



**Influência dos Sistemas de Altas e Baixas Pressões e da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul no Desenvolvimento de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre o Rio Grande do Sul**

**Influence of High and Low Pressure Systems and Sea Surface Temperature of South Atlantic in the Development of Mesoscale Convective Systems in Rio Grande do Sul**

Taís Pegoraro Scaglioni; Roseli Gueths Gomes & Julio Renato Quevedo Marques

*Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas (CPPMET),  
Av. Ildefonso Simões Lopes, 2751, CEP: 96060-290, Telefone: (53)-3277-6690, Fax: (53)-3277-6722, Pelotas, RS, Brasil.  
E-mail: scaglioni@pop.com.br*

*Recebido em: 17/06/2007 Aprovado em: 18/08/2007*

**Resumo**

Neste trabalho são analisadas as influências dos posicionamentos dos centros dos sistemas de altas e de baixas pressões no Oceano Atlântico Sul e das anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) dos Oceanos Atlântico e Pacífico em associação com a ocorrência de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM) no Estado do Rio Grande do Sul (RS). O período selecionado compreende o mês de fevereiro de quatro anos (2002-2005). Foram utilizadas imagens de satélite geostacionário, valores de anomalias de TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico e dados de precipitação pluviométrica observadas no Estado. Os campos horizontais de pressão atmosférica e de linhas de corrente foram obtidos a partir de simulações realizadas com o modelo de mesoescala MM5. Os resultados mostraram que, no período analisado, houve um mês de fevereiro chuvoso no Estado e três meses de seca. Nos meses de seca, o número de SCM observados foi inferior, em até seis vezes, ao observado no mês chuvoso. Ainda, nos meses secos, os SCM tiveram duração menor em relação aos observados no mês chuvoso. Para todo o período analisado, a dissipação dos SCM ocorreu a leste da sua posição de formação, na maioria dos casos. Apesar das diferenças encontradas entre todos os SCM analisados, o horário preferencial de sua formação, 12 e 18 UTC, predominou em todo o período. Os padrões de circulação de grande escala mostraram que, no mês chuvoso, os centros dos sistemas de alta pressão subtropicais localizados no Oceano Atlântico, estavam posicionados perto da costa do SAS, onde os valores das anomalias de TSM estavam positivos. Configuração contrária foi observada durante os meses de seca.

**Palavras-Chave:** sistemas convectivos; Rio Grande do Sul; precipitação

**Abstract**

In this work the influences of the positioning of high and low pressures systems centers at South Atlantic Ocean and Sea Surface Temperature (SST) anomalies of Atlantic and Pacific Oceans are analysed in association to the occurrence of Mesoscale Convective Systems (MCS) in Rio Grande do Sul (RS) State. The selected period involves four years of February (2002-2005). It was utilized geostationary satellite imagery, values of Sea Surface Temperature (SST) anomalies of the Atlantic and Pacific Oceans and pluviometric precipitation data observed on the State. The horizontal fields of atmospheric pressure and streamlines were obtained from simulations made with the mesoscale model MM5. The results showed that for the analysed period there was one rainy February in the State and three months of drought. For the drought months, the number of observed MCS was inferior, up to six times, to the observed one in the rainy month. Still, in the dry months, the MCS presented shorter duration in relation to the ones observed in the rainy February. For all the analysed period, the MCS dissipation occurred to the east of its position of formation, in the majority of the cases. Although the differences found between all the analysed MCS, the preferential time in which they formed, 12 and 18 UTC, predominated in all period. The large scale and mesoscale circulation patterns had shown that in the rainy month, the centers of subtropical high pressure systems located on the Atlantic Ocean were positioned near the SSA coast, where the SST anomalies values were positive. The opposite were observed during the drought months.

**Keywords:** convective systems; Rio Grande do Sul; precipitation

## 1 Introdução

O Sul da América do Sul (SAS) é frequentemente atingido por Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), principalmente nas estações quentes. Estes sistemas são fenômenos atmosféricos que provocam excessivas quantidades de precipitação em superfície, muitas vezes acompanhadas por granizo, descargas elétricas e ventos fortes. Dentre as regiões localizadas no SAS, o norte/leste da Argentina, sul do Paraguai, Uruguai e sul do Brasil são particularmente atingidas por SCM (Díaz & Acetuno, 2003). Por conseguinte, a previsão da ocorrência de tais sistemas seria de extremo interesse para estas regiões, no sentido de minimizar os enormes prejuízos decorrentes dos desastres naturais passíveis de ocorrerem.

Os SCM são constituídos por aglomerados de nuvens *Cumulonimbus*, podendo apresentar diversos formatos e tempos de vida (Jirak *et al.*, 2003). A formação e evolução destes sistemas no SAS tem sido objeto de inúmeros trabalhos. Dentre os vários trabalhos, podemos citar Velasco & Fritsch (1987), Paegle & Mo (1997), Machado *et al.* (1998), Berbery & Collini (2000), Saulo *et al.* (2000), Liebmann *et al.* (2004), Salio *et al.* (2007), Saulo *et al.* (2007). Um aspecto mencionado com frequência é a ocorrência de um escoamento de norte que é acelerado nas proximidades da Bolívia, perto do nível de 850 hPa, chamado de Jato de Baixos Níveis da AS (JBNAS). Segundo os autores, este jato é o responsável pelo aporte de fluxo de umidade e de calor para a região sul da AS, favorecendo a atividade convectiva nesta região, especialmente quando é observado um acoplamento entre os jatos de baixos e altos níveis. Entretanto, pode haver a formação de SCM no SAS sem haver, necessariamente, a ocorrência do JBNAS, como mostraram Salio *et al.* (2007), para o período de 3 anos analisado.

O fenômeno El Niño provoca alterações na circulação atmosférica desde a escala regional até a escala global, gera anomalias climáticas em várias partes do mundo (Berlato & Fontana, 2003) e provoca uma maior quantidade de eventos extremos em todo o Brasil (Grimm & Tedeschi, 2004). Entretanto, estudos mostram que não somente o fenômeno El Niño interfere na intensidade da atividade convectiva no SAS. Díaz *et al.* (1998) mostraram haver uma relação entre anomalias de precipitação no Uruguai e no sul do Brasil com anomalias na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no sudoeste do Oceano

Atlântico durante períodos de outubro a dezembro e de abril a julho. Chaves & Ambrizzi (2004) mostraram que há uma relação entre a convecção associada à penetração de sistemas frontais sobre a América do Sul nos meses frios com anomalias positivas de TSM no Oceano Atlântico sul. Estes resultados indicam que anomalias da TSM do Oceano Atlântico sul influenciam na atividade convectiva observada no SAS e, portanto, é muito provável que a formação de SCM durante os meses quentes esteja relacionada tanto com estas anomalias quanto com as anomalias de TSM do Oceano Pacífico tropical.

O objetivo principal deste trabalho é o de identificar relações existentes entre alterações no posicionamento dos centros de sistemas de alta/baixa pressões no Oceano Atlântico com anomalias de TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico e a ocorrência de SCM no SAS, particularmente daqueles que atingiram o Estado do RS. Analisa-se, também, a influência destes fatores no campo de precipitação no Estado do Rio Grande do Sul (RS) no mês de fevereiro de 2002 a 2005. O mês de fevereiro foi selecionado porque foram observadas variações significativas na quantidade de precipitação no RS. Por exemplo, em fevereiro 2003 a atividade convectiva observada no sul do Brasil foi extremamente significativa (Lima, 2005; Scaglioni & Saraiva, 2004), enquanto que em fevereiro de 2004 (Calbete & Preste, 2004) e de 2005 (Climanálise, 2005) houve déficit de precipitação no RS.

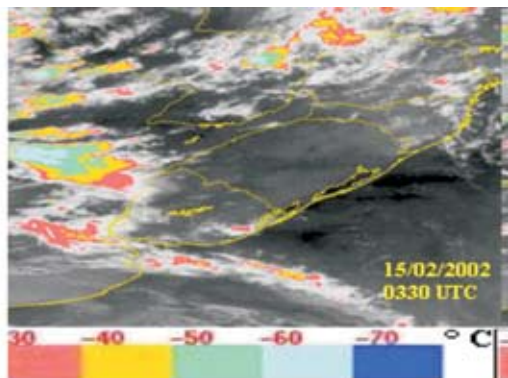
## 2 Material e Métodos

Foram utilizadas informações provenientes de satélites de órbita geoestacionária, dados de precipitação em superfície, simulações de modelo atmosférico e dados de temperatura da superfície do mar, descritas a seguir.

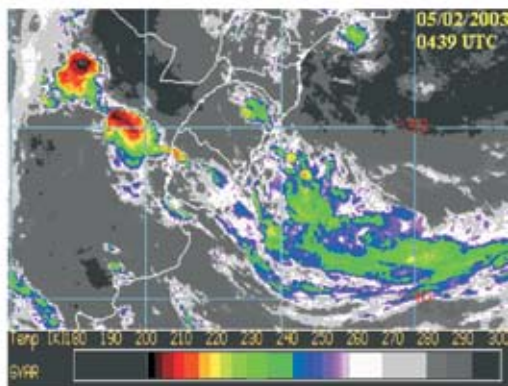
### 2.1 Imagens de Satélite

As imagens de satélite geoestacionário utilizadas são realçadas, no canal infravermelho. A Figura 1 mostra exemplos das imagens de satélite utilizadas, obtidas nos sites <http://www.cptec.inpe.br>, <http://orbit35i.nesdis.noaa.gov/arad/ht/ff/gilberto.html> (atualmente desativado) e <http://www.cira.colostate.edu/ramm/msdsol/RMTC.html>. A utilização de sites diferentes ocorreu em função da disponibilidade

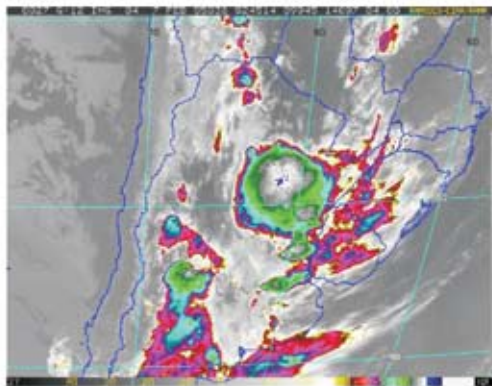
das imagens. O intervalo de tempo entre imagens consecutivas é de aproximadamente trinta minutos. Entretanto, em algumas ocasiões foram detectadas



A



B



C

Figura 1 Exemplos de imagens de satélite utilizadas neste estudo, para o mês de fevereiro de (A) 2002 e 2003 (<http://www.cptec.inpe.br>); (B) 2003 e 2004 (<http://orbit35i.nesdis.noaa.gov/avad/ht/ff/gilberto.html>, atualmente desativado) e (C) 2005 (<http://www.cira.colostate.edu/ramm/msdsol/RMTC.html>).

falhas importantes nas seqüências de imagens que inviabilizaram uma adequada avaliação dos SCM observados. Na literatura, a identificação de SCM com imagens de satélite é feita a partir da definição de um limiar de temperatura para o topo das nuvens. Em trabalhos desenvolvidos para latitudes médias, os valores encontrados oscilam em torno de  $-40^{\circ}\text{C}$ . Alguns autores utilizam dois limiares de temperatura: um para definir o SCM e outro para definir as células convectivas imersas no SCM. Velasco & Fritsch (1987) utilizaram dois limiares de temperatura de brilho para estudar a ocorrência de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) nas Américas, cujos valores foram iguais a  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $-62^{\circ}\text{C}$  e  $-42^{\circ}\text{C}$  e  $-64^{\circ}\text{C}$ . Machado *et al.* (1998) utilizaram valores de  $-28^{\circ}\text{C}$  e  $-55^{\circ}\text{C}$  para analisar a atividade convectiva na AS. Salió & Nicolini (2005) utilizaram o limiar de  $-55^{\circ}\text{C}$  para identificar SCM que ocorreram no SAS em associação com um Jato de Baixos Níveis (JBN). Assim, a identificação dos SCM neste trabalho foi feita de forma subjetiva. O horário de início dos SCM foi considerado como sendo o horário em que as temperaturas dos topos das nuvens atingiram o limiar de temperatura de  $-40^{\circ}\text{C}$ . Analogamente, o horário de término dos SCM foi considerado como sendo o horário no qual as temperaturas dos topos da nebulosidade passaram a ser superiores a  $-40^{\circ}\text{C}$ . Assim, a localização geográfica da formação/dissipação dos SCM e, por conseguinte, da trajetória destes sistemas, foi obtida com as imagens de satélite. Uma vez identificados, foram estabelecidos quatro períodos diários de 6 horas, às 00, 06, 12, e 18 UTC (Coordenada de Tempo Universal), com a finalidade de avaliar os horários predominantes de formação/dissipação dos SCM.

## 2.2 Dados de Precipitação em Superfície

Os dados de precipitação em superfície foram obtidos junto às estações meteorológicas vinculadas ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) e os dados da Estação Agroclimatológica de Pelotas (Capão do Leão/RS), convênio EMBRAPA/UFPeI/INMET. Foram calculadas as anomalias de precipitação no Estado do RS a partir do valor acumulado para cada mês de fevereiro e do valor climatológico dos últimos 30 anos (1975-2005).

## 2.3 Modelagem Atmosférica

As simulações realizadas para este estudo foram desenvolvidas tendo como base o modelo MM5, simulador de domínio público, construído pela *Pennsylvania State University* (PSU) em conjunto com o *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), Dudhia *et al.* (2000). Trata-se de um sistema numérico não hidrostático, destinado à simulação das circulações atmosféricas de grande escala e de mesoescala, utilizando o sistema de coordenadas sigma, com opção de coordenadas de pressão. As simulações realizadas com o modelo MM5 tiveram início às 12 UTC. Cada processamento fornece, como arquivo de saída, campos meteorológicos em 13 horários distintos, sendo que o primeiro horário corresponde aos “campos de análise” e os seguintes aos “campos de previsão”. A grade utilizada ficou compreendida entre os paralelos 5°S a 50°S e os meridianos 80°W a 30°W. Os campos meteorológicos foram obtidos utilizando a coordenada vertical sigma, com resolução horizontal de 90 km e 23 níveis na vertical.

Para o posicionamento dos centros dos sistemas de alta e de baixa pressão no Oceano Atlântico Sul foram analisados tanto os campos de linhas de corrente quanto os de pressão, no nível sigma mais baixo, às 12 UTC e para todos os dias do mês de fevereiro dos quatro anos. Uma vez identificadas as regiões de pressões mais altas/baixas no Oceano Atlântico, os centros dos anticiclones/ciclones foram localizados utilizando os campos de linhas de corrente, que mostram as propriedades cinemáticas do campo de vento horizontal. No hemisfério sul, sistemas de alta pressão apresentam vorticidade relativa positiva (rotação anti-horária) e sistemas de baixa pressão apresentam vorticidade relativa negativa (rotação horária), permitindo a localização desejada.

Os dados de reanálise do modelo global NCAR/NCEP (<http://www.cdc.noaa.gov>) foram utilizados como dados de entrada do modelo MM5 e as parametrizações escolhidas nas simulações estão indicadas na Tabela 1, conforme Lima (2005). Esta autora realizou alguns testes com diferentes parametrizações, e posteriormente comparou as saídas do modelo MM5 com imagens de satélite e pode verificar que, os melhores resultados para o Estado do RS foram encontrados utilizando as parametrizações descritas na tabela abaixo.

Parametrizações	Opções selecionadas
Convecção Profunda	<i>Grell</i>
Microfísica de Nuvens	<i>Schultz</i>
Radiação	<i>Cloud</i>
Camada Limite Planetária	<i>MRF</i>
Solo	<i>Five-Layer Soil Model</i>

Tabela 1 Parametrizações físicas e opções selecionadas para o processamento do modelo MM5.

## 2.4 Temperatura da Superfície do Mar

Estes dados foram obtidos no site <http://www.cdc.noaa.gov>, com resolução de 111 km, para a grade 10°N a 60°S e 10°E a 120°E. Para calcular as anomalias, inicialmente foi calculado o campo médio de TSM para o mês de fevereiro dos últimos 24 anos (1982-2005). Em seguida, a partir dos valores de TSM para cada mês de fevereiro de 2002, 2003, 2004 e 2005, foram calculadas as respectivas anomalias. O estudo sobre as anomalias de TSM foi realizado para verificar como estas influenciariam na convecção sobre o SAS.

## 3 Resultados e Discussão

A influência dos SCM em uma região pode ser percebida sob diferentes aspectos. Na Figura 2 é apresentado o campo de precipitação médio mensal dos últimos 30 anos bem como os campos das anomalias das precipitações observadas nos quatro meses de fevereiro analisados. Nesta figura estão inseridas as contribuições climatológicas de todos os sistemas precipitantes de todas as escalas espaciais que atingem o RS. Nota-se que na região norte do Estado são observados os valores maiores de precipitação, conforme Atlas Socioeconômico Rio Grande do Sul (2007), enquanto que na região leste são vistos os menores valores de precipitação. Os sistemas meteorológicos que atingem o RS, com mais frequência ao longo do ano, são os sistemas frontais (Siqueira & Machado, 2004), sem haver uma influência significativa da topografia no regime pluviométrico (Quadro *et al.*, 1996), os cavados invertidos (Fernandes & Satyamurty, 1994), os ciclones extratropicais (Gan & Rao, 1991) e os sistemas convectivos de mesoescala, que ocorrem menos no inverno (Salio *et al.*, 2007).

Analisando o campo climatológico de precipitação média mensal para o mês de fevereiro, mostrado na Figura 2A vê-se que, em todo o Estado, a média de precipitação oscila entre 100 e 200 mm aproximadamente, com valores predominantes no intervalo de

Influência dos Sistemas de Altas e Baixas Pressões e da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul no Desenvolvimento de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre o Rio Grande do Sul

Tais Pegoraro Scaglioni; Roseli Gueths Gomes & Julio Renato Quevedo Marques

140-160 mm. Os máximos valores são observados na região norte (>170 mm), seguidos pelos valores encontrados nas regiões oeste e extremo sul do Estado, onde os valores variam entre 150 e 160 mm.

Dentre os quatro meses de fevereiro, é nítido o excesso de precipitação ocorrido em fevereiro de 2003 em todo o Estado, como mostra a Figura 2C. Este excesso de precipitação foi devido a ocorrência de vá-

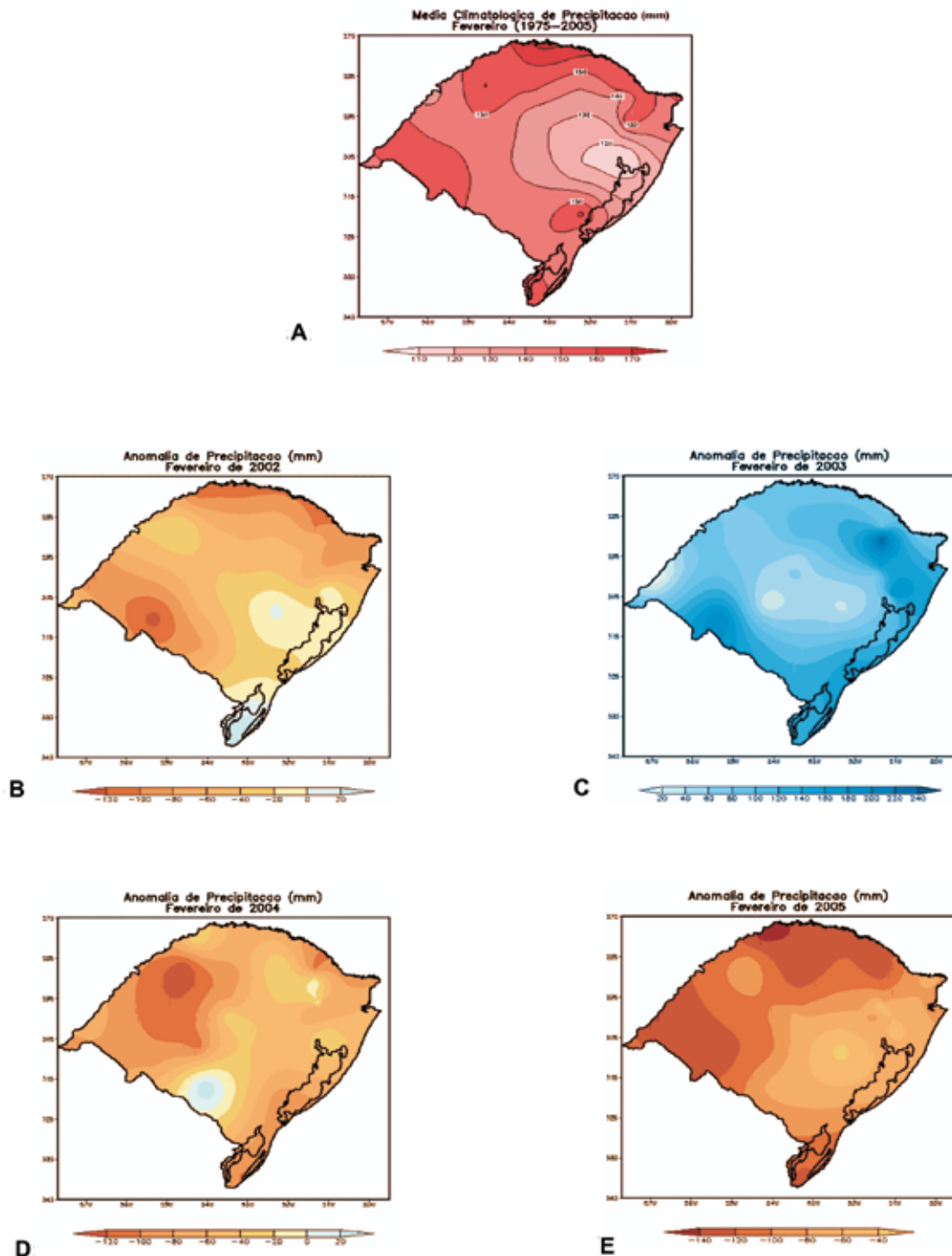


Figura 2 (A) Campo climatológico de precipitação no RS, relativo ao período 1975-2005 e anomalias de precipitação em superfície observadas no Estado no mês de fevereiro de (B) 2002; (C) 2003; (D) 2004 e (E) 2005.

Influência dos Sistemas de Altas e Baixas Pressões e da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul no Desenvolvimento de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre o Rio Grande do Sul

Tais Pegoraro Scaglioni; Roseli Gueths Gomes & Julio Renato Quevedo Marques

rios SCM, assim como pela ocorrência de 8 sistemas frontais, Climanálise (2005), no Estado. Nota-se um excesso máximo de 240 mm no nordeste do Estado, o que corresponde a praticamente o dobro do respectivo valor climatológico. O excesso de precipitação em fevereiro de 2003 foi, em média, superior a 100 mm na maioria das regiões, com exceção das regiões central e extremo oeste do Estado, onde as anomalias positivas foram inferiores a 40 mm. Tendo em vista os resultados encontrados quando das análises das imagens de satélite para identificação dos SCM que atingiram o Estado, acredita-se que os valores de anomalias de precipitação nestas regiões estejam subestimados, porque nestas regiões do RS há poucas estações meteorológicas. Nos outros anos (Figuras 2B, 2D e 2E), observam-se regiões que apresentam desde pequenos excessos (não ultrapassando 30 mm) até regiões com anomalias negativas superiores a 100 mm. O caso mais acentuado de seca ocorreu em fevereiro de 2005 (Figura 2E), pois em todo o Estado foram observadas anomalias negativas de precipita-

ção, de 40 mm até valores superiores a 140 mm, no norte do Estado. Em fevereiro de 2002, as regiões no extremo norte e sudoeste do Estado foram as que mais sofreram com a falta de precipitação (Figura 2B), enquanto que em fevereiro de 2004, a região que mais sofreu com a falta de precipitação foi a região noroeste do Estado (Figura 2D). Percebe-se, então, que nestes quatro meses de fevereiro, a metade leste do RS e principalmente aquelas mais próximas do litoral, não sofreram muito com a seca, indicando a ação reguladora do escoamento de origem oceânica continente adentro.

A investigação de possíveis causas das diferentes situações observadas nos meses de fevereiro conduziu à realização do posicionamento dos centros de alta e de baixa pressão no Oceano Atlântico sul e análise das anomalias de TSM dos Oceanos Atlântico e Pacífico. Os resultados encontrados, relativos aos meses de fevereiro de 2002 a 2005 são mostrados nas Figuras 3 e 4. O número de pontos, indicadores

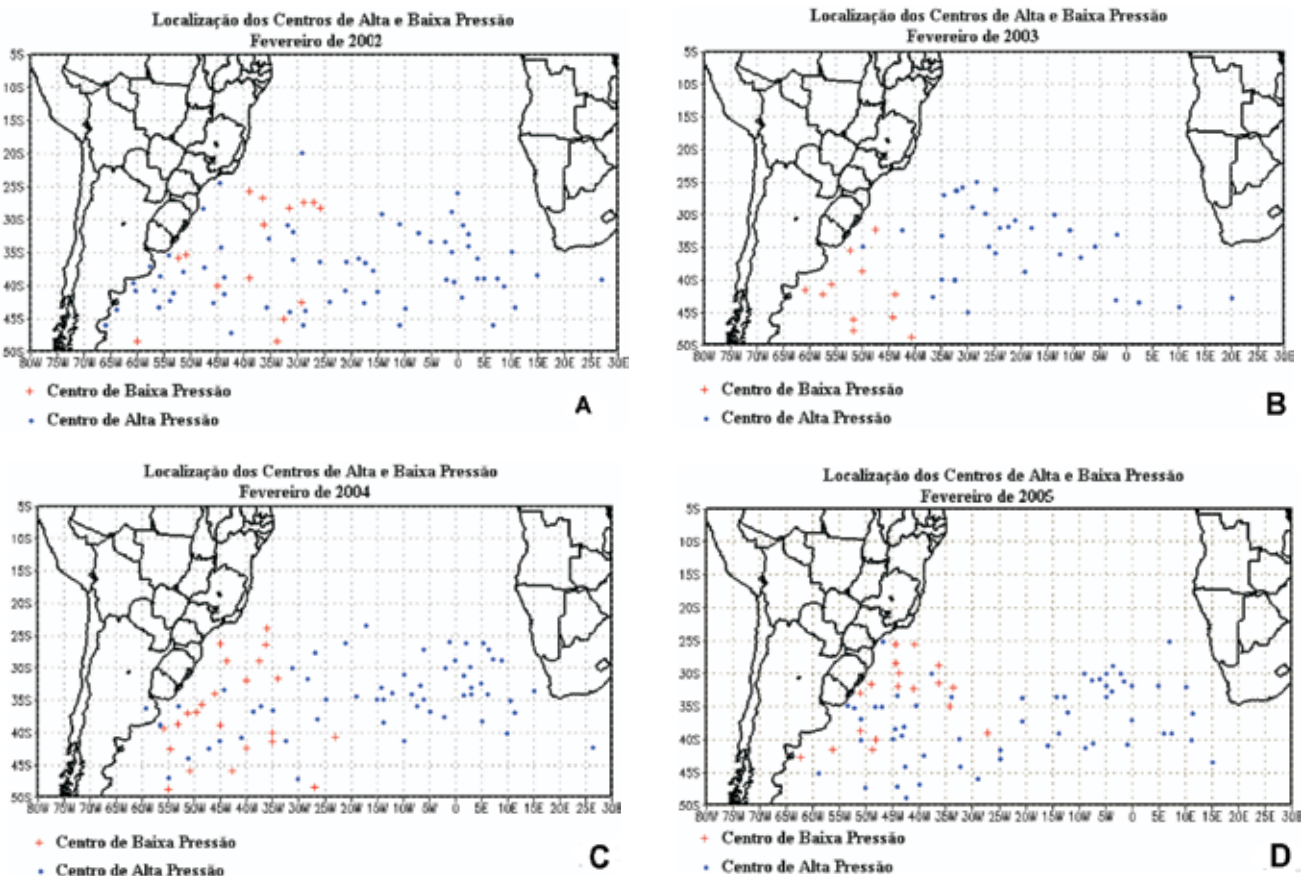


Figura 3 Localização geográfica dos centros de alta (em azul) e de baixa pressão (em vermelho), no Oceano Atlântico, obtida com o modelo de mesoescala MM5 (simulações das 12 UTC) para o mês de fevereiro de (A) 2002; (B) 2003; (C) 2004 e (D) 2005.

dos centros de alta/baixa pressão na Figura 3, não é idêntico nas quatro figuras porque, dependendo do ano, foram observados múltiplos núcleos de alta/baixa pressão no mesmo dia. Isto ocorreu principalmente nos anos de déficit de precipitação no Estado, como mostram as Figuras 3A, 3C e 3D, onde existe quase o dobro de centros de alta pressão em relação ao número observado no mês de fevereiro de 2003 (Figura 3B), quando foi observado excesso de chuvas no Estado. O motivo desta multiplicidade de núcleos não foi alvo de estudo deste trabalho, mas pode estar relacionado com a metodologia utilizada. Também, nos meses secos observa-se uma maior dispersão, tanto longitudinal quanto latitudinal, do posicionamento dos núcleos de alta pressão, que estão localizados desde a costa SAS até a costa sul da África. No entanto, existe uma pequena concentração de centros de alta pressão entre 10°E e 10°W, ou seja, longe da costa da AS. Quanto ao posicionamento dos centros de baixa pressão, observa-se outra característica comum nos meses secos, que é a sua localização próxima à costa do continente americano, preferencialmente ao norte de 40°S. Ao contrário, no mês chuvoso (Figura 3B) os centros das baixas pressão localizam-se predominantemente ao sul de 40°S.

Em fevereiro de 2003 (Figura 3B) os centros de alta pressão estão nitidamente concentrados no Atlântico central (entre 10°W e 35°W), apresentando uma nítida estrutura de dipolo sobre o Oceano Atlântico Sul. Além disto, pelo fato dos centros de alta pressão estarem posicionados mais ao norte, observa-se que houve uma inversão nas circulações ciclônica/anticiclônica do ar próximo à costa do continente americano, quando analisados meses secos versus mês chuvoso. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Díaz & Acetuno (2003), que analisaram 15 anos de anomalias no escoamento do ar no sudeste da AS, em períodos secos e chuvosos. Estes autores encontraram que, em períodos de convecção acentuada no Uruguai, existe uma circulação anticiclônica localizada em torno de 34°S/45°W, com uma região ciclônica localizada no extremo SAS. Ao contrário, em períodos de escassez de precipitação, este dipolo de circulações se inverte. Eles trabalharam com valores médios sobre 11 dias.

A Figura 4 mostra os campos de anomalias de TSM nos Oceanos Atlântico e Pacífico. Os anos de 2002, 2003 e 2005 foram caracterizados como sendo anos de El Niño (Infoclima, 2002, 2003 e 2005). De fato, as Figuras 4A, 4B e 4D mostram anomalias

positivas de TSM no Pacífico equatorial leste, com variações de +0,3°C a +1,3°C (este último observado somente em fevereiro de 2003). A área oceânica em que estas anomalias são observadas também é diferenciada. Em 2003 a região com anomalias positivas de TSM no Oceano Pacífico é maior e com valores mais elevados do que nos anos 2002 e 2005. De acordo com a literatura, em anos de El Niño deveria haver excesso de precipitação no sul do Brasil (Berlato & Fontana, 2003; Grimm *et al.*, 1998), o que ocorreu somente no ano de 2003, conforme discutido anteriormente. Ao verificar as anomalias de TSM no Oceano Atlântico sul para o ano de 2003, são observadas anomalias positivas, enquanto que nos outros anos, em que ocorreu déficit de precipitação, as anomalias de TSM são negativas. No ano de 2002, as anomalias de TSM no Atlântico não são marcantes. Ainda, no ano de 2005, em que a seca foi bastante acentuada no RS, ocorreram as anomalias mais negativas, atingindo valores máximos de -1,3°C de anomalia de TSM no Atlântico sul, perto da costa. Portanto, pode-se dizer que existe uma relação bastante estreita entre a quantidade de precipitação observada no sul do Brasil com anomalias de TSM no Atlântico sul (Silva, 2001; Chaves, 2004; Grupelli, 2007). Doyle & Barros (2002), usando dados de reanálise de precipitação e de TSM médias mensais, também encontraram que existe uma forte relação entre a precipitação no SAS com anomalias de TSM no oeste do Oceano Atlântico. De acordo com estes autores, em situações de máximas anomalias de TSM existem dois padrões bem distintos na circulação atmosférica de baixos níveis da atmosfera e no campo de precipitação. Outro aspecto muito interessante a salientar diz respeito ao dipolo de anomalias de TSM no Oceano Atlântico tropical e sul. É nítida a inversão de sinais, sendo que nos meses secos, as anomalias de TSM são positivas no Atlântico sul e negativas nas regiões tropicais e vice-versa, no mês chuvoso.

Com a finalidade de associar os resultados encontrados de grande escala com a precipitação em superfície sobre o Estado do RS, discutidos anteriormente, foi feita uma identificação dos SCM, utilizando imagens de satélite. Para cada SCM identificado, foram verificadas as posições e horários de início/término do mesmo, direção preferencial de deslocamento e duração total. É importante ter em mente que, os resultados encontrados aqui sofreram a influência da resolução diferente das imagens de satélite, na medida em que imagens com menor resolução mostram uma visão menos refinada e, portanto, não mostram SCM que apareceriam em imagens com melhor resolução.

Influência dos Sistemas de Altas e Baixas Pressões e da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul no Desenvolvimento de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre o Rio Grande do Sul

Tais Pegoraro Scaglioni; Roseli Gueths Gomes & Julio Renato Quevedo Marques

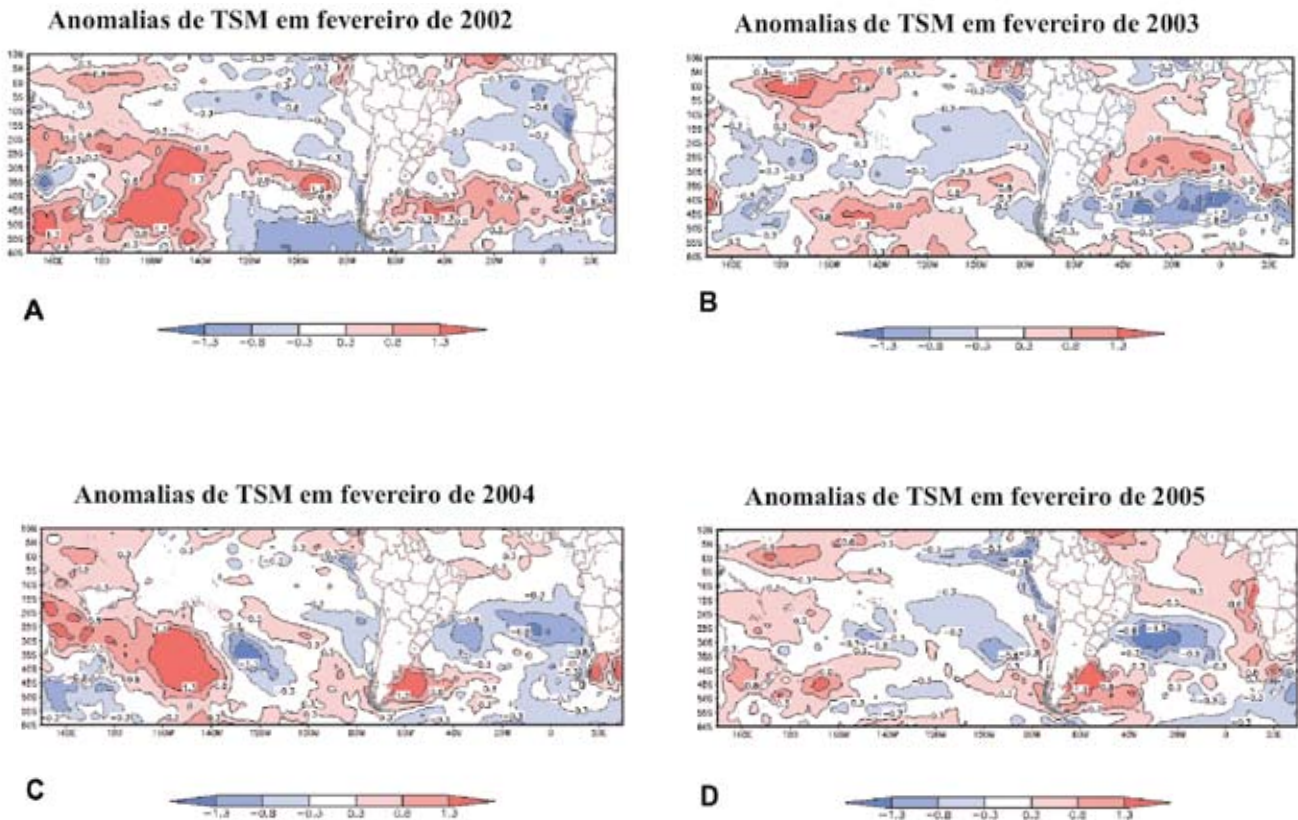


Figura 4 Anomalias de TSM, em °C, nos Oceanos Atlântico e Pacífico, obtidos a partir dos dados do NCEP, para o mês de fevereiro de (A) 2002; (B) 2003; (C) 2004 e (D) 2005.

Para o mês de fevereiro de 2002, tendo em vista as falhas periódicas nas seqüências de imagens ao longo de todos os dias (cada interrupção teve duração de aproximadamente 5 horas), não foi possível fazer a identificação desejada dos SCM. Os resultados obtidos para o mês de fevereiro de 2003 são mostrados na Figura 5, onde estão localizados os 113 SCM observados que atingiram o RS em algum momento ao longo de seu ciclo de vida. A apresentação está distribuída em cinco figuras, para fins de clareza. A posição de início de cada SCM está identificada com um número (seqüencial) em vermelho, enquanto que a posição de término está identificada com o mesmo número, na cor azul e sublinhado. Pode-se observar que alguns sistemas têm somente o início ou término indicado, devido à impossibilidade de sua localização, pelos motivos expostos anteriormente. Nas figuras 5A

a 5E nota-se que mais da metade (65%) dos sistemas se formaram sobre o Estado do RS, predominantemente na metade oeste. Os demais se formaram fora do Estado, na Argentina, Uruguai ou sobre os Estados de Santa Catarina e Paraná. Machado *et al.* (1998) mostraram que a Argentina, Bolívia e o Paraguai são países freqüentemente atingidos por um escoamento de norte em baixos níveis proveniente das regiões tropicais. Este escoamento relativamente mais quente e úmido, incrementa a atividade convectiva nestas regiões. A dissipação dos sistemas ocorreu com maior freqüência na metade leste do Estado, principalmente quando estes se encontravam perto do Oceano. Existiu, portanto, uma tendência a um deslocamento das tempestades com componente de oeste, na maioria dos SCM.



Influência dos Sistemas de Altas e Baixas Pressões e da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul no Desenvolvimento de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre o Rio Grande do Sul

Tais Pegoraro Scaglioni; Roseli Gueths Gomes & Julio Renato Quevedo Marques

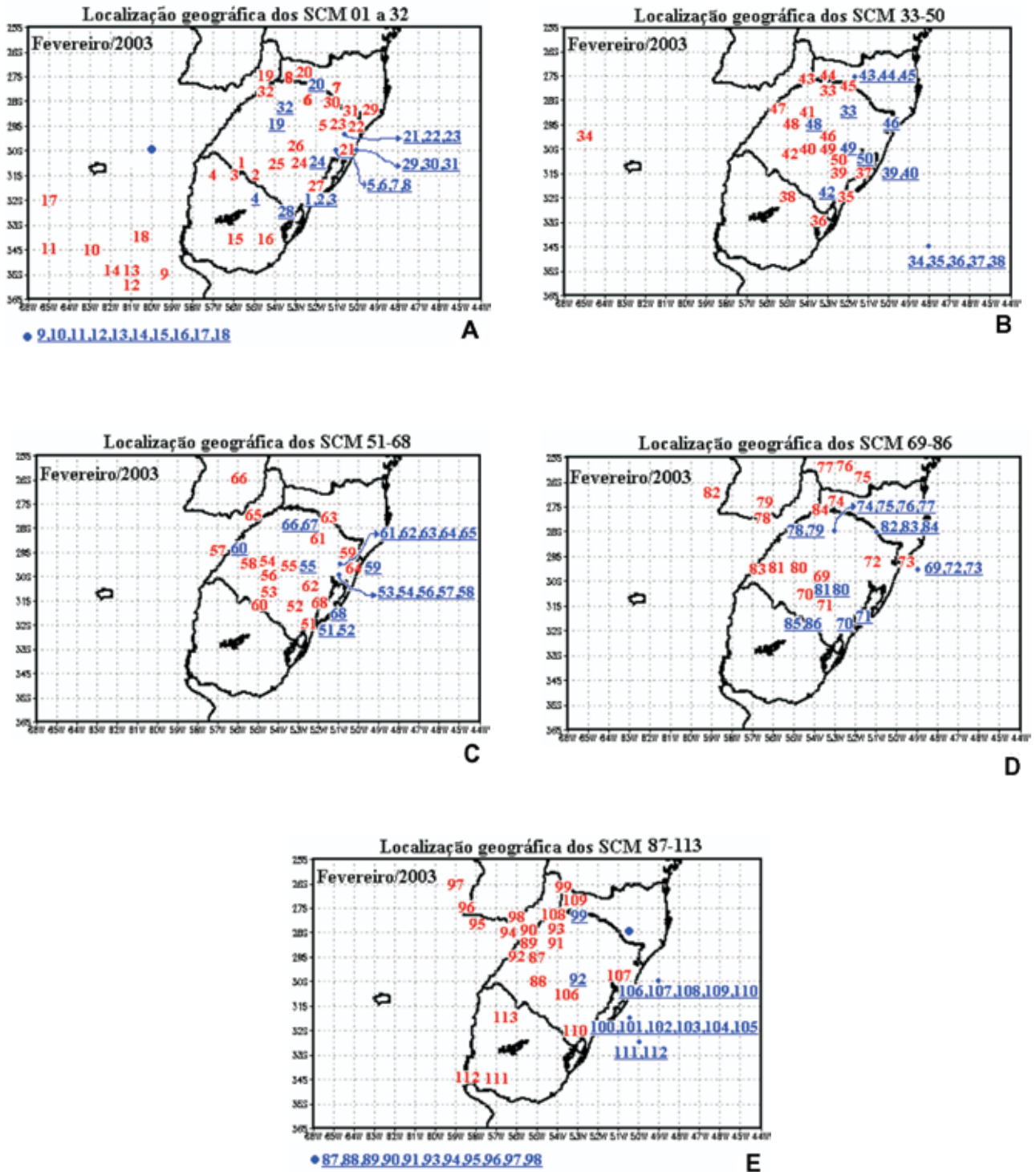


Figura 5 Localização geográfica da posição de formação (em vermelho) e de dissipação (em azul sublinhado) dos SCM que ocorreram no mês de fevereiro de 2003.

A Figura 6 mostra os resultados obtidos quanto à distribuição de horários de início/término dos SCM, tempo de vida e direção de deslocamento. O símbolo “?” que aparece nas legendas das figuras indica indeterminação das características em gestão. Analisando os horários de início da atividade convectiva, mostrado na Figura 6a, verifica-se que o intervalo de tempo predominante para a formação dos SCM que atingiram o RS em fevereiro de 2003 foi, em quase 70% dos casos, entre 12 e 24 UTC. Destes, aproximadamente metade tiveram duração inferior a 6 h, sugerindo que são pequenos, e aproximadamente metade tiveram duração de até 12 h. Este resultado, junto com o anterior, indica que os SCM que se formam sobre o Estado têm duração máxima de aproximadamente 12 h. Os que se formaram fora do RS geralmente tiveram duração maior e, portanto, foram maiores. Esta relação entre duração total do SCM com tamanho foi colocada em evidência por Machado *et al.* (1998). Os autores, ao avaliarem os SCM observados nas Américas no período 1987-1988 com imagens de satélite, encontraram uma relação quase linear entre a duração e tamanho dos SCM.

Torres (2003), ao analisar os sistemas convectivos que ocorreram no SAS, com imagens de satélite de outubro/1998 a abril/1999, verificou que o início de SCM muito precipitantes (no mínimo 120 mm diários em alguma estação de superfície) ocorreu preferencialmente nas primeiras horas da tarde (hora local). Como no mês de fevereiro de 2003 houve excesso de chuvas, é provável que os SCM que se formaram sobre o Estado, apesar de não muito grandes, tenham contribuído decididamente para as anomalias positivas de precipitação, como visto anteriormente. Na Figura 6b é apresentada a repartição do período de dissipação dos sistemas, onde nota-se que aproximadamente metade dos SCM se dissiparam no período entre 0 e 6 UTC, mas também é significativa a porcentagem de SCM que se dissiparam entre 18 e 24 UTC. Assim, neste mês, os SCM se dissiparam entre o período da tarde (a partir das 18 UTC, ou seja, 16HL, hora local) e início do dia seguinte (até 6 UTC) em aproximadamente 90% dos casos observados. Considerando o tempo de vida dos 113 SCM que atingiram o Estado em fevereiro/2003 (Figura 6c) nota-se que em mais de 50% dos casos, os SCM apresentaram duração inferior ou igual a 12 h, 24% dos SCM apresentaram duração inferior a 6 horas e 30% apresentou duração no intervalo de 6 a 12 h. Velasco & Fritsch (1987)

fizeram uso de imagens de satélite para identificar os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) na AS e identificaram que a duração média destes sistemas foi de 11,5 h. Sabe-se que, para serem considerados CCM, os SCM precisam satisfazer alguns critérios, inclusive o de área mínima, função do limiar de temperatura de brilho. Desta forma, considerando apenas o limite de temperatura adotado neste trabalho, a área dos SCM que se formaram sobre o Estado deve estar compreendida entre 50.000 e 100.000 km<sup>2</sup>. Machado *et al.* (1998), para SCM com limiar de temperatura de brilho de aproximadamente -28°C acharam que a área seria da ordem de 100.000 km<sup>2</sup> para SCM com duração do ciclo de vida de 12 h. No caso deste trabalho, a excentricidade dos SCM foi de aproximadamente 0,6 para todos os ciclos de vida, ou seja, os SCM daquele trabalho eram quase-circulares enquanto que Velasco & Fritsch (1987) analisaram somente os circulares. No presente trabalho, todos os SCM foram incluídos. Na Figura 6d, é apresentado o deslocamento predominante dos SCM que ocorreram em fevereiro de 2003. Este deslocamento foi determinado considerando as posições de início e de término do sistema. As posições intermediárias dos SCM não foram consideradas para fins de padronização desta avaliação, uma vez que não foi possível acompanhar todos os SCM ao longo de sua trajetória por falta de imagens. Os sistemas apresentaram deslocamento predominante para sudeste na maioria (42%). Os outros SCM apresentaram direções diferenciadas de deslocamento. Em comparação com os outros anos, o mês de fevereiro de 2003 foi o que apresentou a maior diversidade de direções de deslocamento.

Em fevereiro de 2004 foram identificados 20 SCM que atingiram o Estado do RS. Esta quantidade de sistemas é quase 6 vezes inferior à encontrada em 2003. Na figura 7A, pode-se verificar que 11 SCM se formaram na vizinhança do Estado do RS, dos quais 9 se formaram na Argentina, um no Uruguai e um no Estado de Santa Catarina. No RS se formaram 6 SCM, na metade leste do Estado. A dissipação dos SCM ocorreu com maior frequência no oeste do Estado. Pode-se verificar que os SCM observados no mês de fevereiro de 2004 (Figura 7b) se formaram no período entre 12 e 18 UTC, em 50% dos casos. De acordo com Velasco & Fritsch (1987) e Torres (2003), a maior parte da atividade convectiva na AS ocorre nos períodos da tarde e à noite (hora local). Em comparação a estes trabalhos, nos meses analisados

Influência dos Sistemas de Altas e Baixas Pressões e da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul no Desenvolvimento de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre o Rio Grande do Sul

Tais Pegoraro Scaglioni; Roseli Gueths Gomes & Julio Renato Quevedo Marques

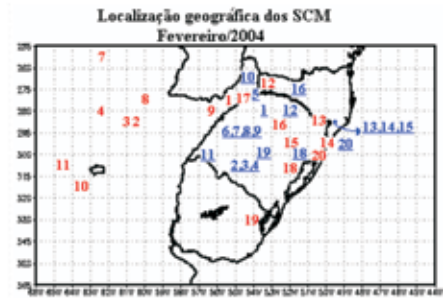
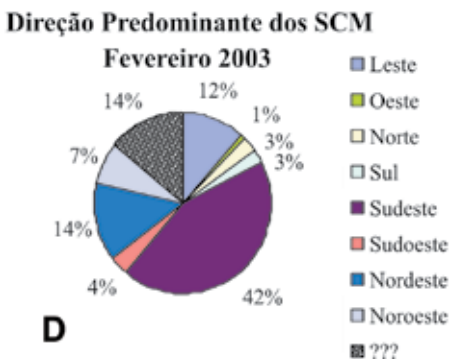
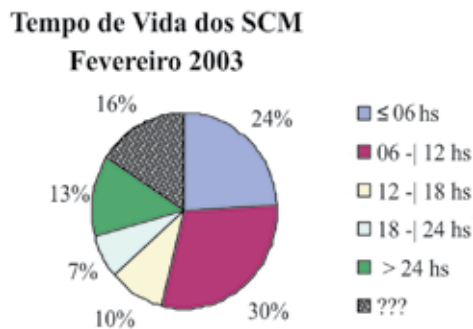
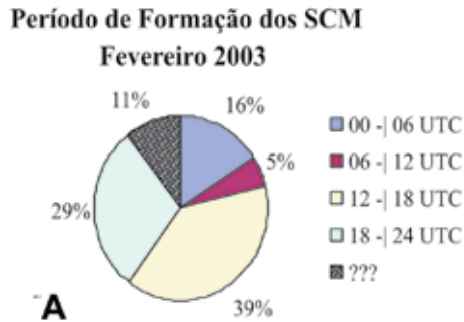


Figura 6 (A) Período de formação; (B) período de dissipação; (C) tempo de vida e (D) direção predominante dos SCM identificados em fevereiro de 2003.

Figura 7 (A) Localização geográfica da formação (em vermelho) e dissipação (em azul sublinhado) dos SCM; (B) período de formação; (C) período de dissipação; (D) tempo de vida e (E) direção predominante dos SCM, para fevereiro de 2004.

aqui, o início da convecção foi precoce, pois ocorreu preferencialmente pela manhã e tarde (hora local). Os horários preferenciais para a dissipação, observados na Figura 7C, estão compreendidos entre 12 e 24 UTC em 85% dos casos. Na Figura 7D, é mostrado o tempo de vida dos sistemas que ocorreram no mês de fevereiro de 2004, onde pode-se ver que os sistemas tiveram duração entre 6 e 12 h em 45% dos casos, como em fevereiro de 2003. Quanto à direção de deslocamento (Figura 7E) dos SCM, pode-se observar que existem duas direções predominantes: sudeste e nordeste. Estas duas direções aparecem com frequências muito próximas, 40% e 35%, respectivamente, contrariamente ao observado em fevereiro/2003, pois neste mês houve somente uma direção preferencial (sudeste, como visto anteriormente).

No mês de fevereiro de 2005, 17 SCM atingiram o RS, como mostra a Figura 8A. Nela, observa-se que cinco SCM se formaram e se dissiparam nas proximidades da Laguna dos Patos, 7 SCM se formaram distribuídos na metade norte do Estado, quatro na Argentina e um no Uruguai. A dissipação destes SCM ocorreu a leste de sua posição de formação. É interessante notar que, neste mês, cinco SCM se dissiparam no Oceano, em uma posição bem distante da respectiva posição de formação. Analogamente ao observado nos outros anos, em fevereiro/2005 os SCM se formaram predominantemente entre 12 e 18 UTC (em 41% dos casos). O intervalo de dissipação predominante foi de 18 às 24 UTC. Tendo em vista que aproximadamente 50% dos SCM tiveram duração inferior a 6 h, a maioria dos SCM devem ter se formado em algum momento intermediário dentro do intervalo 12-18 UTC e se dissipado, similarmente, em algum momento intermediário dentro do intervalo 18-24 UTC. Quanto ao deslocamento preferencial dos sistemas (Figura 8E), notam-se três direções marcantes: nordeste, sudeste e leste. Torres & Nicolini (2002) classificaram 27 SCM entre os meses de outubro a abril 1988/1993, utilizando imagens de satélite e verificaram três direções predominantes de deslocamento: leste, sudeste e nordeste. Os autores não deixam claro se no mês de fevereiro do período analisado existe uma predominância de direção de deslocamento. No presente trabalho foi encontrado que no mês mais chuvoso (fevereiro/2003), a direção sudeste se destaca.

#### 4 Conclusões

Neste trabalho foram apresentados os resultados encontrados no estudo realizado sobre circulações de grande escala que favoreceram ou que inibiram a formação de SCM no Sul da América do Sul no mês de fevereiro dos anos 2002 a 2005. As anomalias no campo de precipitação observado no Estado do RS mostraram que em fevereiro de 2003 houve excesso de precipitação enquanto que, nos outros meses, houve déficit de precipitação. Foi verificado que nos três meses de fevereiro em que houve estiagem no Estado, os centros de alta pressão no Oceano Atlântico sul estavam mais afastados da costa brasileira, em relação ao posicionamento verificado no mês chuvoso. Ainda, nos meses de seca foi verificada a existência de anomalias negativas de TSM próximo da costa SAS. Situação contrária foi encontrada no mês chuvoso (fevereiro de 2003) quando as anomalias de TSM no Oceano Atlântico sul foram positivas. Esta condição de grande escala favoreceu a formação de inúmeros SCM que atingiram o Estado em fevereiro de 2003 enquanto que, nos meses secos, a quantidade de SCM identificados foi desprezível, em comparação ao mês chuvoso.

A maioria dos SCM observados nos três meses de fevereiro se formou sobre o Estado, com tempo de vida predominante inferior a 6 h e entre 6 e 12 h. No mês chuvoso, esta formação ocorreu em todo o Estado, enquanto que nos meses secos a formação dos SCM ocorreu preferencialmente na sua metade leste, o que sugere ter sido a proximidade com o Oceano e a Laguna dos Patos um fator decisivo na formação dos SCM. Em fevereiro de 2004 os poucos SCM observados apresentaram, em metade dos casos, duração entre 6 e 12 h sendo, portanto, maiores que os SCM que se formaram no Estado em fevereiro de 2005, pois a duração predominante destes últimos foi inferior a 6 h. Isto explica também porque em fevereiro de 2005 a seca no Estado foi mais intensa do que em fevereiro de 2004. Por outro lado, em fevereiro de 2003 metade dos SCM observados apresentou tempo de vida repartida de forma similar entre um intervalo inferior a 6 h e entre 6 e 12 h. Poucos foram os casos com tempo

Influência dos Sistemas de Altas e Baixas Pressões e da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sul no Desenvolvimento de Sistemas Convectivos de Mesoescala sobre o Rio Grande do Sul

Tais Pegoraro Scaglioni; Roseli Gueths Gomes & Julio Renato Quevedo Marques

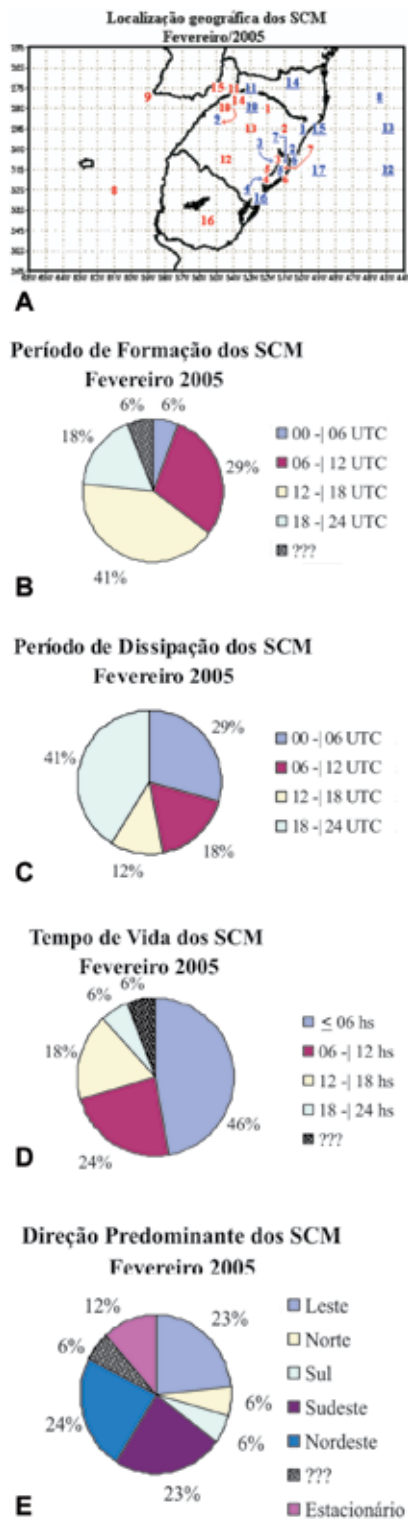


Figura 8 (A) Localização geográfica da formação (em vermelho) e dissipação (em azul sublinhado) dos SCM; (B) período de formação; (C) período de dissipação; (D) tempo de vida e (E) direção predominante dos SCM, para fevereiro de 2005.

de vida superior a 24 h (resultado da interação entre SCM diferentes) em fevereiro de 2003 e nenhum foi observado tanto em fevereiro de 2004 quanto de 2005. Infelizmente, não foi possível realizar esta avaliação para o mês de fevereiro de 2002 devido às falhas muito importantes nas seqüências das imagens de satélite. A dissipação dos SCM, a leste da posição de formação, indica a existência de uma componente de oeste na velocidade de deslocamento das tempestades, durante o período analisado.

## 5 Referências

- Atlas Socioeconômico Rio Grande do Sul. 2007. <http://www.scp.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=340>, acessado em 28/11/2007.
- Berbery, E.H. & Collini, E.A. 2000. Springtime Precipitation and Water Vapor Flux over Southeastern South America. *Monthly Weather Review*, 128: 1328-1346.
- Berlato, A.M. & Fontana, D.C. 2003. *El Niño e La Niña – Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul – Aplicações de previsões climáticas na Agricultura*. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 110p.
- Calbete, N.O. & Preste, A.C.A. 2004. Análise Climática na Região Sul do Brasil em janeiro, fevereiro e março de 2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, CD-ROM, Fortaleza-CE, SBMET.
- Chaves, R.R. & Ambrizzi, T. 2004. Influência da Temperatura do Oceano Atlântico Sul sobre o Clima de Inverno da América do Sul – Análise Preliminar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, CD-ROM, Fortaleza-CE, SBMET.
- Climanálise, 2005. [http://www.cptec.inpe.br/climanalise/0205/r\\_sul.html](http://www.cptec.inpe.br/climanalise/0205/r_sul.html), acessado em 20/02/2006.
- Díaz, A. & Acetuno, P. 2003. Atmospheric Circulation Anomalies during Episodes of Enhanced and Reduced Convective Cloudiness over Uruguay. *Journal of Climate*, 16: 3171-3185.
- Díaz, A.; Studzinski, C.D. & Mechoso, C.R. 1998. Relationships between Precipitation Anomalies in Uruguay and Southern Brazil and Sea Surface Temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. *Journal of Climate*, 11: 251-271.
- Doyle, M.E. & Barros, V.R. 2002. Midsummer Low-Level Circulation and Precipitation in Subtropical South America and Related Sea

- Surface Temperature Anomalies in the South Atlantic. *Journal of Climate*, 15: 3394 - 3410.
- Dudhia, J.; Gill, D.; Guo, Y.; Manning, K.; Michalakes, K. J.; Bourgeois, M. & Wing, W. 2000. *PSU/NCAR Mesoscale Modeling System-Tutorial Class Notes and User's Guide: MM5 Modeling System Version 3*. Mesoscale and Microscale Meteorology Division NCAR
- Fernandes, K.A. & Satyamurty, P. 1994. Cavados invertidos na região central da América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Belo Horizonte-MG, Anais II, SBMET. 8: 93-94. Gan, M.A. & Rao, V.B. 1991. Surface cyclogenesis over South America. *Monthly Weather Review*, 119 (5): 1293-1302.
- Grimm, A.M. & Tedeschi, R.G. 2004. Influência de eventos El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, CD-ROM, Fortaleza-CE, SBMET.
- Grimm, A.M.; Ferraz, S.E.T. & Gomes, J. 1998. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *Journal of Climate*, 11: 2863-2880.
- Grupelli, J.L. 2007. *Relação entre a precipitação pluvial na região Nordeste do Rio Grande do Sul e a Temperatura da Superfície do Mar dos Oceanos Atlântico e Pacífico*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas. Dissertação de Mestrado, 58 p.
- Infoclima, <http://www.cptec.inpe.br/infoclima>, acessado em 20/02/2006.
- Jirak, I. L.; Cotton, W.R. & McAnelly, R.L. 2003. Satellite and Radar Survey of Mesoscale Convective System Development. *Monthly Weather Review*, 131: 2428-2449.
- Liebmann, B.; Kladis, G.N.; Vera, C.; Saulo, A.C. & Carvalho, L.M.V. 2004. Subseasonal variations of rainfall in South America in the vicinity of the low-level jet east of the Andes and comparison to those in the South Atlantic convergence zone. *Journal of Climate*, 17: 3829-3842.
- Lima, K.C. 2005. *Descargas Elétricas Atmosféricas em Sistemas Convectivos de Mesoescala no Sul da América do Sul*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas. Dissertação de Mestrado, 125 p.
- Machado, L.A.T.; Rossow, W.B.; Guedes, R.L. & Walker, A.W. 1998. Life Cycle Variations of Mesoscale Convective Systems over the Americas. *Monthly Weather Review*. 126: 1630-1654.
- Paegle, J.N. & Mo, K. 1997. Alternating Wet and Conditions over South America during Summer. *Monthly Weather Review*, 125 (2): 279-291.
- Quadro, M. F. L.; Machado, L. H. R.; Calbete, S.; Batista, N. N. M. & Sampaio, G. 1996. Climatologia e Precipitação e Temperatura no período de 1986 a 1996. *Climanálise - Edição Comemorativa de 10 anos*, CPTEC/INPE.
- Salio P.; Nicolini, M. & Zipser, E. 2007. Mesoscale Convective Systems over Southwestern South America and Their Relationship with the South American Low-Level Jet. *Monthly Weather Review*, 135: 1290-1309.
- Salio, P. E & Nicolini, M. 2005. Ciclo Diário de la Convección asociado a diferentes condiciones de corriente em chorro em capas bajas. In: CONGRESO ARGENTINO DE METEOROLOGIA, 9, CD-ROM, Buenos Aires.
- Saulo, A.C.; Nicolini, M. & Chou, S.C. 2000. Model characterization of the South American low-level flow during the 1997-1998 spring-summer season. *Climate Dyn*, 16: 867-881.
- Saulo, C.; Ruiz, J. & Skabar, Y.G. 2007. Synergism between the Low-Level Jet and Organized Convection at Its Exit Region. *Monthly Weather Review*, 135:1310-1326.
- Scaglioni, T.P. & Saraiva, J.M.B. 2004. Climatologia dos Sistemas Precipitantes para o Período de Fevereiro a Dezembro de 2003, no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, CD-ROM, Fortaleza-CE, SBMET.
- Silva, I. R. 2001. *Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região sul do Brasil associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Dissertação de Mestrado, 98p.
- Torres J.C. & Nicolini, M. 2002. A composite of Mesoscale Convective Systems over southern South America and its relationship to low-level jet events. In: CONFERENCE ON SOUTH AMERICAN LOW-LEVEL JET, CD-ROM, Santa Cruz de la Serra.
- Torres, J. C. 2003. *Sistemas Convectivos em Mesoescala Altamente Precipitantes em el Norte y Centro de Argentina*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales-Universidad de Buenos Aires, Tese de Doutorado, 132p.
- Velasco, I. & Fritsch, J. M. 1987. Mesoscale Convective Complexes in the Americas. *Journal of Geophysical Research*, 92: 9591-9613.