

**INFLUÊNCIA DO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL SOBRE A PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO  
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**THE INFLUENCE OF EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION OVER THE RAINFALL IN  
THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL**

Denise Cybis Fontana<sup>1</sup> e Moacir Antonio Berlatto<sup>1</sup>

**RESUMO**

El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala caracterizado por anomalias no padrão de temperatura da superfície do Oceano Pacífico Tropical que ocorrem de forma simultânea com anomalias no padrão de pressão atmosférica nas regiões de Darwin (Austrália) e de Taiti. Este fenômeno afeta a circulação atmosférica determinando anomalias de temperatura do ar e, principalmente, de precipitação pluvial em diversas regiões do Globo. O objetivo desse trabalho foi quantificar a influência do ENOS sobre a precipitação pluvial mensal no Estado do Rio Grande do Sul. Na análise foram utilizados dados de precipitação pluvial mensal de 29 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), período 1913-1995. O índice de oscilação sul (IOS) foi utilizado para a identificação das fases fria (5 meses consecutivos com  $\text{IOS} \geq 0,5$ ) e quente (5 meses consecutivos com  $\text{IOS} \leq -0,5$ ) do ENOS. Foi verificado que a média de precipitação pluvial mensal para o Rio Grande do Sul é distinta conforme a fase do fenômeno. Na fase quente o Estado é submetido a condições mais úmidas do que na fase fria. A influência do ENOS sobre a precipitação é mais intensa na porção oeste do Estado nos meses de outubro e novembro, meses em que um adequado suprimento hídrico é muito importante para o estabelecimento das culturas de primavera-verão.

**Palavras-chave:** El Niño Oscilação Sul, precipitação pluvial, Rio Grande do Sul

**SUMMARY**

---

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Dr<sup>o</sup> Fac de Agronomia/UFRGS, Cx Postal 776, CEP 91540-970, Porto Alegre - RS. Bolsista do CNPq.

El Niño Southern Oscillation (ENSO) is a large scale phenomena characterized by anomalies in the surface temperature of the Tropical Pacific Ocean that occurs simultaneously with anomalies in the atmospheric pressure in Darwin (Australia) and Tahiti. This phenomena affects the atmospheric circulation causing anomalies in air temperature and, especially rainfall in some regions of the Globe. The objective of this study was to quantify the influence of ENSO over monthly rainfall in the state of Rio Grande do Sul. In this analysis monthly rainfall data were used from 29 meteorological stations of “Instituto Nacional de Meteorologia” (INMET), related to the 1913-95 period. The southern oscillation index (SOI) was used to identify the cold phase (five consecutive months with  $SOI \geq 0.5$ ) and warm phase (five consecutive months with  $SOI \leq -0.5$ ) of the ENSO. It was verified that the distribution of rainfall in Rio Grande do Sul depends on the phenomena phase. During the warm phase the State is submitted to wetter conditions than during the cold phase. The influence of ENSO over rainfall is largest in the western portion of the State during October and November. During these months an adequate water supply is very important to the establishment of spring-summer crops.

**Key words:** El Niño Southern Oscillation, rainfall, Rio Grande do Sul

## INTRODUÇÃO

El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno de grande escala caracterizado por anomalias no padrão de temperatura da superfície do Oceano Pacífico Tropical que ocorrem de forma simultânea com anomalias no padrão de pressão atmosférica nas regiões de Darwin (norte da Austrália) e de Taiti. Estas regiões representam os centros de ação principais de uma espécie de gangorra barométrica que envolve a troca de ar entre os hemisférios leste e oeste. A fase quente do fenômeno (El Niño) é caracterizada pela elevação da temperatura das águas da região oriental do Oceano Pacífico Tropical acima da média da região, juntamente com a ocorrência de pressões atmosféricas abaixo da normal na região de Taiti e acima da normal na região de Darwin. Na fase fria (La Niña) o comportamento das componentes oceânica e atmosférica é inverso. O fenômeno ENOS afeta a circulação atmosférica, determinando perturbações no padrão de variabilidade da temperatura do ar e, principalmente, da precipitação pluvial em diversas regiões do Globo. De maneira geral, a fase quente está associada aos períodos secos nas regiões tropicais e aos períodos quentes e úmidos nos extratropicais. A fase fria é marcada por eventos contrários: períodos úmidos nos trópicos e secos e frios fora deles (GRANTZ, 1991; TRENBERTH, 1991).

Desde o início deste século, as relações entre ENOS e precipitação têm sido estudadas. Inicialmente os estudos tinham um caráter qualitativo, sendo que, mais recentemente, tem-se buscado a quantificação desta relação. ROPELEWISKI e HALPERT (1987, 1989) identificaram 20 regiões no Globo com consistente relação entre ENOS e precipitação. No Brasil, dada a extensão do seu território, verificam-se conseqüências opostas frente a uma dada fase do fenômeno. No sul a fase quente, em geral, determina excesso de precipitação e a fase fria está associado à ocorrência de precipitação abaixo da normal. No nordeste brasileiro verifica-se o inverso (RAO e HADA, 1990; CHU, 1991; STUDZINSKI 1995).

ROPELEWISKI e HALPERT (1996) analisaram a distribuição das probabilidades de ocorrência de precipitações associadas ao fenômeno ENOS em diversas regiões do Globo, utilizando o índice de oscilação sul (IOS) como indicador do fenômeno. Este índice é um indicativo da intensidade com que a fase do fenômeno se manifesta, sendo calculado utilizando as anomalias normalizadas das pressões atmosféricas em Darwin e em Taiti. Segundo ROPELEWISKI e JONES (1987) a fase quente é caracterizada sempre que ocorrem cinco meses consecutivos de IOS com valores inferiores a -0,5 (fase negativa) e a fase fria é caracterizada pelo mesmo critério, porém com valores de IOS superiores a 0,5 (fase positiva). Estes autores observaram que para o sul da América do Sul a época de influência da fase quente do ENOS sobre a precipitação se dá de novembro do ano de ocorrência do fenômeno a fevereiro do ano seguinte. Para a fase fria as alterações na precipitação ocorrem de junho a outubro do ano de ocorrência do mesmo.

Resultados, em parte, discordantes foram obtidos por FONTANA e BERLATO (1996). Analisando o comportamento da precipitação em duas estações meteorológicas no Estado do Rio Grande do Sul, os autores observaram que ambas fases do ENOS, quente e fria (identificadas através do IOS), determinam alterações no padrão de precipitação da região na mesma época do ano. Especialmente no final da primavera e início do verão (outubro, novembro e dezembro) os eventos frios estiveram associados com precipitação abaixo da normal e muito abaixo da média dos anos de eventos quentes. Essa mesma tendência foi observada nos meses de maio e junho do ano seguinte ao fenômeno, embora com menor intensidade.

O Rio Grande do Sul produz cerca de 25% da produção nacional de grãos, sendo 39% de arroz, 31% de soja, 33% de trigo, 15% de milho e 7% de feijão (BERLATO et al. 1996). A variabilidade da precipitação é um dos principais fatores determinantes da variabilidade dos rendimentos dessas culturas no Estado. Como o Rio Grande do Sul está situado numa região afetada pelo ENOS é fundamental um maior detalhamento no estudo do padrão de comportamento da precipitação durante os eventos ENOS. A importância torna-se maior na medida em que aumentam o conhecimento científico do fenômeno e as possibilidades de sua previsão estacional e interanual.

O objetivo desse trabalho foi quantificar a influência do fenômeno ENOS sobre a precipitação pluvial mensal para o Estado do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dados de precipitação pluvial mensal de 29 estações meteorológicas, pertencentes ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O período de observação foi compreendido entre 1913 e 1995, variando de 48 a 82 anos de observações de precipitação.

Considerando o índice de oscilação sul (IOS) como indicador do fenômeno ENOS (ROPELEWSKY e JONES, 1987), foram determinados anos com manifestação das fases quentes (cinco meses consecutivos com  $\text{IOS} \leq -0,5$ ) e frias (cinco meses consecutivos com  $\text{IOS} \geq 0,5$ ). Segundo este critério, a fase fria se manifestou nos anos de 1916, 1917, 1924, 1928, 1938, 1950, 1955, 1956, 1964, 1970, 1971, 1973, 1975 e 1988. Já os anos de 1911, 1914, 1918, 1923, 1925, 1930, 1932, 1939, 1941, 1951, 1953, 1957, 1965, 1969, 1972, 1976, 1982, 1983, 1986, 1990, 1991, 1992 e 1994 foram classificados como fase quente. A precipitação média mensal dessas duas fases foi comparada à média de todo o período de observações (1913 a 1995), dita média climatológica.

Inicialmente foi definido os meses de influência do ENOS sobre a precipitação do Estado. Neste período a precipitação foi totalizada e, após, calculada a média de precipitação associada às fases quente e fria e a média climatológica para as estações meteorológicas individualmente e para o Estado como um todo. Estas médias foram utilizadas para o traçado de mapas com as isolinhas de precipitação média da fase quente, da fase fria, da média climatológica e das anomalias de precipitação durante as fases quente e fria do fenômeno. A representação espacial das isoietas foi feita utilizando um algoritmo de interpolação espacial, pelo método Krigging (CRESSIE, 1991), definindo, assim, a abrangência espacial média do fenômeno ENOS sobre a precipitação do Estado.

Foram, ainda, determinadas as mudanças na distribuição de probabilidades observadas da quantidade média de precipitação do Estado em função da fase do ENOS para os meses de influência do fenômeno.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média de precipitação pluvial mensal para o Estado do Rio Grande do Sul durante eventos ENOS é distinta conforme a fase do fenômeno (Figura 1 e Tabela 1). Em média foi observado um número maior de eventos quentes (19) em relação aos frios (13) no período de estudo. Na fase fria foi

observada à ocorrência de precipitação inferior à média climatológica e muito inferior a precipitação média observada durante a fase quente do ENOS em dois períodos distintos. O período de maior intensidade de influência do fenômeno, para ambas fases, sobre a precipitação média do Estado foi de outubro a dezembro, principalmente outubro e novembro. Nesses meses foram observadas médias de precipitação para as fases quente e fria e para a média climatológica de 300, 172 e 256 mm, respectivamente. Em menor intensidade verificou-se influência também no período de abril a junho, principalmente maio e junho. A média de precipitação pluvial durante as fases quente e fria para todo o Rio Grande do Sul mostrou tendência semelhante àquela observada por FONTANA e BERLATO (1996) em duas estações meteorológicas do Estado (Cruz Alta e Júlio de Castilhos).

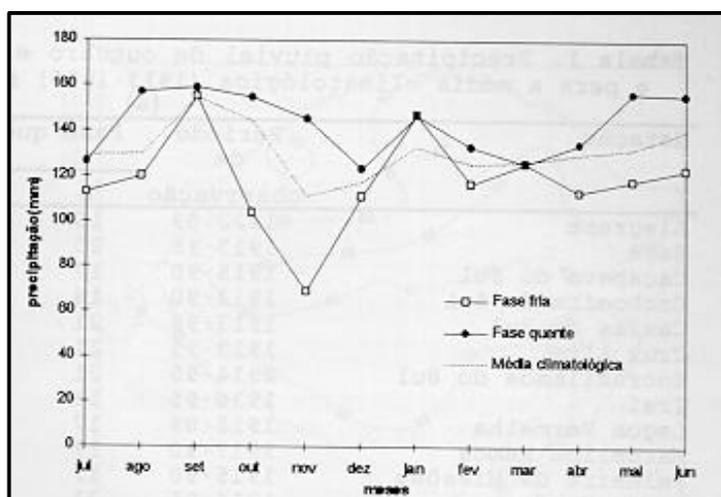


Figura 1. Precipitação pluvial de outubro e novembro para as fases quente e fria do ENOS e para a média climatológica (1913-1995) no estado do Rio Grande do Sul.

Tabela 1. Precipitação pluvial de outubro e novembro para as fases quente e fria do ENOS e para a média climatológica (1913-1995) no estado do Rio Grande do Sul.

Estação	Período de observação	Fase quente		Fase fria		Média climatológica	
		n	P	n	P	n	P
Alegrete	1922-89	16	321	12	168	67	276
Bagé	1913-95	20	247	14	123	81	217
Caçapava do Sul	1915-90	17	278	14	155	75	240
Cachoeira do Sul	1913-90	18	309	14	138	75	231
Caxias do Sul	1913-95	21	321	14	193	82	280
Cruz Alta	1913-95	21	364	14	195	82	300
Encruzilhada do sul	1914-98	21	259	14	152	78	228
Iraí	1936-93	15	380	10	315	59	319
Lagoa Vermelha	1915-89	17	328	14	196	74	283
Marcelino Ramos	1917-90	17	348	13	214	73	269
Palmeira do Missões	1915-90	17	346	14	202	73	302
Passo Fundo	1914-95	21	342	14	195	81	288
Piratini	1917-90	16	255	11	117	69	213
Porto Alegre	1913-98	21	238	14	149	82	203
Rio Grande	1913-95	21	199	14	112	82	172
Santana do Livramento	1913-95	18	270	14	170	78	242
Santa Maria	1913-95	21	307	14	166	82	269
Santiago	1915-89	17	315	14	170	70	263
Santa Vitória do Palmar	1913-95	21	194	14	119	82	171
Santo Ângelo	1918-90	17	363	14	160	75	295
São Borja	1914-95	21	358	14	178	81	292
São Francisco de Paula	1913-80	11	413	9	290	48	366
São Gabriel	1913-98	21	265	14	138	82	231
São Luiz Gonzaga	1913-93	21	382	14	194	82	312
Tapera	1923-90	15	222	10	143	62	195
Taquari	1913-95	21	264	14	144	82	225
Torres	1914-95	20	264	14	164	80	220
Uruguaiana	1913-95	21	263	14	165	82	255
Vacaria	1916-95	17	296	14	176	75	236
<b>Média</b>		<b>19</b>	<b>300</b>	<b>13</b>	<b>172</b>	<b>76</b>	<b>256</b>
<b>Desvio padrão</b>			<b>57</b>		<b>45</b>		<b>46</b>

n - número de observações      P - precipitação pluvial (mm)

Do ponto de vista agrícola ambos períodos são de grande importância. Em outubro, novembro e dezembro as principais culturas de primavera-verão cultivadas no Estado encontram-se na fase de estabelecimento e desenvolvimento. Precipitação pluvial muito abaixo da média climatológica compromete o rendimento final das culturas, ao passo que precipitação ligeiramente acima da média climatológica pode favorecê-las.

O segundo período de influência do ENOS (abril e maio) coincide com a maturação e colheita das principais culturas de primavera-verão. Nesse período, a precipitação pluvial acima da média climatológica decididamente prejudica, ao passo que precipitação abaixo da média climatológica favorece. Conforme BERLATO et al. (1996) no mais forte evento quente do século (1982/83) foram contabilizadas perdas da ordem de 1,7 milhões de toneladas de grãos no Estado, por excesso de precipitação nos meses de abril e maio, que impossibilitaram as atividades de colheita.

É importante enfatizar, entretanto, que associado à fase quente foram observados valores de precipitação pluvial superiores à média climatológica durante praticamente todos os meses do ano. Este comportamento, muito possivelmente, se associe aos rendimentos acima da média, enquanto que o oposto é esperado para a fase fria do fenômeno. Para a cultura do milho no Rio Grande do Sul, FONTANA e BERLATO (1996) verificaram que, em geral, rendimentos acima da média foram observados durante a ocorrência da fase quente do ENOS. Também, BERLATO et al. (1996) mostraram que para a cultura da soja, nos últimos vinte anos, 64% dos casos de rendimento acima da média do Estado coincidiram com eventos quentes do ENOS. CANE et al. (1994) analisaram dados históricos de rendimento de milho em Zimbábue, África. Os autores verificaram a existência de forte associação entre os rendimentos da cultura e ENOS, apontando a possibilidade de utilizar os modelos de previsão climática como previsores de colheita de milho em nível nacional.

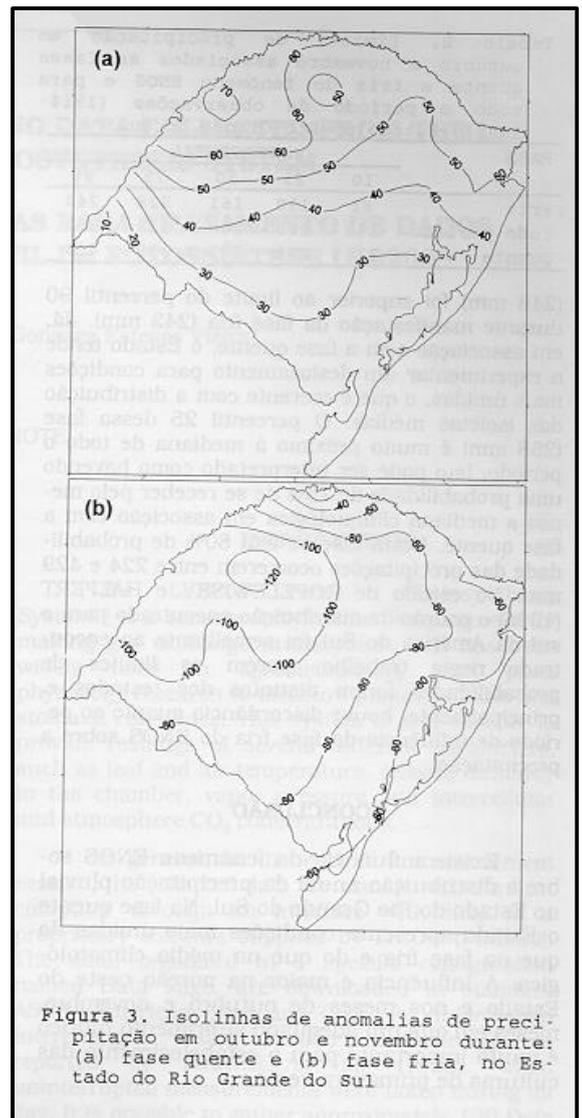
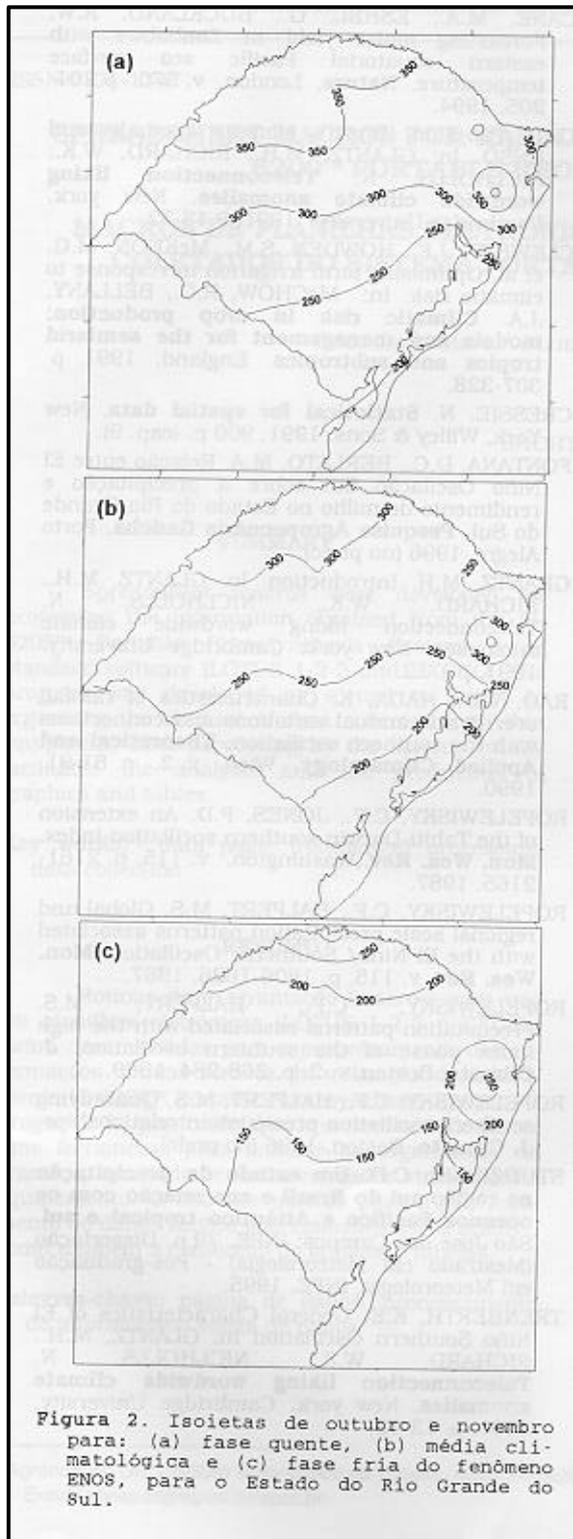
Na Figura 2 é apresentada a distribuição espacial das isoietas médias de outubro e novembro para as fases quente e fria e para a média climatológica. Verificou-se que a isoietas de 250 mm praticamente divide o estado do Rio Grande do Sul em termos de médias climatológicas (Figura 2b). Durante a fase quente os totais de precipitação são maiores do que essa média, havendo um deslocamento da isoietas de 250 mm para sudeste (Figura 2a). Contrastando com essa distribuição, observou-se que durante a manifestação da fase fria há um deslocamento da isoietas de 250 mm para o norte, ficando, praticamente todo o Estado, com totais de precipitação nos meses de outubro e novembro inferiores a esse valor (Figura 2c). A análise mostrou, portanto, um deslocamento das isoietas no Rio Grande do Sul no sentido sudeste-norte quando se muda da fase quente para a fase fria. Na Austrália, CLEWETT et al. (1991) verificaram, também, um deslocamento nas isoietas frente as fases do fenômeno, sendo que nesta região do Globo é a fase fria que está associada a condições de maior precipitação.

Na Figura 3 são mostrados mapas com as isolinhas de anomalias de precipitação pluvial durante as fases quente e fria do ENOS. Durante a fase quente, em toda a metade norte do Estado, ocorreu um aumento de 40 a 70 mm na precipitação de outubro e novembro (Figura 3a). Para a fase fria, verificou-se que na porção oeste do Estado é maior a influência do fenômeno (Figura 3b). Nesta porção foram observadas reduções superiores a 80 mm, em outubro e novembro, sendo a diferença crescente no sentido leste-oeste. É importante salientar que na região de maior influência do ENOS sobre a precipitação no Rio Grande do Sul é exatamente onde a agricultura tem também maior expressão no Estado, o que enfatiza a importância de um maior detalhamento e quantificação da influência desse fenômeno, visto que, possivelmente, seja a agricultura a maior beneficiária deste tipo de informação.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise da distribuição das probabilidades observadas da precipitação de outubro e novembro em função do ENOS. A informação gerada nessa análise recupera a história da série temporal e, portanto, é mais interessante do que a informação das quantidades médias de precipitação. A análise mostrou que, para todo o período de observação, o valor da mediana foi 248 mm, com uma probabilidade de 80% de se verificarem valores de precipitação no Rio Grande do Sul entre 143 e 362 mm. Na fase fria, a probabilidade de se verificar uma precipitação igual ou superior a mediana climatológica é inferior a 10%. Isto pode ser observado na Tabela 2 onde a mediana climatológica (248 mm) foi superior ao limite do percentil 90 durante manifestação da fase fria (243 mm). Já, em associação com a fase quente, o Estado tende a experimentar um deslocamento para condições mais úmidas, o que é coerente com a distribuição das isoietas médias. O percentil 25 dessa fase (238 mm) é muito próximo à mediana de todo o período. Isto pode ser interpretado como havendo uma probabilidade de 75% de se receber pelo menos a mediana climatológica em associação com a fase quente. Nesta fase se tem 80% de probabilidade das precipitações ocorrerem entre 224 e 429 mm. No estudo de ROPELEWISKY e HALPERT (1996) o padrão de distribuição encontrado para o sul da América do Sul foi semelhante ao encontrado neste trabalho, porém os limites de probabilidades foram distintos dos testados e, principalmente, houve discordância quanto ao período de influência da fase fria do ENOS sobre a precipitação.

## CONCLUSÃO

Existe influência do fenômeno ENOS sobre a distribuição anual da precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul. Na fase quente o Estado apresenta condições mais úmidas do que na fase fria e do que na média climatológica. A influência é maior na porção oeste do Estado e nos meses de outubro e novembro, meses em que um adequado suprimento hídrico é muito importante para o estabelecimento das culturas de primavera-verão.



## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INMET pelo fornecimento dos dados de precipitação utilizados no trabalho e aos bolsistas Márcio Lauschner e Daniela Oliveira pelo auxílio no processamento dos mesmos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERLATO, M.A., FONTANA, D.C., OLIVEIRA, D. A chuva e a produção de grãos no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 32 p. 1996. (Não publicado).
- CANE, M.A., ESHEL, G., BUCKLAND, R.W. Forecasting maize yield in Zimbabwe with eastern equatorial Pacific sea surface temperature. *Nature*, London, v. 370. p 204-205. 1994.
- CHU, Pao-Shin. Brazil's climatic anomalies and ENSO. In: GLANTZ, M.H.; RICHARD, W.K.; NICLHOLLS, N. Teleconnection linking worldwide climate anomalies. New York, Cambridge University. 1991. P 43-72.
- CLEWETT, J.F. HOWDEN, S.M. McKEON, M.G. et al. Optimising farm irrigation in response to climatic risk. In: McCHOW, R.C.; BELLANY, J.A. Climatic risk in crop production: models and management for the semiarid tropics and subtropics. England, 1991 p 307-328.
- CRESSIE, N. *Statistical for spatial data*. New York, Willey & Sons. 1991. 900 p. (cap. 9).
- FONTANA, D.C., BERLATO, M.A. Relação entre El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação e rendimento de milho no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre, 1996 (no prelo).
- GRANTZ, M.H. Introduction. In: GLANTZ, M.H., RICHARD, W.K., NICLHOLLS, N. Teleconnection linking worldwide climate anomalies. New York; Cambridge University. 1991. p 1-12.
- RAO, V.B., HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil, annual variations and connections with the southern oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, Wien, v. 2, p. 81-91. 1990.
- ROPELEWISKY, C.F. & JONES, P.D. An extension of the Tahiti-Darwin southern oscillation index. *Mon. Wea. Rev.*, Washington, v. 115, p. 2161-2165. 1987.
- ROPELEWISKY, C.F., HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/ Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* v. 115, p. 1606-1626. 1987.
- ROPELEWISKY, C.F. & HALPERT, M.S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation. *J. Climate*, Boston, v. 2, p. 268-284. 1989.
- ROPELEWISKY, C.F. & HALPERT, M.S. Quantifying southern oscillation-precipitation relationships. *J. Climate*, Boston, 1996 (no prelo).
- STUDZINSKI, C.D. Um estudo da precipitação na região sul do Brasil e sua relação com os oceanos Pacífico e Atlântico tropical e sul. São José dos Campos: INPE, 79 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Pós-graduação em Meteorologia, INPE, 1995.

TRENBERTH, K.E. General Characteristics of El Niño Southern Oscillation In: GLANTZ, M.H., RICHARD, W.K., NICLHOLLS, N. Teleconnection linking worldwide climate anomalies. New York; Cambridge University. 1991. p. 13-42.