



**Chuvas Intensas em Santa Catarina: Análise Sinótica de um  
Evento Extremo e Simulação Numérica com o Modelo Atmosférico WRF**  
Heavy Rain in Santa Catarina: Synoptic Analysis of an  
Extreme Event and Numerical Simulation Using WRF Model

Vinícius Albuquerque de Almeida & Edilson Marton

*Universidade Federal do Rio de Janeiro, IGEO/CCMN, Departamento de Meteorologia,  
Av. Athos da Silveira Ramos, 274, 21910-200, Rio de Janeiro/RJ  
E-mails: [vinciusaalmeida@gmail.com](mailto:vinciusaalmeida@gmail.com); [edilson.marton@ufrj.br](mailto:edilson.marton@ufrj.br)  
Recebido em: 08/08/2014      Aprovado em: 12/12/2014  
DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2014\\_2\\_169\\_179](http://dx.doi.org/10.11137/2014_2_169_179)*

### Resumo

O evento de chuvas intensas ocorrido no mês de novembro de 2008 no Estado de Santa Catarina é discutido no presente estudo. Devido à importância do evento para o Estado, os objetivos do estudo são: i) fazer uma análise sinótica do evento, utilizando-se dados da reanálise do Era Interim e ii) executar simulação com o modelo *Weather and Research Forecast* (WRF). A análise sinótica indica que o fenômeno de chuvas intensas analisado esteve associado à persistência de um anticiclone de bloqueio e a existência de um vórtice ciclônico em níveis médios. O acompanhamento temporal de campos de variáveis meteorológicas permitiu identificar o momento de origem e declínio dessas perturbações atmosféricas, culminando em elevados acumulados de precipitação entre os dias 22 e 24 de novembro. A simulação com o WRF permitiu maior detalhamento das condições dinâmicas e termodinâmicas que contribuíram para a intensidade do fenômeno. Além disso, a simulação permitiu um maior detalhamento dos núcleos de precipitação sobre o litoral de Santa Catarina, mesmo que a intensidade da precipitação tenha sido subestimada.

**Palavras-chave:** bloqueio; vórtice ciclônico; intrassazonal

### Abstract

The extreme rainfall event in November 2008 in Santa Catarina is discussed in the present study. Due to the importance of the event, the objectives of this study are: i) discuss the large scale aspects of the rainfall event and ii) perform a numerical simulation using WRF Model. Synoptic analysis results show that the heavy rainfall event was associated to the persistence of a blocking high during November 2008 and a cyclonic vortex in middle-levels. The analysis of time series of meteorological variables led us to identify the origin of these atmospheric disturbances and its decay, resulting in high accumulated precipitation between November 22nd and 24th. The WRF simulation results allowed the detailing of dynamical and thermodynamic conditions that contributed to the intensity of the phenomenon. Further, it allowed the identification of the organized precipitation over the coast, even though their intensity was underestimated.

**Keywords:** blocking; cyclonic vortex; intraseasonal

## 1 Introdução

O Estado de Santa Catarina, localizado na região Sul do Brasil, encontra-se em uma faixa latitudinal entre os trópicos e as latitudes médias, caracterizando-se por uma região de transição entre sistemas atmosféricos típicos dos trópicos e dos extratropicais e respectivos impactos nos regimes de precipitação e temperatura. A distribuição irregular do relevo fornece uma considerável contribuição para a distribuição espacial de precipitação nesta região.

Segundo o relatório do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres / Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED, 2009), a porção do Estado onde está situada a região da Serra Geral possui picos com altitudes superiores a 1.500 m, de forma que o posicionamento dessas regiões de grande altitude, orientadas paralelamente à costa, atua como uma forma de "paredão", concentrando a precipitação na região litorânea. Esta região é frequentemente afetada por eventos de chuvas intensas, causados por diversos sistemas meteorológicos, e normalmente estão associados a prejuízos nos mais variados setores da economia e sociedade.

Entre os eventos extremos de precipitação que podem ser encontrados nos registros históricos da Defesa Civil, o desastre de 2008 teve grande repercussão por ter sido considerado o pior da história do Estado. Segundo o relatório do CEPED (2009), até o dia 02/04/2009 estavam confirmadas 135 perdas humanas, sendo que 97% dos casos fatais foram provocados por soterramento e 2 pessoas desaparecidas. Entre os municípios do estado, 99 decretaram situação de emergência e 14 decretaram estado de calamidade pública. Segundo Silva Dias (2009), a chuva intensa deste evento foi causada pelo estabelecimento de um bloqueio atmosférico no Oceano Atlântico que atuou durante grande parte do mês de novembro do ano de 2008. De acordo com estudos anteriores (p. ex. Silva Dias, 2009; CEPED, 2009), a chuva intensa deste evento é decorrente do estabelecimento de um bloqueio atmosférico no Oceano Atlântico que atuou durante grande parte do mês de novembro de 2008 e que esteve acompanhado por um vórtice ciclônico de ar superior no período de precipitação mais intensa, entre os dias 22 e 24 de novembro de 2008. A combinação desses dois sistemas meteorológicos, juntamente com a chuva precedente desde o começo do mês de novembro, mais a elevação do nível do mar (aspecto desfavorável ao escoamento da água dos rios para o

oceano), são os principais fatores que configuraram o evento chuvoso e consequentes escorregamentos de encostas e enchentes na faixa litorânea do estado de Santa Catarina naquele período.

Alguns estudos têm destacado a natureza dos eventos de bloqueios que afetam a América do Sul. Berbery & Núñez (1989) estudou a contribuição da forçante orográfica na formação de bloqueios na América do Sul, concluindo que estes podem ocorrer a partir da intensificação de anticiclones originados no Oceano Atlântico ou pela intensificação e manutenção de cristas a partir do Oceano Pacífico. Figueroa *et al.* (2010) destacam a importância de se estudar a presença de bloqueios, pois estes podem permanecer por vários dias ocasionando ondas de frio/calor e períodos de estiagens, afetando significativamente as condições de tempo nas regiões de influência. Oliveira (2011) destaca as diferentes características pelas quais os bloqueios podem se apresentar, seja induzindo a formação de uma baixa despreendida (bloqueio do tipo dipolo) ou duas baixas (bloqueio do tipo ômega), ambos provocando condições meteorológicas diferenciadas nas regiões de atuação.

Outros estudos ao redor do mundo enfatizam a importância da topografia na distribuição espacial da precipitação (o chamado efeito orográfico), principalmente em regiões litorâneas. Zafey (1995) fez um estudo no qual analisou a sensibilidade dos resultados da simulação numérica de eventos de precipitação na região da Nova Zelândia de acordo com a representação da topografia e a resolução horizontal do modelo. Os resultados do estudo mostram a forte influência da topografia nos acumulados de precipitação e que o refinamento da grade do modelo de 30 km para 15 km, embora aumente os valores acumulados de precipitação, não melhoram significativamente os resultados das médias do acumulado para a área de estudo. Hughes *et al.* (2009) estudaram o efeito da topografia no clima regional do sudeste da Califórnia, onde concluem que o bloqueio orográfico que afeta a distribuição e acumulados de precipitação daquela região pode afetar a distribuição climatológica da precipitação em outras regiões com uma configuração litorânea similar.

Em relação a vórtices ciclônicos de ar frio em latitudes médias, Ramírez *et al.* (2000) estudou a sua formação e deslocamento. Segundo o autor, os vórtices originam-se no oceano Pacífico Sudeste e cruzam a Cordilheira dos Andes traçando uma rota deslocando-se sobre Argentina, Paraguai e

sul do Brasil. Severo *et al.* (2010) descrevem uma climatologia para estes vórtices que se formaram na vizinhança da América do Sul no período de 1979 a 2008, destacando um aumento na ocorrência desses sistemas na última década do período analisado. Além disso, os resultados da climatologia apontam para uma trajetória preferencial dos vórtices oriundos do oceano Pacífico semelhante à trajetória descrita por Ramírez *et al.* (2000).

Ao longo das últimas décadas, diversos estudos, com auxílio de simulações numéricas, têm sido publicados com objetivo de quantificar as contribuições dos diversos fatores que influenciam a frequência e intensidade de ocorrência de distúrbios atmosféricos significativos. Em seguida, são destacados alguns trabalhos publicados, nos quais o modelo *Weather Research and Forecast* (WRF) foi utilizado em eventos com característica meteorológica intensa. Etherton e Santos (2008) realizaram testes de sensibilidade utilizando o modelo WRF com diferentes fontes de condições iniciais com objetivo de avaliar o impacto dessas condições na sua capacidade de previsão de quantitativos de precipitação para o sul do Estado da Flórida, bem como outros parâmetros de superfície. Macedo *et al.* (2011) utilizaram este modelo para simular um evento de fortes ventos e com precipitação intensa no Rio Grande do Sul e tiveram bons resultados na representação do comportamento do campo de vento em relação à entrada de uma frente fria no estado. Padilha (2011) avaliou este modelo para previsão de tempo para o estado do Rio de Janeiro através da simulação de eventos de chuvas intensas, concluindo que o modelo representou adequadamente a aproximação do sistema frontal estudado, mas apresentou valores subestimados para os quantitativos de precipitação. Chotamonsak *et al.* (2012) utilizou o WRF para simulações para a região da Tailândia, com foco na precipitação simulada, aplicando vários esquemas de parametrização de convecção disponíveis para o modelo e com grades aninhadas de 60 km e 20 km. Hackerott (2013) simulou o campo de vento na região da Baía de Guanabara com objetivo de expandir a análise do escoamento próximo à superfície, fazendo comparações com dados observacionais disponíveis.

Tendo como ponto de partida um conjunto de variáveis atmosféricas da reanálise do ECMWF, o objetivo do presente estudo é fazer uma análise sinótica envolvendo o evento de precipitação intensa em Santa Catarina e buscar um detalhamento do episódio por meio de simulação numérica com o modelo atmosférico WRF. Cabe ressaltar que a

análise sinótica desse evento tem como proposta dar mais detalhes sobre o momento de origem e de declínio das perturbações atmosféricas que caracterizaram o anticiclone de bloqueio e o vórtice em níveis médios, os quais são apontados na literatura como elementos fundamentais para os elevados acumulados de precipitação registrados no final daquele mês. Da mesma forma, a simulação numérica procurará fornecer melhor representação espacial do vórtice ciclônico, tendo em vista a maior resolução espacial da grade do modelo em relação aos campos da reanálise, e respectiva distribuição horizontal da precipitação.

## 2 Material e Método

Para a análise sinótica do evento foi considerado o período de 19 a 24 de novembro de 2008 e gerados campos compostos horizontais e seções temporais utilizando reanálise do ECMWF, denominada ERA-Interim (Dee *et al.*, 2011). As variáveis atmosféricas dessa reanálise são disponibilizadas em grade horizontal regular de 1,5 x 1,5 graus de latitude-longitude, em 37 níveis verticais ao longo de toda a coluna atmosférica.

Simulações numéricas foram realizadas utilizando-se o modelo WRF com três domínios aninhados (Figura 1), com o domínio maior cobrindo o centro-sul da América do Sul e a porção sudoeste do Oceano Atlântico com resolução horizontal de 90 km, o domínio intermediário com resolução de 30 km e um domínio mais refinado com 10 km de resolução cobrindo predominantemente os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. O domínio maior tem como propósito a representação das perturbações atmosféricas de escala sinótica e os domínios menores, com maior resolução horizontal, são responsáveis pela representação das perturbações de mesoescala. Nota-se, pelo campo de topografia apresentado na Figura 1, que a grade mais refinada da simulação permite detalhar o relevo com altitudes superiores a 1400 metros na costa do estado de Santa Catarina. Evidentemente, um refinamento da resolução das grades poderia trazer melhores resultados em relação a representação do escoamento e sua interação com a topografia. Contudo, a análise detalhada do papel da topografia no evento em questão não é o foco do presente trabalho, e sim as características da circulação atmosférica do vórtice ciclônico em níveis médios e sua interação com o ambiente sinótico no qual estava embebido.

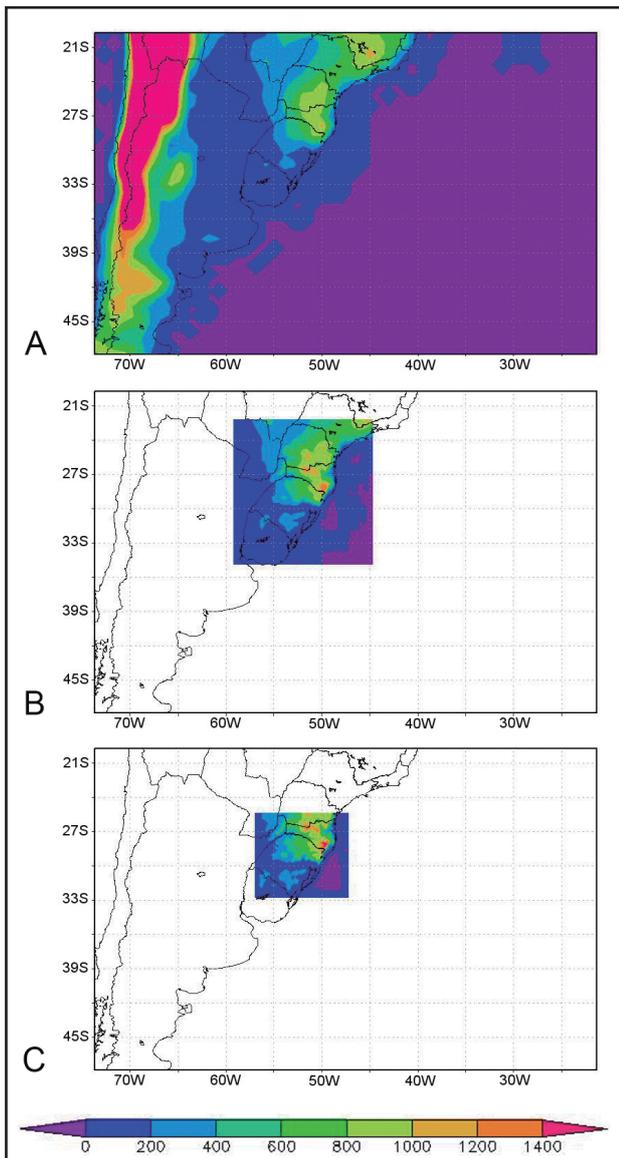


Figura 1 Campo de topografia para os três domínios aninhados utilizados. A resolução horizontal é de (A) 90km; (B) 30km e (C) 10km.

As condições iniciais e de contorno utilizadas para o domínio maior são provenientes da *Final Operational Global Analysis* (FNL), geradas operacionalmente a partir do modelo *Global Forecast System* (GFS), com resolução temporal de 6h e distribuição horizontal das variáveis com espaçamento de 1,0 x 1,0 grau de latitude-longitude. O modelo WRF foi inicializado em 19 de novembro de 2008 às 00Z e integrado até 24 de novembro de 2008 às 00Z, totalizando 120 horas (5 dias) de simulação. Em relação à física do modelo, foram utilizadas as seguintes opções: para microfísica de nuvens a opção *WSM 3-class simple ice scheme*; radiação de onda longa a opção *RRTM scheme*;

radiação de onda curta a opção *Dudhia scheme*; camada limite superficial a opção *Monin-Obukhov scheme*; solo-superfície a opção *Noah land-surface model*; camada limite a opção *YSU scheme* e para a parametrização de *cumulus* a opção *Kain-Fritsch (new Eta) scheme*.

### 3 Resultados

#### 3.1 Análise Sinótica a partir da reanálise ECMWF/ERA-Interim

A Figura 2 apresenta o campo de pressão ao nível médio do mar, destacando a evolução temporal de um centro de alta pressão quase estacionário no Oceano Atlântico, realçado com contorno azul pela isóbara de 1024 hPa. Esse sistema de alta pressão tem sua origem por volta do dia 17 na Argentina a partir da incursão de outra perturbação de alta pressão oriunda do oceano Pacífico, porém seu período mais ativo é aqui retratado entre os dias 19 a 24 de novembro, sendo o dia 22 marcado pela maior intensidade e expansão desse sistema. Essa organização de alta pressão no Atlântico Sul faz parte de uma situação de bloqueio bem configurada no escoamento em 500 hPa (Silva Dias, 2009), descrita a seguir.

A Figura 3 apresenta a evolução temporal do campo de vorticidade e linha de corrente em 500 hPa no período analisado. A deformação no campo de escoamento que deu origem ao vórtice ciclônico (destacado pelo círculo vermelho) é perceptível desde o dia 19 no centro-sul da Argentina, apresentando vorticidade mais intensa nos dias 21 e 22 na Região Sul do Brasil. Uma circulação anticiclônica mais ao sul pode ser acompanhada neste mesmo período, formando um centro anticiclônico fechado a partir do dia 22 (círculo azul destacado na figura). Neste mesmo dia, uma estrutura de dipolo é estabelecida, característica de padrão de bloqueio em níveis médios da atmosfera, coincidindo com os máximos de precipitação entre os dias 22-23 do evento chuvoso em Santa Catarina (Silva Dias, 2009). Esse último aspecto sugere que o vórtice ciclônico em 500 hPa tenha sido decisivo para os elevados acumulados de precipitação entre os dias 22 e 23, alcançando o registro de 283,1 mm em 24 horas em Blumenau (Silva Dias, 2009). A seção temporal de temperatura e altura geopotencial na latitude de 27°S (sobre Santa Catarina) destaca um núcleo frio em 50-55°W no dia 21 nas proximidades do vórtice ciclônico e outra região mais extensa de baixos valores de temperatura em torno de 40W associada a um cavado transiente de latitudes médias

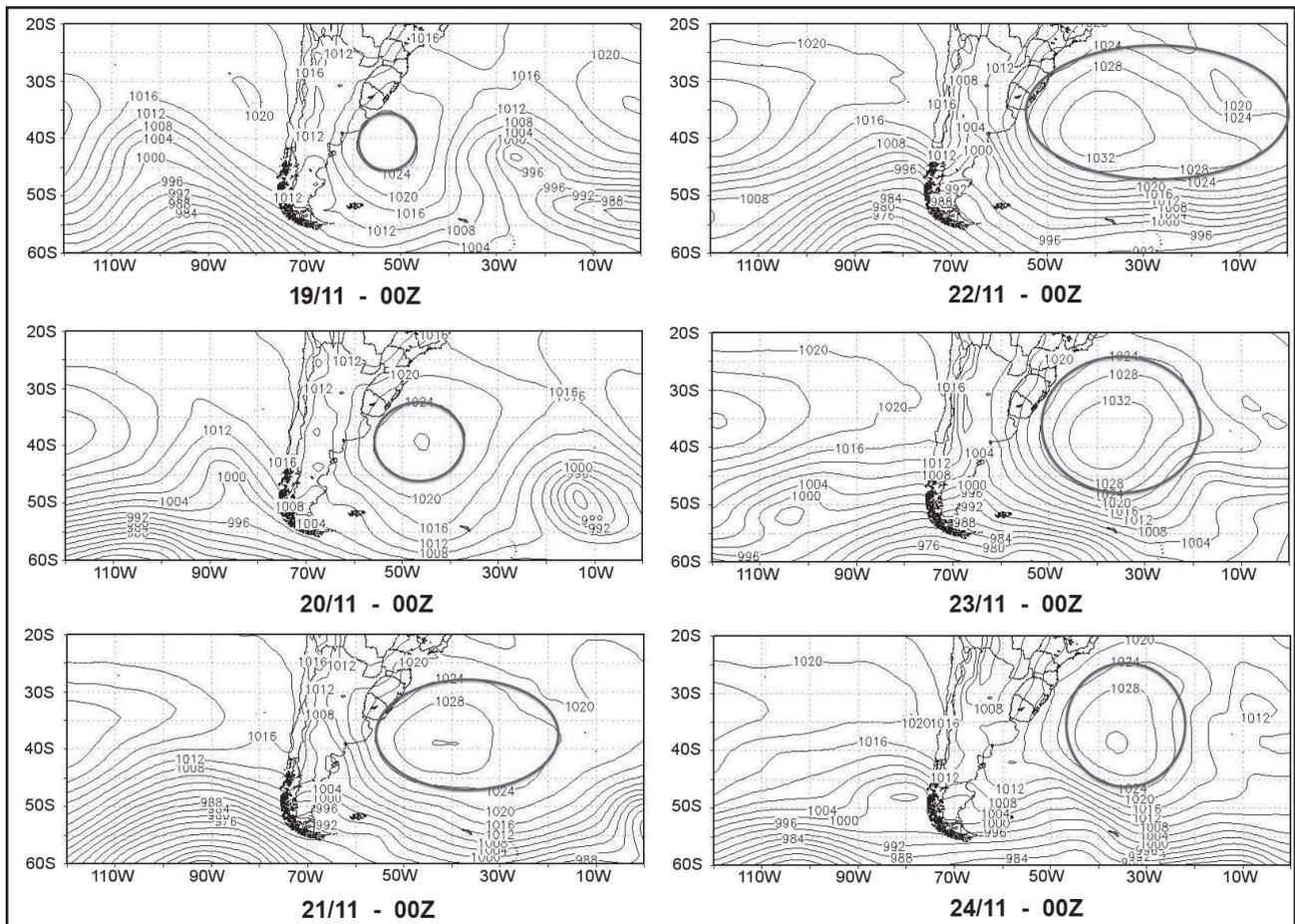


Figura 2 Pressão reduzida ao nível médio do mar, a partir da reanálise Era Interim do ECMWF. Campos diários no horário das 00Z no período de 19 e 24 de novembro de 2008. O contorno azul destaca a isóbara de 1024 hPa, referente ao anticiclone de bloqueio.

(Figura 4). Essa configuração em níveis médios da atmosfera nas variáveis assinaladas caracteriza uma situação termodinâmica compatível com a estrutura dinâmica de vórtices ciclônicos nesse nível vertical. A partir do dia 22 a elevação da temperatura e o aumento da altura geopotencial indicam o enfraquecimento do vórtice ciclônico, como indicado nos campos de linha de corrente e vorticidade em 500 hPa (Figura 3).

Uma análise do escoamento em altos níveis (300 hPa – figura não apresentada) revela que uma circulação anticiclônica fechada ainda é observada nos dias 22-24 no local de atuação do bloqueio, evidenciando forte conexão vertical desde a superfície até altos níveis para esse sistema. Por outro lado, o vórtice ciclônico dá lugar a um cavado de fraca amplitude, orientado zonalmente e quase imperceptível na medida em que se aproxima o dia 24. Sousa (2013) fez um estudo sobre a ocorrência do referido padrão de bloqueio e chegou a conclusão de que esse sistema possui uma marcante componente intrassazonal que se desenvolve

por meio da propagação de um trem de ondas de Rossby desde o Oceano Pacífico até o Atlântico Sudoeste, estimulado pela atividade convectiva no Pacífico equatorial.

O padrão do escoamento em baixos níveis, decorrente da alta pressão em superfície na região do bloqueio atmosférico, indica a presença de ventos de componente leste trazendo umidade do oceano para o continente, incluindo o litoral catarinense. A Figura 5 apresenta o campo do vetor fluxo de umidade verticalmente integrado na camada 1000-300 hPa referente ao dia 22, momento em que foram registrados os maiores acumulados de precipitação em Santa Catarina. Destaca-se os elevados valores desse fluxo ao longo da costa leste da Região Sul, confirmando o transporte de umidade vindo do oceano. É notável o giro anticiclônico do vetor fluxo, centrado em 40°S e 40°W, coincidindo com o centro do anticiclone de bloqueio desde a superfície até a média troposfera, destacado anteriormente nas Figuras 2 e 3.

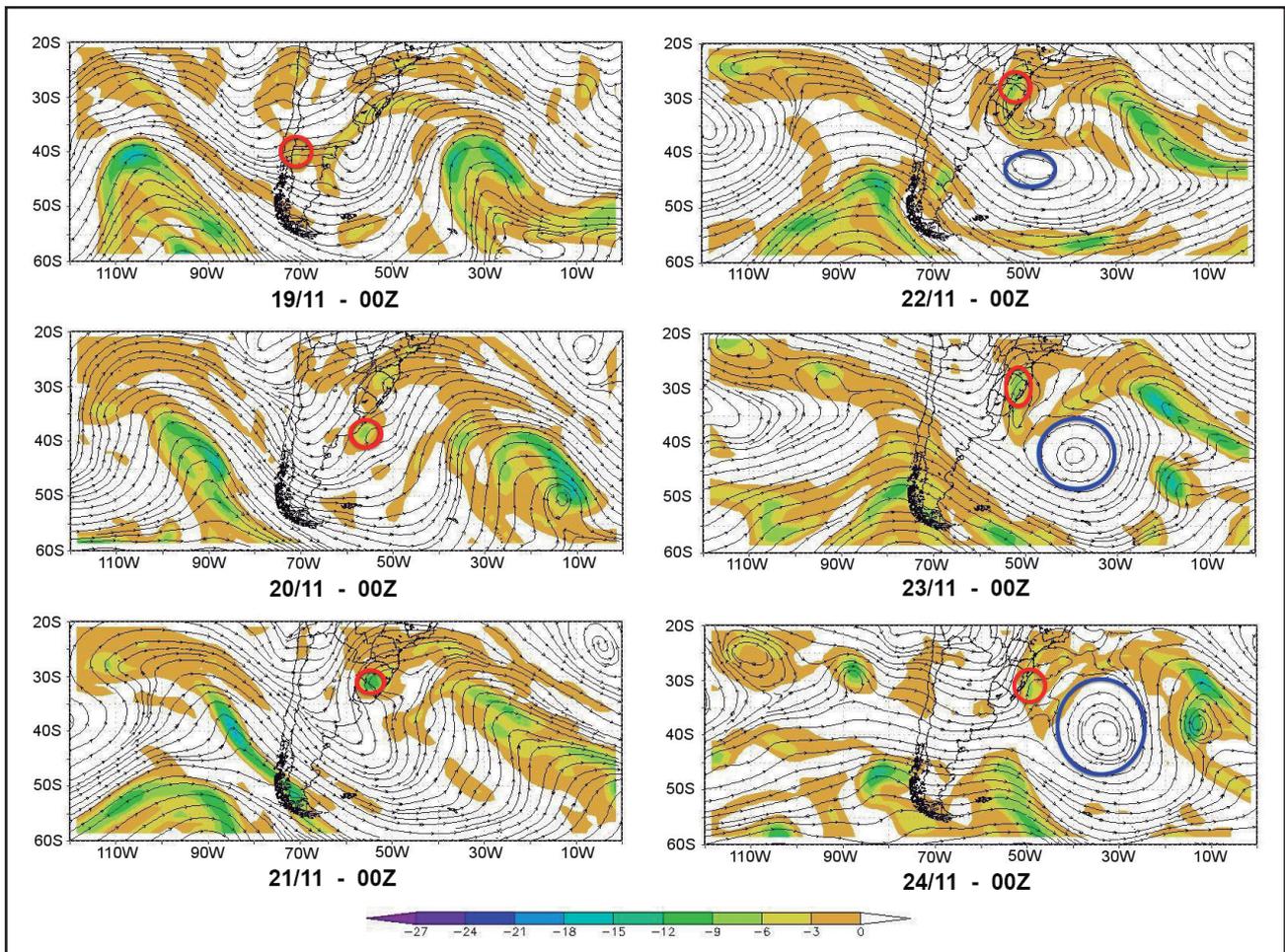


Figura 3 Linha de corrente e vorticidade (sombreado colorido) em 500 hPa, a partir da reanálise Era Interim do ECMWF. Campos diários no horário das 00Z no período de 19 a 24 de novembro de 2008.

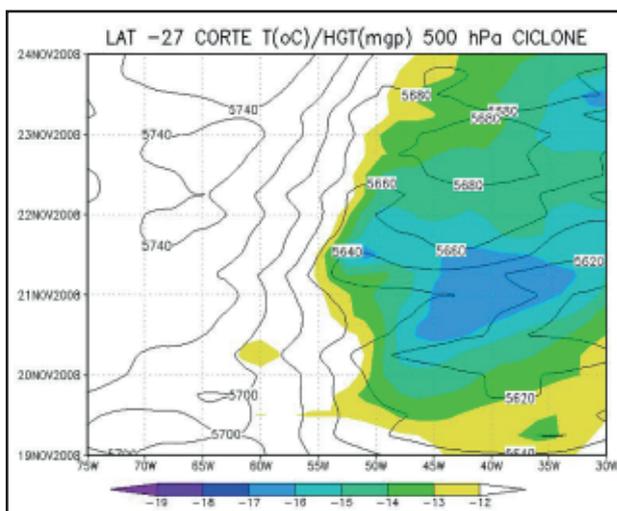


Figura 4 Seção temporal de temperatura (em °C, sombreado colorido) e altura geopotencial (m) na latitude de 27°S (sobre Santa Catarina) para o nível de 500 hPa, a partir da reanálise Era Interim do ECMWF.

A Figura 6 destaca a evolução temporal da intensidade fluxo de umidade verticalmente integrado na camada entre 1000-300 hPa no período 20-24 de novembro, para um ponto de grade próximo a região do Vale do Itajaí. A análise dessa figura em conjunto com a Figura 5 confirma que o valor máximo do fluxo de umidade na região, evidenciado no dia 22, coincide com o período dos maiores acumulados de precipitação, indicando grande disponibilidade de umidade proveniente do oceano no ápice do evento chuvoso. Ressalta-se que a localização desta região, a leste de relevos com altitudes superiores a 1400 m, certamente contribuiu para a concentração e intensificação da precipitação (efeito orográfico). Como descrito no estudo de Buzzi *et al.* (1998), onde foi analisado o efeito orográfico de um evento de precipitação intensa na região de Piedmont (noroeste da Itália), o papel da orografia é crucial na determinação da distribuição e quantificação da precipitação.



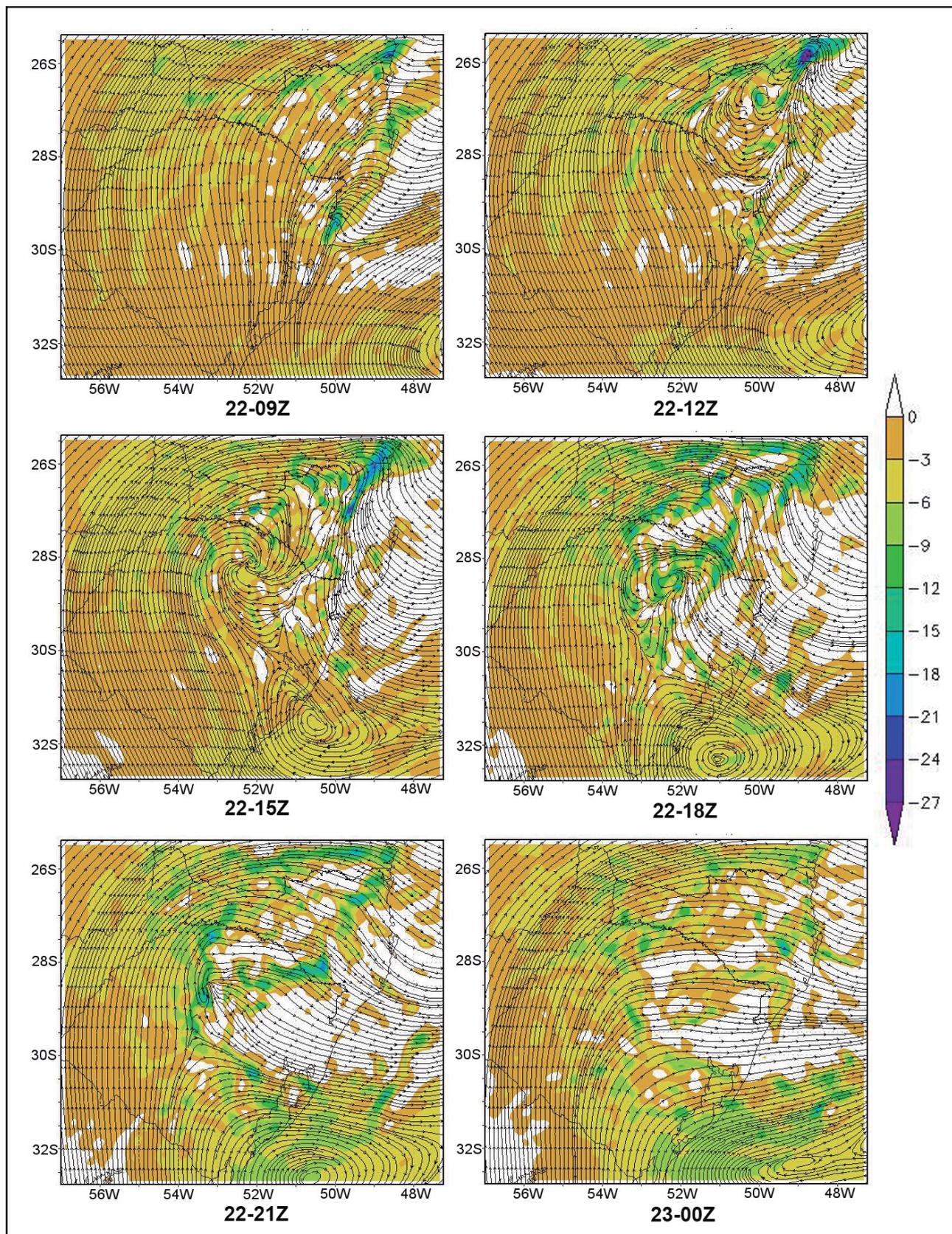


Figura 7 Linha de corrente e vorticidade (sombreado colorido) em 500 hPa referente ao segundo domínio (resolução de 30 km), simulado pelo WRF no dia 22/11/2008. Os campos são apresentados a cada 3 horas a partir de 09Z.

espacial desse campo é similar ao das imagens de radar do Morro da Igreja/SC para o produto CAPPI a 5500 metros da superfície. Por questão de simplificação, aqui é apresentado somente a Figura 8 referente ao horário de 15Z do dia 22, comparando a imagem do radar com o acumulado de 3 horas de precipitação para simulação na grade 3, que é a grade de melhor resolução espacial (10 km entre pontos de grade). O resultado da simulação evidencia precipitação ao longo da linha de costa, principalmente em Santa Catarina, concordando com a imagem do radar. No decorrer do dia 22 (figuras não mostradas), momento em que ocorre grande parte da precipitação do evento, é possível constatar grande concordância entre a distribuição espacial da precipitação simulada e as imagens do radar, além de caracterizar o aumento observado da precipitação entre os horários 12-18Z e diminuição no horário seguinte. No acumulado de 24 horas entre 12Z do dia 22 e 12Z do dia 23, percebe-se claramente a concentração da precipitação no leste do estado, coerente com as observações das estações de superfície do INMET, CIRAM e INPE (Figura 9). Apesar da boa representação espacial da precipitação, a simulação com o WRF subestimou a sua quantidade.

Com objetivo de analisar o impacto da resolução horizontal das grades do modelo, fez-se uma comparação dos acumulados de precipitação do período entre 12Z do dia 22 e 12Z do dia 23 (figuras não apresentadas), para a grade 2 (30 km) e grade 3 (10 km) da simulação. Constatou-se que a grade menos refinada também representou a localização

do máximo de precipitação na região nordeste do Estado de Santa Catarina; contudo, não foi capaz de reproduzir adequadamente a distribuição dos acumulados de precipitação ao longo da costa, como evidenciado no campo horizontal de dados observados (Figura 9). De acordo com Zatfey (1995), o refinamento da resolução da grade possibilita melhor representação dos acumulados de precipitação, bem como a identificação de picos secundários ao longo de toda a costa.

A questão da adequada representação dos acumulados de precipitação, entretanto, é uma dificuldade recorrente dos modelos numéricos de previsão (Haas *et al.*, 2011; Silva Dias, 2009), indicando que além da necessidade de um refinamento da resolução espacial, também é preciso investir no contínuo aperfeiçoamento dos processos físicos descritos por esses modelos e na melhoria nas suas condições iniciais e de contorno.

#### 4 Conclusões

O presente estudo procurou discutir alguns aspectos da dinâmica atmosférica associados ao evento de precipitação intensa que atingiu Santa Catarina no final do mês de novembro de 2008. De acordo com a literatura especializada, esse evento teve consequências catastróficas, em especial para o Vale do Itajaí, em decorrência dos inúmeros deslizamentos de terra e recordes históricos de precipitação acumulada diária e/ou mensal. Ainda de acordo com a literatura especializada, a intensa

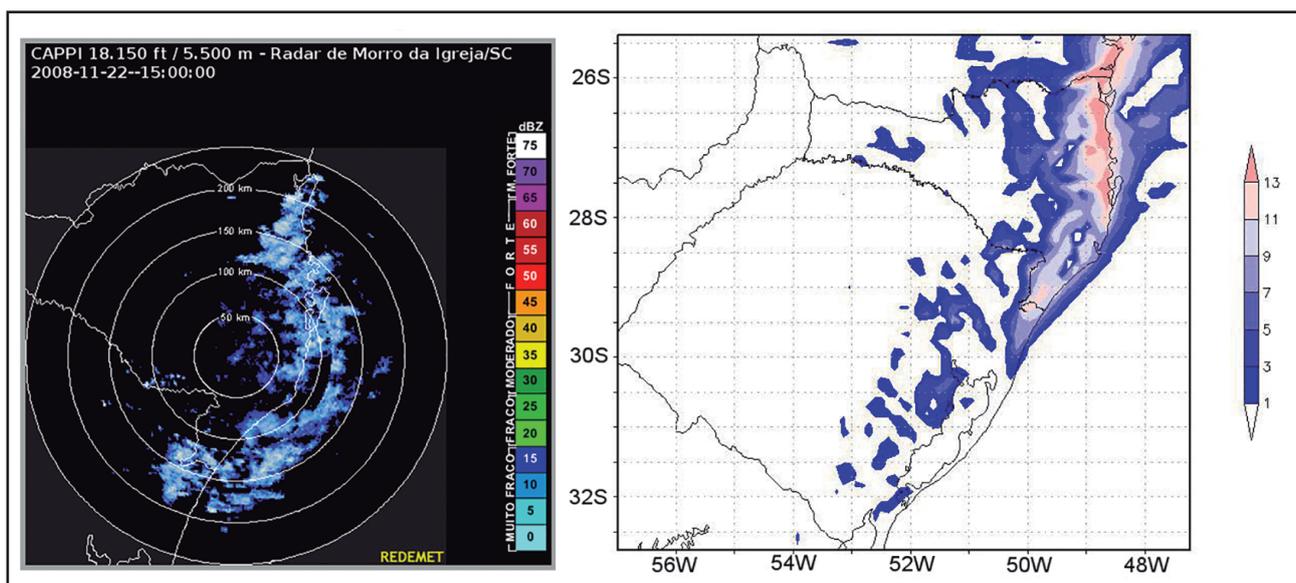


Figura 8 Campo de CAPPI a 5500 metros do radar do Morro da Igreja/SC (esquerda). Precipitação total acumulada em 3 horas referente ao horário das 15Z do dia 22, simulada pelo WRF (direita). A escala do CAPPI é dada em dBz e a precipitação em mm.

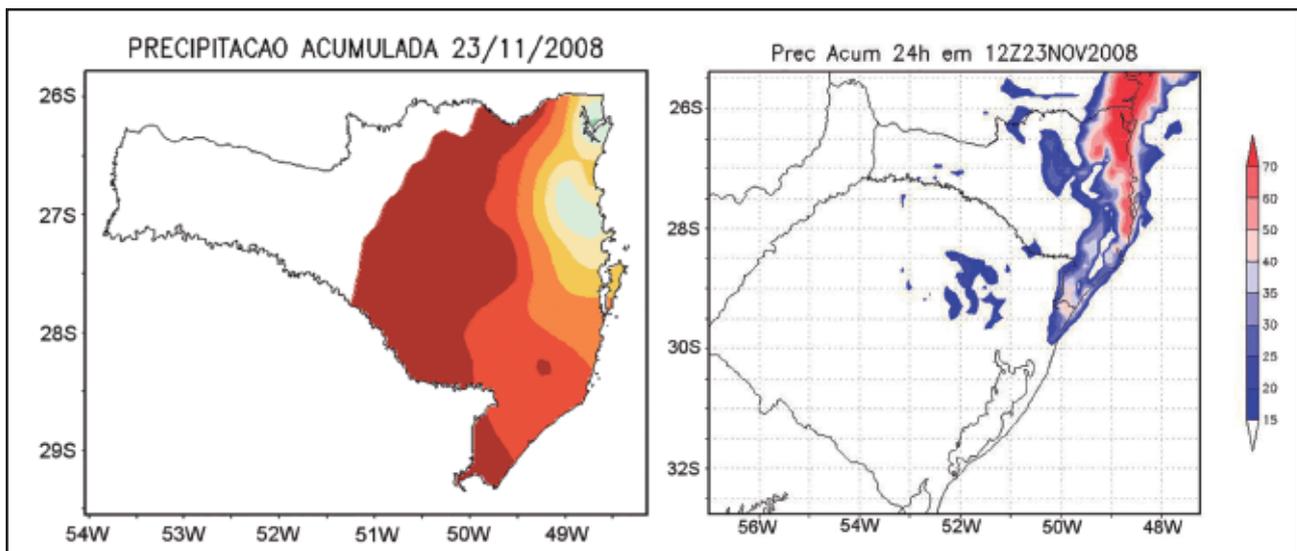


Figura 9 Precipitação acumulada (mm) entre 12Z do dia 22 e 12Z do dia 23 de novembro de 2008. À esquerda são os dados de estações de superfície do INMET, CIRAM e INPE e à direita é a precipitação total do WRF, referente ao domínio de maior resolução horizontal (10 km de resolução).

precipitação ocorreu como resposta atmosférica à combinação de diversos fatores, destacando os seguintes: estabelecimento de um bloqueio atmosférico no Atlântico Sudoeste, seguido da atuação de vórtice ciclônico na média troposfera e a influência da barreira topográfica no continente. Os estudos também apontam para uma possível relação desse intenso evento de precipitação com a temperatura da superfície do mar, a qual apresentou anomalias positivas no Atlântico Sudoeste em grande parte do ano de 2008.

As análises sinóticas realizadas no presente trabalho utilizaram variáveis de reanálise para fazer um acompanhamento espaço-temporal da origem e declínio do bloqueio que se estabeleceu no Atlântico Sudoeste, bem como do vórtice ciclônico na média troposfera. Esse acompanhamento permitiu verificar a forte conexão vertical (superfície, média e alta troposfera) existente no sistema de bloqueio estudado e o desenvolvimento do vórtice ciclônico em níveis médios, indicando o momento em que os elementos estruturais dos sistemas começaram a se estabelecer e suas alterações durante a fase de maior intensidade de precipitação do evento (em torno dos dias 22 e 23). Essas análises confirmam que a precipitação mais intensa acontece de forma simultânea ao surgimento do vórtice ciclônico em 500 hPa e posterior formação de um padrão dipolo com a correspondente circulação anticiclônica de bloqueio. Além disso, o presente trabalho destaca não somente a ocorrência simultânea dessas perturbações

atmosféricas, mas aponta para o vórtice ciclônico em níveis médios como o elemento imprescindível no ápice da precipitação nos dias 22-23.

A simulação realizada com o modelo WRF permitiu acessar detalhes do escoamento que a reanálise não foi capaz de reproduzir. Destaca-se que o vórtice ciclônico atuante na Região Sul em determinados momentos se apresentou com dois núcleos, ou seja, dois vórtices ciclônicos ao invés de um único núcleo. Esse aspecto foi verificado no dia 22, no decorrer dos maiores acumulados de precipitação do evento. A distribuição espacial da precipitação na simulação também apresentou resultados compatíveis com as imagens de radar, embora sua intensidade tenha sido subestimada em relação à observação. Uma comparação feita para o campo de precipitação entre grades 2 e 3 da simulação mostraram que o refinamento da resolução espacial tem efeito importante na representação da distribuição espacial da precipitação, mas com menor impacto na reprodução dos valores acumulados. A representação adequada dos acumulados de precipitação ainda carece de desenvolvimentos nos módulos físicos dos modelos atmosféricos de previsão e na melhor representação das condições iniciais e de contorno dos mesmos. Apesar disso, ressalta-se que ajustes na resolução espacial e maior detalhamento da topografia podem produzir resultados promissores para simulações numéricas com essas características.

## 5 Referências

- Berberly, E.H. & Núñez, M.N. 1989. An Observational and Numerical Study of Blocking Episodes near South America. *Journal of Climate*, 2: 1352–1361.
- Buzzi, A.; Tartaglione, N. & Malguzzi, P. 1998. Numerical Simulations of the 1994 Piedmont Flood: Role of Orography and Moist Processes. *Monthly Weather Review*, 126(9): 2369-2383.
- CEPED. 2009. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Resposta ao desastre em Santa Catarina no ano de 2008: avaliação das áreas atingidas por movimentos de massa e dos danos em edificações durante o desastre. Florianópolis. Disponível em <<http://www.ceped.ufsc.br/biblioteca/projetos/encerrados/resposta-ao-desastre-em-santa-catarina>>. Acesso em: 5 de outubro de 2013.
- Chotamonsak, C.; Salathé Jr., E.P.; Kreasuwan, J. & Chantara, S. 2012. Evaluation of Precipitation Simulations over Thailand using a WRF Regional Climate Model. *Chiang Mai Journal of Science*, 39(4): 623-638.
- Dee, D.P.; Uppala, S.M.; Simmons, A.J.; Berrisford, P.; Poli, P.; Kobayashi, S.; Andrae, U.; Balmaseda, M.A.; Balsamo, G.; Bauer, P.; Bechtold, P.; Beljaars, A.C.M.; van de Berg, L.; Bidlot, J.; Bormann, N.; Delsol, C.; Dragani, R.; Fuentes, M.; Geer, A.J.; Haimberger, L.; Healy, S.B.; Hersbach, H.; Hólm, E.V.; Isaksen, L.; Kållberg, P.; Köhler, M.; Matricardi, M.; McNally, A.P.; Monge-Sanz, B.M.; Morcrette, J.-J.; Park, B.-K.; Peubey, C.; de Rosnay, P.; Tavolato, C.; Thépaut, J.-N. & Vitart, F. 2011. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137(656): 553-597.
- Etherton, B. & Santos, P. 2008. Sensitivity of WRF Forecast for South Florida to Initial Conditions. *Weather and Forecasting*, 23(4): 725-739.
- Figuerola, S.N.; Damião, M.C.M. & Santos, R.P. 2010. Análise da variabilidade dos bloqueios atmosféricos simulados pelo MCGA do CPTEC/INPE experimental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, Belém. Disponível em <[http://cbmet2010.web437.uni5.net/anais/artigos/731\\_49261.pdf](http://cbmet2010.web437.uni5.net/anais/artigos/731_49261.pdf)>
- Haas, R.; Pereira Filho, A.J.; Vemado, F. & Hallak, R. 2011. Avaliação da Previsão do evento de 20 a 24 de Novembro de 2008 em Santa Catarina. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 5, Florianópolis, 2011. Disponível em <<http://sic2011.com/sic/arq/34670921855093467092185.pdf>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2014.
- Hackerott, J.A. 2013. *Simulação numérica a partir do modelo WRF e análise de ventos em superfície na região da Baía de Guanabara (RJ)*. Programa de Pós-Graduação Meteorologia, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 130 p.
- Hughes, M.; Hall, A. & Fovell, R.G. 2009. Blocking in Areas of Complex Topography, and Its Influence on Rainfall Distribution. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 66(2): 508-518.
- Macedo, L.R.; Henkes, A.F. & Yamazaki, Y. 2011. Modelo WRF na previsão de um evento severo no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO SUL - BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 4, 2011. Disponível em: <[http://wp.ufpel.edu.br/meteoro/files/2011/05/luana\\_ribeiro\\_macedo\\_1.pdf](http://wp.ufpel.edu.br/meteoro/files/2011/05/luana_ribeiro_macedo_1.pdf)>. Acesso em: 10 de outubro de 2013.
- Oliveira, F.N.M. 2011. *Climatologia de Bloqueios Atmosféricos no Hemisfério Sul: observações, simulações do Clima do Século XX e cenários futuros de mudanças climáticas*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 141 p.
- Padilha, S.F. 2011. *Simulações de Eventos de Chuvas Intensas no Estado do Rio de Janeiro usando o Modelo WRF*. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 83 p.
- Ramírez, M.C.V; Ferreira, N.J. & Gan, M.A. 2000. Vórtices Ciclônicos Desprendidos em Altos Níveis que originam-se no leste do Pacífico Tropical Sul – Parte I: Aspectos sinóticos relacionados a sua formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11, Rio de Janeiro, 2000. Disponível em <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-5476aff6d3b50d833b2449822flac81b.pdf>>. Acesso em: 5 de setembro de 2013.
- Severo, D.L.; Campigotto, A.P. & Refosco, J.C. 2010. Climatologia dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis que afetam o Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16, Belém. Disponível em <[http://cbmet2010.web437.uni5.net/anais/artigos/383\\_76562.pdf](http://cbmet2010.web437.uni5.net/anais/artigos/383_76562.pdf)>
- Silva Dias, M.A.F. (Org.). 2009. As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando a melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos. Cachoeira Paulista: CPTEC/INPE, 2009. 67p. Relatório Técnico. Disponível em: <[http://www.ciram.com.br/ciram\\_arquivos/arquivos/gtc/downloads/NotaTecnica\\_SC.pdf](http://www.ciram.com.br/ciram_arquivos/arquivos/gtc/downloads/NotaTecnica_SC.pdf)>. Acesso em: 20 de setembro de 2013.
- Sousa, T.C. 2013. *Análise intrassazonal de influências atmosféricas remotas associada ao evento de precipitação intensa no Estado de Santa Catarina em novembro de 2008*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, PEC/COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 164 p.
- Zatfey, J.J. 1995. Simulation of Extreme New Zealand Precipitation Events. Part I: Sensitivity to Orography and Resolution. *Monthly Weather Review*, 123(3): 737-754.