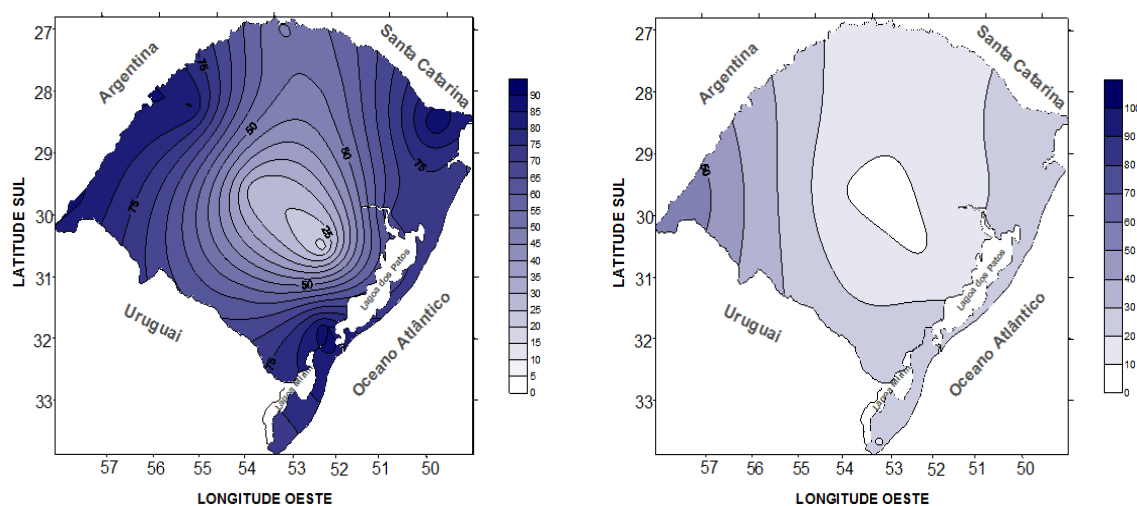
Dia/hora início (UTC)	Dia/hora máx. ext. (UTC)	Dia/hora dissipação (UTC)	Duração SCM (h)	Dias de precipitação associada a SCM	Região afetada
03/01/06 02:00	03/01/06 06:28	03/01/06 12:27	10:27	03 e 04/01/06	BG, SVP, PEL
06/01/06 01:00	06/01/06 03:59	06/01/06 08:27	07:27	06/01/06	Argentina
08/01/06 21:00	09/01/06 02:28	09/01/06 04:58	07:58	09/01/06	Santa Catarina
08/01/06 22:30	09/01/06 04:58	09/01/06 05:57	07:27	09/01/06	PEL
09/01/06 02:00	09/01/06 07:58	09/01/06 17:25	15:25	09 e 10/01/06	PEL, SVP, BG
14/01/06 18:00	14/01/06 20:59	15/01/06 00:59	06:59	15/01/06	PF, T
15/01/06 18:00	15/01/06 22:00	16/01/06 00:00	06:00	16/01/06	BJ, POA, T
16/01/06 16:30	16/01/06 22:58	17/01/06 01:57	09:27	17/01/06	POA, T, PF, ES, BG
17/01/06 14:00	17/01/06 18:58	17/01/06 21:28	07:28	18/01/06	U, SLG
19/01/06 04:00	19/01/06 17:55	20/01/06 00:24	20:24	19 e 20/01/06	Oceano
19/01/06 09:00	19/01/06 17:56	19/01/06 18:56	09:56	19 e 20/01/06	Oceano
19/01/06 10:30	19/01/06 17:57	19/01/06 18:57	08:27	19 e 20/01/06	SM, POA, ES, T, BG, PF, I
19/01/06 13:00	19/01/06 21:28	20/01/06 02:26	13:26	20/01/06	SM, POA, ES, T, SLG, PF
20/01/06 15:00	20/01/06 22:58	21/01/06 08:55	17:55	21/01/06	U, SLG, SM, BG, ES
21/01/06 11:00	21/01/06 18:28	21/01/06 20:28	09:28	21 e 22/01/06	Oceano
22/01/06 19:00	23/01/06 04:57	23/01/06 09:56	14:56	23/01/06	Oceano
23/01/06 11:30	23/01/06 18:28	24/01/06 02:56	08:28	23 e 24/01/06	Oceano
25/01/06 01:00	25/01/06 05:28	25/01/06 08:28	07:28	25/01/06	BG
25/01/06 02:00	25/01/06 07:57	25/01/06 17:26	15:26	25 e 26/01/06	Uruguai

Tabela 3: Características dos SCM que afetaram o RS em Fevereiro e Março de 2006.

Dia/hora início (UTC)	Dia/hora máx. ext. (UTC)	Dia/hora dissipação (UTC)	Duração SCM (h)	Dias de Precipitação associada a SCM	Região afetada
03/02/06 23:00	04/02/06 09:26	04/02/06 17:24	18:24	04 e 05/02/06	U, SLG, SM, BG, PEL, SVP
09/02/06 07:30	09/02/06 12:28	09/02/06 15:23	07:57	09 e 10/02/06	I, BG, T
12/02/06 12:30	12/02/06 19:59	12/02/06 22:58	10:28	13/02/06	POA, T, BG
14/02/06 20:30	14/02/06 22:00	15/02/06 05:58	09:28	14/02/06	I, PF, BG, T
15 /02/06 13:30	15/02/06 23:27	16/02/06 09:24	19:54	16/02/06	todo RS menos SVP e BG
16/02/06 04:30	16/02/06 17:56	17/02/06 02:26	21:56	16 e 17/02/06	Oceano
16/02/06 17:30	16/02/06 21:00	16/02/06 23:30	06:00	17/02/06	SLG, SM, I
22/02/06 19:30	23/02/06 04:14	23/02/06 21:22	25:52	23 e 24/02/06	Argentina
24/02/06 13:30	25/02/06 01:27	25/02/06 05:56	16:26	25/02/06	Oceano
02/03/06 03:00	02/03/06 11:57	03/03/06 02:52	23:52	02 e 03/03/06	SLG, I, SM, PF, POA, T
02/03/06 10:00	02/03/06 17:58	03/03/06 06:23	20:23	02 e 03/03/06	U, BG, PEL, SVP
02/03/06 17:30	02/03/06 20:29	03/03/06 01:57	08:27	03/03/06	I, PF, BG, T, POA
03/03/06 17:30	03/03/06 21:59	04/03/06 00:28	06:58	04/03/06	PEL, SVP
08/03/06 14:00	08/03/06 20:59	08/03/06 23:29	09:29	09/03/06	U, SLG, SM
09/03/06 07:00	09/03/06 14:59	09/03/06 18:29	11:29	09 e 10/03/06	I, PF, BG, T
17/03/06 07:00	17/03/06 16:28	18/03/06 00:26	17:26	17 e 18/03/06	U, SVP, BG, PEL, ES, SM
17/03/06 20:00	18/03/06 03:28	18/03/06 11:25	15:25	18/03/06	U, SLG, SM, BG
27/03/06 23:30	28/03/06 01:59	28/03/06 06:28	06:59	28/03/06	PF
28/03/06 22:00	29/03/06 02:28	29/03/06 06:28	08:28	29/03/06	POA, ES, SM

Tabela 4: Quantidade, duração média e tamanho médio dos SCM que afetaram o RS no período de JFM de 2004 a 2008 e em JFM de 2006.

Período	n° SCM/ano	Duração média (h)	Tamanho médio (pixel)
JFM/2004-2008	50,2	12,9	12.442
JFM/2006	38,0 (-24,3%)	12,4 (-0,5h)	9.566 (-23,1%)



(a) (b)  
 Figura 2: Distribuição: (a) do total diário de precipitação pluvial acumulado associado aos SCM que afetaram o RS em JFM de 2006 (mm) e (b) da contribuição do total diário de precipitação pluvial acumulado associado aos SCM que afetaram o RS para o total diário de precipitação pluvial acumulado em JFM de 2006 (%).

#### 4. Conclusões

A análise dos SCM que afetaram o RS e da precipitação associada a eles, permitiu concluir que em JFM de 2006:

- i) ocorreu no RS precipitação pluvial abaixo da normal climatológica do período de 1977 a 2006;
- ii) a região central do Estado foi a que registrou menor ocorrência de precipitação associada aos SCM que afetaram o RS;
- iii) a maior contribuição da precipitação associada aos SCM que afetaram o RS para a precipitação total de JFM de 2006 ocorreu na região oeste do Estado;
- iv) aproximadamente 20% da precipitação total registrada no RS estava associada aos SCM;
- v) ocorreu menor número de SCM, com menor duração média e menor tamanho médio do que no período de 2004 a 2008.

Um fator que pode ter contribuído para estes resultados em JFM de 2006 foi a atuação do fenômeno La Niña de fraca intensidade, que causou a passagem rápida dos Sistemas Frontais sobre o RS, o que não favoreceu a organização da convecção e, portanto, formaram-se neste trimestre menor número de SCM, com menor duração e tamanho, gerando menos precipitação do que a normal do período de 1977 a 2006.

#### Agradecimentos

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

## Referências Bibliográficas

Carvalho L; Jones C. A satellite method to identify structural properties of mesoscale convective systems based on the maximum spatial correlation tracking technique (MASCOTTE). **Journal of Applied Meteorology**, v. 40, p. 1683–1701, 2001.

Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática- INPE/CPTEC, 2006. São José dos Campos - SP, Brasil. Disponível em:  
<<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/#>>. Acesso em: 08.nov.2010.

Eichholz, C.W., Campos, C.R.J., Silva, M.V. Distribuição sazonal dos SCM que atingiram o Estado do RS em 2006. In: Congresso Latinoamericano e Iberico de Meteorologia, 13, 2009 e Congresso Argentino de Meteorología, 10, 2009, Buenos Aires. **Anais ...** Buenos Aires, FLISMET, 2009. v.1. p.45 – 50. CD-ROM.

Grimm, A.M.; Barros, V.R.; Doyle, M.E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000.

Houze R.A. **Cloud dynamics**. Academic Press, Inc., 1993. v. 53, p. 334-404.

INMET. Dados Estações Convencionais. 2010. Disponível em:  
<<http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/convencionais.php>> . Acesso em: 14.out.2010.

Laurent H., Machado L.A.T., Morales C.; Durieux L. Characteristics of Amazonian Mesoscale Convective Systems observed from Satellite and radar during the WETAMC/LBA Experiment, **Journal of Geophysical Research**, v. 107, n. D20, p. 8054. 2002.

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, p. 714-725, 2004.

Pinto, L. B. Estudo de um sistema convectivo de mesoescala (SCM) observado nos dias 19 e 20/02/2003 sobre o Rio Grande do Sul. 2006. 69 p. Dissertação (Mestrado em meteorologia) - Faculdade de Meteorologia/UFPel, Pelotas. 2006.

Velasco I.; Fritsch J.M. 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 (Rainy mesoscale convective systems over South America: Life cycle and the associated large scale environment). 2004. 132p. Tese (Doutorado em Meteorología), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. 2004.

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.