

Relação entre os desastres naturais e as anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil

Daniela Wancura Barbieri¹
Camila Cossetin Ferreira²
Silvia Midori Saito²
Tania Maria Sausen²
Marco Antonio Fontoura Hansen²

¹ Bolsista de Iniciação Científica do CRS/INPE e acadêmica do curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil
daniela_wancura@yahoo.com.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais - CRS
Núcleo de Pesquisa e Aplicação de Geotecnologias em Desastres Naturais e Eventos
Extremos - GEODESASTRES-SUL
Caixa Postal 5021 - CEP: 97110-970, Santa Maria, RS, Brasil
{camila.ferreira; silvia.saito; tania.sausen; marco.hansen}@crs.inpe.br

Abstract. Most natural disasters in Brazil have atmospheric origin. The flash flood, gradual flood and drought are directly related with precipitation anomalies, either positive or negative. The main purpose of this research was to analyze the relation between the precipitation anomalies and the natural disasters in the South Region of Brazil. Therefore, maps of rainfall anomalies were created, according to the average climatological precipitation in the period 1980 and 2006. The pluviometric data used were made available by National Agency of Water. After the collection of all pluviometric stations from the Southern Region, 600 stations which had historic series over 30 years were selected. Afterwards the data consistency analyses which comprehend the verification of doubtful data and the filling of the gaps, fundamental to adjust and complete the missing values. Subsequently, the calculus of normal climatological and precipitation anomalies were done. For the spatial interpolation of these, the Kriging method was used in the SPRING software; TERRAVIEW software, both freeware from INPE, were utilized to define the anomalies classes. According to the results it was possible to verify the relation between negative and positive precipitation anomalies and natural disasters occurrence in the study area. The precipitation behavior analysis of a region and the identification of the anomalous episodes are fundamental to support on the elaboration of preventive measures; and to mitigate the impacts caused by extreme events.

Key-words: precipitation variability, extreme events, drought, flood

1. Introdução

Os desastres naturais que ocorrem no Brasil são, na sua maioria, de origem atmosférica. A precipitação, seja em excesso ou em escassez, é o elemento atmosférico que mais contribui para a ocorrência de desastres na região Sul do Brasil. Uma das conseqüências mais drásticas da ocorrência de chuvas intensas sobre uma determinada região são as inundações que ainda podem ser agravadas por outros fenômenos como ventos fortes, granizo, entre outros (TEIXEIRA e SATYAMURTY, 2004). Por outro lado, os baixos índices de precipitação são responsáveis pelas secas que ocasionam elevados prejuízos para diversos segmentos da economia, afetando diretamente a sociedade. Dentre tais prejuízos destacam-se a deficiência no fornecimento de água para abastecimento urbano, perdas na agricultura, indústria e produção de energia hidroelétrica (SANTOS, 1998).

Vários fatores afetam a variabilidade da precipitação na região Sul do Brasil podendo ser responsáveis por anomalias positivas e negativas, entre os quais destacam-se o *El Niño* e a *La Niña* que causam impactos na circulação atmosférica regional e global. Na região Sul do

Brasil, Berlato e Cordeiro (2005) ressaltam que esses fenômenos geram precipitação pluvial superior e inferior a média climatológica.

Entende-se que a análise do comportamento da precipitação pode auxiliar no diagnóstico de eventos extremos, como inundações e estiagens, e também servir de subsídios na prevenção dos impactos dos desastres. Nesse sentido, a presente pesquisa tem por objetivo gerar e analisar mapas de anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil e relacioná-los com dados de ocorrência de desastres naturais.

2. Metodologia de Trabalho

O plano de trabalho da pesquisa seguiu as etapas apresentadas no fluxograma da Figura 1.

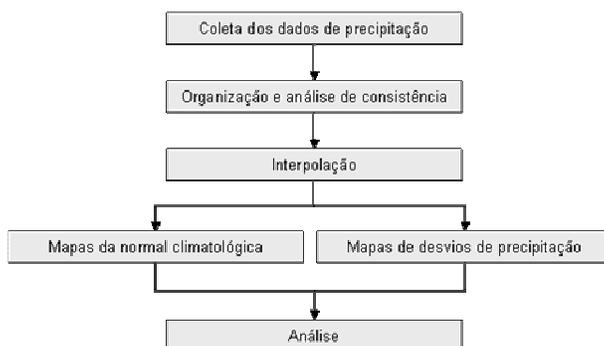


Figura 1. Fluxograma de atividades.

Os dados de precipitação utilizados são provenientes das estações pluviométricas administradas pela Agência Nacional de Águas (ANA). Esses dados foram obtidos diretamente do endereço <http://hidroweb.ana.gov.br>. Foram coletados dados de todas as estações pluviométricas disponíveis para os três estados da região Sul do Brasil, somando um total de 1.754 estações. Ainda foram coletadas séries históricas de estações do estado de São Paulo que fazem fronteira com o Paraná para melhor espacialização dos dados.

Foi realizada uma análise em cada estação para selecionar as que possuíam uma série histórica maior que 30 anos e com falhas menores que três anos. Dessa maneira, foram selecionadas 600 estações para toda a região Sul entre as quais 404 estações no Paraná, 110 em Santa Catarina e 86 no Rio Grande do Sul (Figura 2).

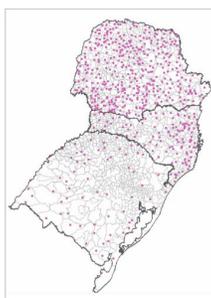


Figura 2. Espacialização dos locais de coleta dos dados de precipitação para região Sul do Brasil.

Após a seleção das estações, iniciou-se a análise dos dados duvidosos e posteriormente o preenchimento das falhas. A análise dos dados duvidosos foi feita com o método Tukey, que

indica os valores cujo desvio padrão seja três vezes acima ou abaixo da média. Para a aplicação desse método foi utilizado um programa em linguagem Fortran, o programa gerou relatórios contendo os dados duvidosos. Em seguida foi realizado o preenchimento dos dados faltantes e dos que apresentavam inconsistência, pelo método Tabony (1983), que utiliza um mínimo de três estações vizinhas para calcular o dado faltante.

Após o preenchimento das falhas e análise dos dados, foram efetuados os cálculos da normal climatológica e das anomalias de precipitação. Para o cálculo da normal climatológica foi adotado o conceito definido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) que se baseia em um período longo e uniforme que compreenda 30 anos. Nesta pesquisa foram utilizados dados de 1977 a 2006 (Equação 1).

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

Para o cálculo das anomalias de precipitação (1980 a 2006) utilizou-se o valor mensal de cada ano menos o valor da normal climatológica ($Anomalia = X_i - \bar{X}$) de todos os anos do período estudado.

Na interpolação espacial dos dados de precipitação, utilizou-se o método *krigeagem* que segundo Valeriano et al. (2002), é um dos métodos mais aceitos para interpolação espacial de dados de chuva, especialmente quando não existe uma grande densidade espacial de dados. Lamparelli et al. (2001) afirmam que este método apresenta ótimas formas de estimação em dados esparsos.

O módulo de *Krigeagem* implementado no *software* SPRING 4.2 engloba 3 tipos: simples, ordinária e *Krigeagem* com vários modelos de tendência em duas dimensões (2D) ou três dimensões (3D) (LOPES, 2008). Nesta pesquisa utilizou-se o interpolador *Krigeagem* simples, a partir de uma malha de pontos distribuídos irregularmente pelo terreno gerou-se superfícies contínuas.

Para a definição das classes de anomalias os mapas foram salvos na extensão “geotiff”, para que pudessem ser importados para o programa TerraView 3.2.0. As cores foram estabelecidas conforme a temática (precipitação), utilizando o azul escuro para anomalias negativas e o vermelho para anomalias positivas. O valor das classes foi definido automaticamente pelo próprio *software*.

3. Resultados e Discussão

Para a análise da relação entre as anomalias e a ocorrência de desastres naturais foram utilizados dados disponíveis no *site* da Defesa Civil do Paraná e as publicações de Herrmann (2006) e Reckziegel (2007) para Santa Catarina e Rio Grande do Sul, respectivamente. Nesta etapa da pesquisa foram selecionados os anos de 1997/1998 e 1988/1989, por caracterizarem *El Niño* e *La Niña* fortes, pois são, geralmente, os anos em que se observam maiores anomalias positivas e negativas de precipitação, facilitando a comparação com o número de desastres (inundações bruscas e graduais e estiagens).

3.1 Análise das anomalias de precipitação - El Niño 1997/1998

Segundo Reckziegel (2007) entre os anos de 1980 e 2005, foram registradas 1.258 ocorrências de desastres desencadeados por inundações graduais e 925 ocorrências de desastres desencadeados por inundações bruscas em municípios do estado do Rio Grande do Sul. Estes eventos estão diretamente relacionados ao total de precipitação e associados à dinâmica fluvial. Os anos de 1983 e 1984 foram os que registraram maior número de

ocorrências de inundações graduais, com 155 e 145, respectivamente. Os anos de 1992, 1997 e 1998 foram os que registraram maior número de ocorrências por inundações bruscas com 146, 118 e 102, respectivamente.

Para Santa Catarina no período de 1980 a 2003, aconteceram 1.229 ocorrências de desastres desencadeados por inundações graduais, 555 ocorrências de desastres desencadeados por inundações bruscas (HERRMANN, 2006).

Para o estado do Paraná, no período de 1980 a 2006, foram observadas 578 ocorrências de desastres desencadeados por inundações graduais e 188 ocorrências de desastres por inundações bruscas (Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Paraná, 2008).

Como citado anteriormente, por influência do *El Niño*, há um aumento das precipitações pluviométricas para a região Sul do Brasil, principalmente nos meses da primavera. Em geral, este fenômeno começa em meados de um ano, atinge seu máximo no final do ano e termina em meados do ano seguinte, com uma duração média de 12 a 14 meses, mas pode durar até dois anos ou mais (BERLATO e FONTANA, 2003). A análise dos parâmetros oceânicos e atmosféricos sobre o Pacífico indicou, em abril de 1997, a ocorrência do fenômeno *El Niño*.

Nas Figuras 3 e 4 é possível acompanhar o comportamento da precipitação durante o verão, outono, inverno e primavera dos anos de 1997 e 1998. As anomalias positivas de precipitação são identificadas a partir da primavera do ano de 1997, se prolongando durante o verão e outono de 1998. A partir de março de 1998 observa-se a diminuição das anomalias de temperatura da superfície do mar no oceano Pacífico e durante o inverno e a primavera de 1998 as anomalias de precipitação são negativas.

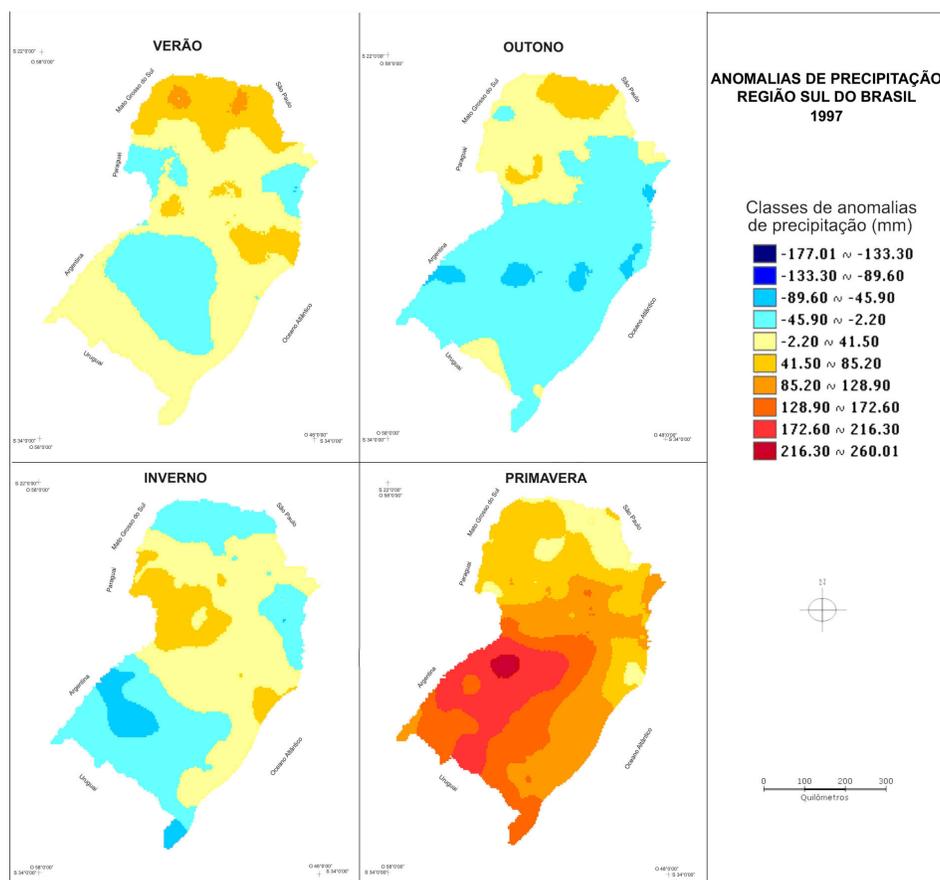


Figura 3. Mapa de anomalias de precipitação para região Sul do Brasil – 1997.

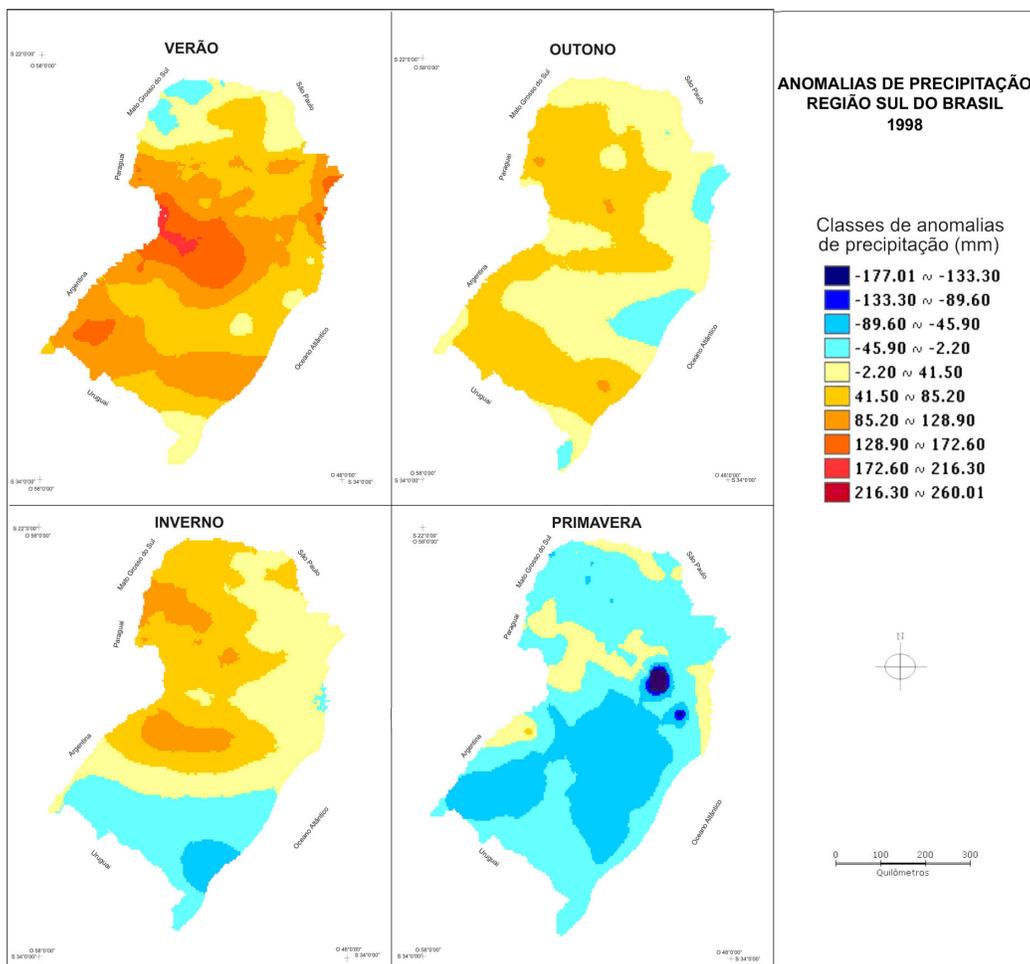


Figura 4. Mapa de anomalias de precipitação para região Sul do Brasil – 1998.

Dos 573 eventos adversos registrados no ano de 1997 no Rio Grande do Sul, 91 são inundações graduais e 118 bruscas. Na primavera é onde se observam as maiores anomalias positivas, foi a estação do ano com maior número de ocorrências, 272, sendo principalmente causadas por inundações bruscas. O número de ocorrências registradas no ano de 1997, por inundações bruscas, é superado apenas pelo ano de 1992, por inundações graduais, está entre os cinco maiores desde 1980.

No ano de 1998, foram registradas 272 ocorrências de eventos naturais adversos, com 55 inundações graduais e 102 inundações bruscas. O maior número de ocorrências foi registrado nos meses do verão e outono, sendo 39 por inundações graduais e 90 por inundações bruscas; na Figura 4 observa-se as maiores anomalias nestes meses.

Em Santa Catarina, no ano de 1997, foram registradas 143 ocorrências de eventos naturais adversos, com 77 inundações graduais e 37 bruscas. O maior número de ocorrências foi registrado nos meses de verão e primavera, principalmente em janeiro e outubro, onde são observadas as maiores anomalias de precipitação.

Em 1998, foram registradas 113 ocorrências de eventos naturais adversos, com 26 inundações graduais e 33 bruscas. O maior número de ocorrências foi registrado nos meses de verão.

No ano de 1997, foram registradas 233 ocorrências de eventos naturais adversos no estado do Paraná, com 112 inundações graduais e 16 bruscas. O número de inundações graduais neste ano é superado apenas pelas ocorrências do ano de 1980.

Em 1998 foram registradas 14 e 20 ocorrências de inundações graduais e inundações bruscas, respectivamente.

3.2 Análise das anomalias de precipitação – *La Niña* 1988/1989

Segundo Reckziegel (2007) entre os anos de 1980 e 2005, foram registradas 2.836 ocorrências de desastres desencadeados por estiagens. Os anos de 2004 e de 2005 foram os que registraram maior número de municípios atingidos por estiagens, com 458 e 406 ocorrências, respectivamente. Para Santa Catarina, no período de 1980 a 2003 ocorreram 492 estiagens (HERRMANN, 2006).

No estado do Paraná, para o período de 1980 a 2006 foram observadas 327 ocorrências de desastres desencadeados por estiagens (COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DO PARANÁ, 2008). O maior número de ocorrências foi observado nos anos de 1984, 2005 e 2006.

O período de 1988-1989 classifica-se como de forte atuação da fase positiva da oscilação Sul no Pacífico (CPTEC, 2008) e assim, apresentou desvios negativos de precipitação na região Sul, ou seja, períodos de baixa precipitação. As anomalias negativas de precipitação são identificadas no inverno e primavera de 1988 (Figuras 5 e 6).

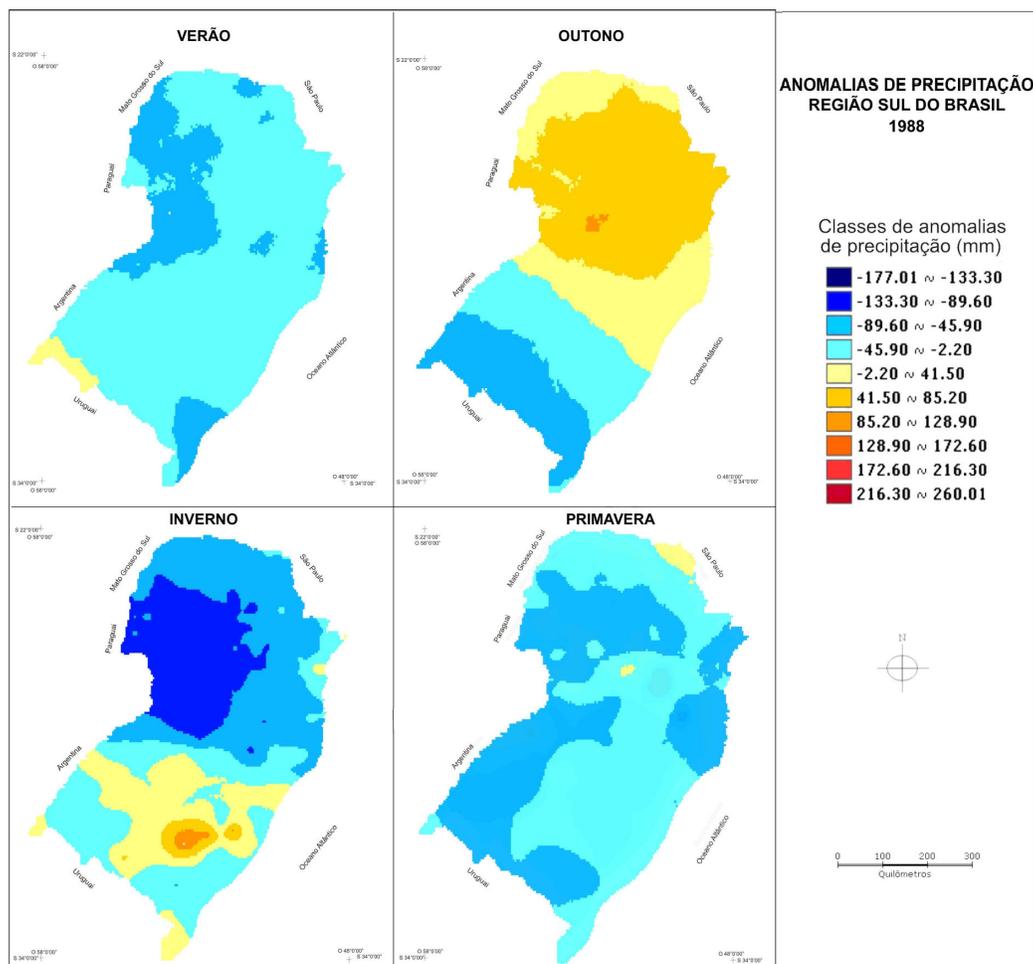


Figura 5. Mapa de anomalias de precipitação para região Sul do Brasil – 1988.

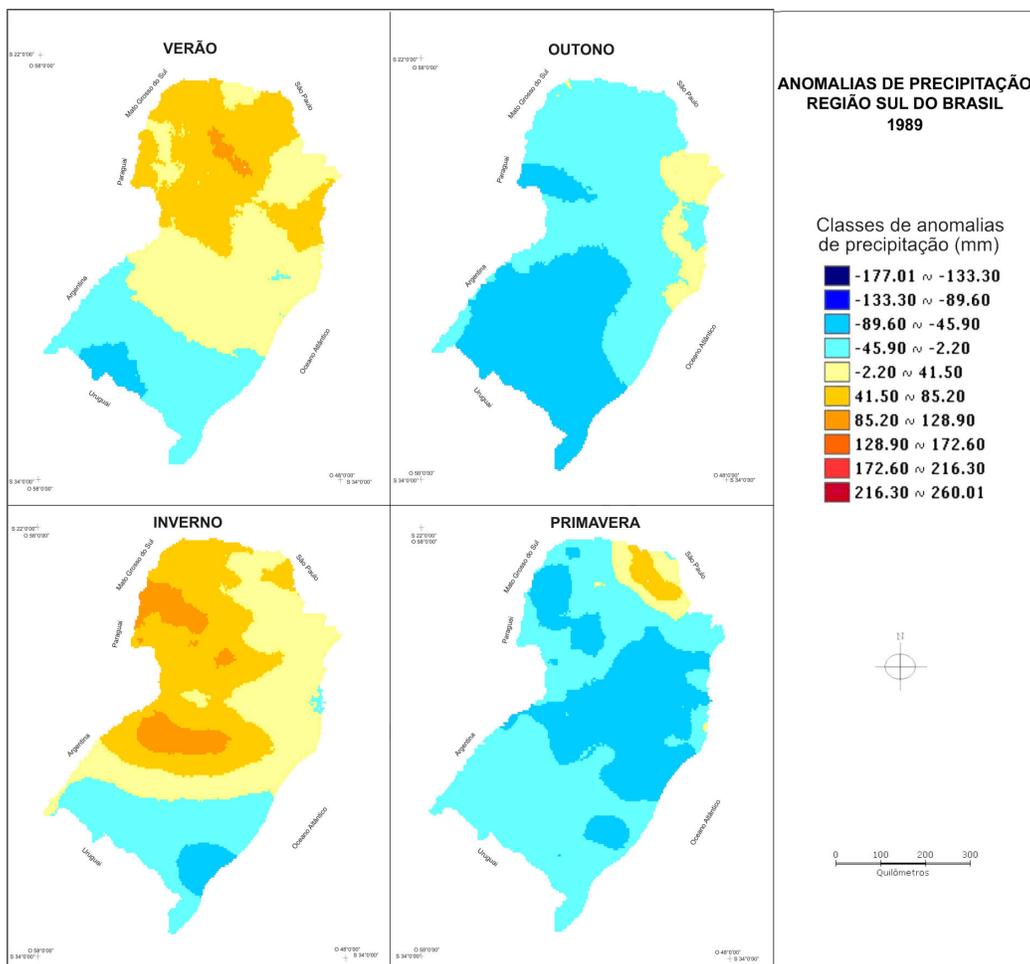


Figura 6. Mapa de anomalias de precipitação para região Sul do Brasil – 1989.

4. Conclusões

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou espacializar e relacionar os desastres naturais na região Sul, com as anomalias positivas e negativas de precipitação. A análise do período de *La Niña* (1988-1989) permitiu constatar a significativa relação entre as anomalias negativas e o número de ocorrências de estiagens, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A mesma constatação, ou seja, a forte relação entre as anomalias de precipitação e o registro de desastres naturais, foi verificada no período de *El Niño*. As inundações bruscas e graduais registradas em todos os estados da região Sul, durante os anos analisados (1997-1998) ocorreram, principalmente, por causa do incremento de precipitação, gerado pelos efeitos do *El Niño*.

Entender a relação do excesso ou escassez de precipitação com os desastres naturais é fundamental para auxiliar o poder público, defesa civil e órgãos de planejamento na elaboração de medidas preventivas, planejamento de ações futuras e gestão dos territórios. Para tanto, é necessário a realização de estudos referentes a temática, para que seja possível compreender o comportamento e a gênese de eventos extremos que atingem a região Sul do Brasil e que resultam em vultosos prejuízos e até mesmo perdas de vidas humanas. Dessa maneira, ações preventivas poderiam ser empregadas a fim de minimizar os impactos socioeconômicos e ambientais provocados pelos desastres.

Agradecimentos

A primeira autora agradece ao CNPq pelo apoio financeiro através da bolsa PIBIC.

Referências Bibliográficas

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. Variabilidade climática e agricultura do Rio Grande do Sul. In: Federação dos Clubes de Integração e Troca de Experiência - FEDERACITEa. (Org.). **As Estiagens e as Perdas na Agricultura: Fenômeno Natural ou Imprevidência?**. 1ª ed. Porto Alegre: Ideograf Editora Gráfica, 2005, v.1, p. 43-59.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **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: UFRGS, 2003. 110p.

COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DO PARANÁ. Disponível em <http://www.defesacivil.pr.gov.br>

CPTEC-INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Produtos Especiais: El Nino, La Nina**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/laninha/laninha3p.html>>. Acesso em: 1 jun. 2008.

HERRMANN, M. L. P. As principais conseqüências negativas provocadas pelas adversidades atmosféricas no Estado de Santa Catarina. In: HERRMANN, M. L. P. **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 2006. p. 67-88.

LAMPARELLI, R.A.C; ROCHA, J.V; BORGHI, E. **Geoprocessamento e Agricultura de Precisão**. Fundamentos e Aplicação. Guaíba: Agropecuária, 2001.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período e 1980 a 2005**. 2007. 261p. Vol.I. Dissertação de mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SANTOS, M. J. J. dos. **Caracterização e monitorização de secas**. Instituto da Água. Direção de Serviços de Recursos Hídricos. 1998. Disponível em: <http://snirh.inag.pt/snirh/estudos_proj/portugues/docs/download/CA98_SECA.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2008

TABONY, R.C. The estimation of missing climatological data. **International Journal of Climatology**. 1983 v.3, n.3, p. 297-314.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P. Episódios de chuvas intensas na região sul do Brasil. Parte I: configuração sinópticas associadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., , Fortaleza. **Anais...** 2004. CD-ROM, On-line. (INPE-12104-PRE/7450). Disponível em: <<http://urlib.net/cptec.inpe.br/walmeida/2004/09.21.10.34>>. Acesso em: 19 jun. 2008.

VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G.; MELLO, M. H. A. Estratificação dos efeitos anisotrópicos do relevo na geração de mapas pluviométricos por geoprocessamento. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p.167-177, 2002.