

INFLUÊNCIA DOS EVENTOS EL NIÑO E LA NIÑA NO REGIME DE PRECIPITAÇÃO DE PELOTAS, RS

CLÓVIS ANGELI SANSIGOLO

Divisão de Ciências Meteorológicas, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515, 12201-970, São José dos Campos, SP
sansigol@met.inpe.br

GILBERTO BARBOSA DINIZ E ROGÉRIO DE LIMA SALDANHA

Departamento de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas
Caixa Postal 354, 96010-900, Pelotas, RS

RESUMO

O comportamento das precipitações categóricas mensais (abaixo, acima e quase normal) em Pelotas, RS, é analisado durante eventos de El Niño e La Niña, com características (início, fim, duração e intensidade) definidas pelo critério de Trenberth (1997), baseado nas anomalias de TSM na região Niño 3.4. As ocorrências simultâneas mensais dos eventos de El Niño e La Niña no Pacífico e correspondentes categorias de precipitação em Pelotas foram verificadas em tabelas de contingência, usando o escore das Características Operacionais Relativas (COR). Conexões estatisticamente significativas foram obtidas entre os eventos La Niña e precipitações abaixo da normal de abril a dezembro, com escores COR de 34-38% e El Niño e precipitações acima da normal de abril a junho, com escore de 12%.

Palavras-chave: Categorias de precipitação, El Niño / La Niña, Pelotas-RS.

ABSTRACT: INFLUENCE OF EL NIÑO AND LA NIÑA EVENTS ON THE RAINFALL REGIME OF PELOTAS, BRAZIL

The behaviour of categorical monthly rainfall (below, above and near-normal) in Pelotas, Brazil is analysed during El Niño and La Niña events, with characteristics (beginning, end, duration and magnitude) defined by the Trenberth (1997) criterion, based on the SST anomalies in the region Niño 3.4. The simultaneous monthly occurrence of El Niño and La Niña events in the Pacific and corresponding rainfall categories in Pelotas were verified in contingency tables using the Relative Operating Characteristics (ROC) score. Statistically significant connections were obtained between La Niña events and below normal rainfall from April to December, with 34-38% ROC scores, and El Niño and above normal from April to June, with 12% score.

Key-words: Rainfall categories, El Niño / La Niña, Pelotas-Brazil.

1. INTRODUÇÃO

A região Sul do Brasil é uma das mais industrializadas e economicamente desenvolvidas do País. Dos diversos fenômenos climáticos que afetam a região, as enchentes e estiagens são as que têm maior impacto socioeconômico. O Estado do Rio Grande do Sul, que possui economia baseada principalmente na agricultura

e pecuária, é um dos mais atingidos por estas adversidades climáticas. Pelotas, no sul do Estado pode ser considerada como uma cidade representativa do clima regional.

Estudos prévios envolvendo as anomalias de precipitação no Rio Grande do Sul, sugerem que existem significativas conexões com as anomalias de temperatura da superfície do Pacífico (Ropelewski & Halpert, 1989; Pisciotto et al., 1994; Diaz et al., 1998).

Ropelewski & Halpert (1989) verificaram que nos anos de El Niño (fase negativa da Oscilação Sul), as anomalias de precipitação na região Sul do Brasil tendem a ser positivas de novembro a fevereiro e que durante a fase positiva da Oscilação Sul essas anomalias tendem a ser negativas de junho a dezembro.

Rao & Hada (1990) correlacionaram as precipitações no Brasil com o Índice de Oscilação Sul (IOS) e obtiveram valores negativos significativos para a região Sul do Brasil, no outono e primavera.

Chu (1991), investigando as anomalias climáticas no Brasil, associadas ao ENOS, observou que nos anos de El Niño as precipitações na região Sul do Brasil tendem a ser acima da normal de abril a dezembro e de março a julho do ano seguinte, com os maiores valores em maio e junho.

Pisciottano et al. (1994) comprovaram, usando longos registros de uma rede pluviométrica densa sobre o Uruguai, que as precipitações de novembro a janeiro tendem a ser acima da normal nos anos de El Niño, assim como as de março a julho nos anos seguintes.

Diaz et al. (1998) confirmaram as conexões entre o fenômeno El Niño - Oscilação Sul no Pacífico Equatorial e as anomalias de precipitação no Rio Grande do Sul e Uruguai, no fim da primavera e início de verão e fim de outono e início do inverno austral.

Alguns eventos de El Niño coincidiram com fortes chuvas na região Sul do Brasil, e o Índice de Oscilação Sul e as temperaturas médias da superfície no Pacífico Equatorial são, às vezes, fortemente correlacionados com as precipitações, embora as correlações a longo prazo sejam baixas. Por serem as correlações significativamente influenciadas por valores extremos das variáveis, não é o melhor método para se estudar estas conexões. Além disso, fenômenos atmosféricos de maior frequência e menor escala que a Oscilação Sul, como a oscilação de Madden-Julian (30-60 dias), podem influenciar a pressão atmosférica das estações envolvidas nos cálculos do IOS, que não mais refletiriam somente o sinal da Oscilação Sul.

Trenberth (1997) apresentou uma definição quantitativa para os eventos El Niño e La Niña, baseada nas médias móveis de 5 meses das anomalias de TSM no Pacífico, na região Niño 3.4 (5°N - 5°S e 120° - 170°W) excedendo 0,4°C (- 0,4°C no caso de La Niña) por 6 meses ou mais. Com este critério, que permite a definição do início, fim, duração e magnitude dos eventos, El Niños ocorrem 31% do tempo e La Niñas 23%.

As temperaturas da superfície do Atlântico Sul também afetam as precipitações na região, agindo como

forçantes de configurações atmosféricas do tipo Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e sistemas frontais, além de fonte de vapor para a região tropical da América do Sul (Diaz et al., 1998).

O objetivo deste trabalho é verificar em tabelas de contingência, usando o escore das Características Operacionais Relativas, o comportamento das precipitações categóricas mensais em Pelotas, RS, durante os eventos de El Niño e La Niña, definidos pelo critério de Trenberth (1997), visando a avaliar seu impacto no regime de precipitação da região.

2. DADOS E METODOLOGIA

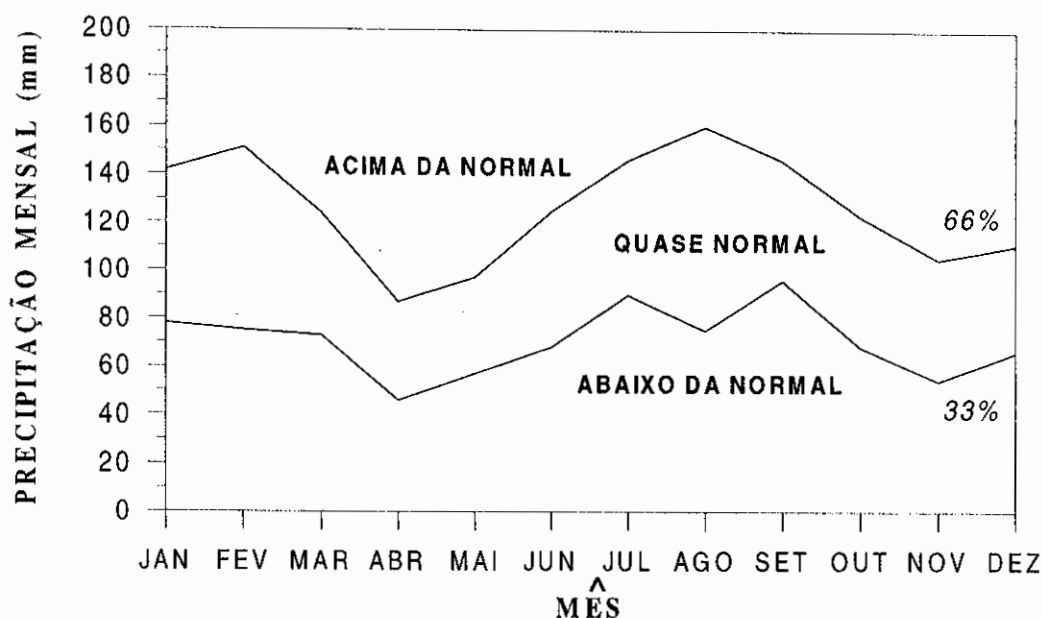
As séries mensais de precipitação em Pelotas, RS (latitude 31°47'S e longitude 52°42'W), no período de 1950 a 97 (48 anos), foram ordenadas e subdivididas em três categorias equiprováveis: abaixo da normal, quase normal e acima da normal, com 16 casos cada. Os limites para as três categorias consideradas são mostrados na Figura 1.

No período de 1950 a 97 (576 meses), foram considerados 16 eventos de El Niño (180 meses), 10 de La Niña (132 meses) e os restantes 264 meses normais, pelas características (início, fim e duração) definidas pelo critério de Trenberth (1997), mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Início, fim e duração dos eventos El Niño e La Niña após 1950, definidos por Trenberth (1997), como as anomalias de TSM na região Niño 3.4 (5°N-5°S, 120° - 170°W) e excedendo o limite $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$.

Eventos El Niño			Eventos La Niña		
Início	Fim	Duração (meses)	Início	Fim	Duração (meses)
ago 51	fev 52	7	mar 50	fev 51	12
mar 53	nov 53	9	jun 54	mar 56	[22
abr 57	jan 58	15	mai 56	nov 56	[7
jun 63	fev 64	9	mai 64	jan 65	9
mai 65	jun 66	14	jul 70	jan 72	19
set 68	mar 70	19	jun 73	jun 74	[13
abr 72	mar 73	12	set 74	abr 76	[20
ago 76	mar 77	[8	set 84	jun 85	10
jul 77	jan 78	[7	mai 88	jun 89	14
out 79	abr 80	7	set 95	mar 96	7
abr 82	jul 83	16			
ago 86	fev 88	19			
mar 91	jul 92	[17			
fev 93	set 93	[8			
jun 94	mar 95	[10			
abr 97	mai 98	14			

Figura 1 - Limites das categorias de precipitação mensal em Pelotas (RS): abaixo da normal (abaixo do tercil inferior), acima da normal (acima do tercil superior) e quase normal (entre os 2 tercis).



Para cada um dos trimestres do ano e para o ano todo, foram construídas tabelas de contingência 3 x 3 para relacionar os 3 eventos de TSM no Pacífico (El Niño, Normal e La Niña) com os 3 eventos de precipitação (abaixo, quase e acima da normal). Para fins de cálculo das medidas de exatidão, as tabelas de contingência 3 x 3 foram reduzidas para 2 x 2, como mostrado na Figura 2.

A principal medida de exatidão em tabelas de contingência, como as mostradas na Figura 2, é a taxa de acerto ou proporção correta ($TA = (a+d) / n$), além de duas outras calculadas rotineiramente: a probabilidade de detecção ($PD = a / (a+c)$), que é a fração das ocasiões quando o evento ocorreu e foi detectado e a taxa de falso alarme ($FA = b / (a+b)$), que é a proporção dos eventos considerados que não ocorreram.

As taxas de acerto e falso alarme foram estatisticamente verificadas usando o escore das Características Operacionais Relativas-COR (Sweets, 1973; Mason, 1982). Este escore, baseado na teoria de detecção de sinais, é computado por meio de 2 parâmetros: um índice discriminante dado pela diferença entre as médias das distribuições normais de TA e FA e b, a covariância entre TA e FA, dado pela razão das ordenadas das distribuições normais destas duas

taxas.

As Características Operacionais Relativas, que são gráficos das taxas de acerto TA [1 - probabilidades de erros do tipo II (rejeitar a hipótese verdadeira) ou "potência" do teste de hipótese em estatística] em função das taxas de falso alarme FA [probabilidades de erros do tipo I (aceitar a hipótese falsa)]. O escore COR é dado por $(P(d=x) - P(d=0)) / P(d=0)$, no qual $P(d=0) = 0,5$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, encontram-se as frações de tempo com as ocorrências simultâneas de determinado evento de TSM no Pacífico e correspondente categoria de precipitação em Pelotas, assim como as anomalias médias de TSM no Pacífico e Atlântico Sul, para os quatro trimestres do ano e para o ano todo. Na Figura 3, são mostradas as categorias de precipitação mensal em Pelotas durante eventos de El Niño e La Niña, em função das anomalias de TSM no Pacífico, na região Niño 3.4 e no Atlântico Sul.

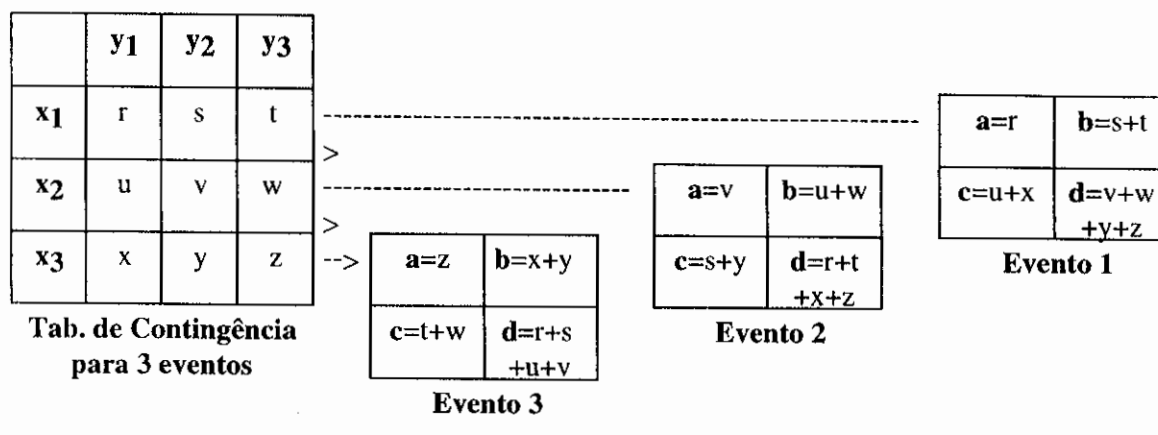


Figura 2 - Redução de tabela de contingência 3x3 em três 2x2, para a verificação de eventos (x_i) em 3 categorias (y_i).

Tabela 2 - Fração percentual dos meses com ocorrência de determinado evento no Pacífico, anomalias médias de TSM no Pacífico Equatorial (PACE) e Atlântico Sul (ATLS) e correspondentes percentagens de ocorrência de determinada categoria de precipitação mensal em Pelotas (RS).

EVENTO			JFM	AMJ	JAS	OND	ANO
LA NIÑA 23%	TSM	PACE	-0,88	-0,64	-0,77	-1,08	-0,85
		ATLS	0,05	0,21	0,06	0,00	0,07
	PREC.	ABAIXO	28	50	52	50	45
		NORMAL	38	30	24	32	31
		ACIMA	29	20	24	18	24
NORMAL 46%	TSM	PACE	-0,02	0,08	0,01	-0,03	0,01
		ATLS	0,06	0,08	0,12	0,10	0,09
	PREC.	ABAIXO	36	31	30	30	32
		NORMAL	30	37	37	32	33
		ACIMA	34	37	33	38	35
EL NIÑO 31%	TSM	PACE	1,06	0,86	0,97	1,34	1,08
		ATLS	0,20	0,05	0,08	0,19	0,14
	PREC.	ABAIXO	35	26	25	22	27
		NORMAL	37	31	35	39	36
		ACIMA	28	44	40	39	38

As principais medidas de exatidão, incluindo as taxas de acerto e as probabilidades de detecção, assim como os parâmetros das características operacionais relativas para as ocorrências simultâneas mensais de determinado evento de TSM no Pacífico e correspondente categoria de precipitação em Pelotas, nos 4 trimestres do ano e no ano todo, são mostradas na Tabela 3 e Figura 4. Altas taxas de acerto, superiores a 50% são observadas em todos os casos, assim como falso alarme, superiores a 60-70% na maioria dos casos. Nos outros casos, a significância estatística entre as TAs e as FAs, foi verificada por meio do escore COR. Foram obtidas conexões significativas entre os eventos La Niña e precipitações abaixo da normal no segundo, terceiro e

quarto trimestres do ano (abril a dezembro) e no ano todo, com escores COR de 34, 38, 34 e 21% e entre El Niño e precipitações acima da normal só no segundo trimestre do ano (abril a junho), com escore de 12%. As conexões das precipitações na região com El Niño são menores e em períodos mais restritos (3 meses) em relação aos resultados de Rao & Hada (1990), Chu (1991) e Diaz et al. (1998), pois foi utilizado um critério mais objetivo para definição das características dos eventos de TSM, e as verificações, por meio de escores de destreza, foram feitas em tabelas de contingência, eliminando os efeitos de extremos, comuns em análises por correlações usadas na maioria dos estudos.

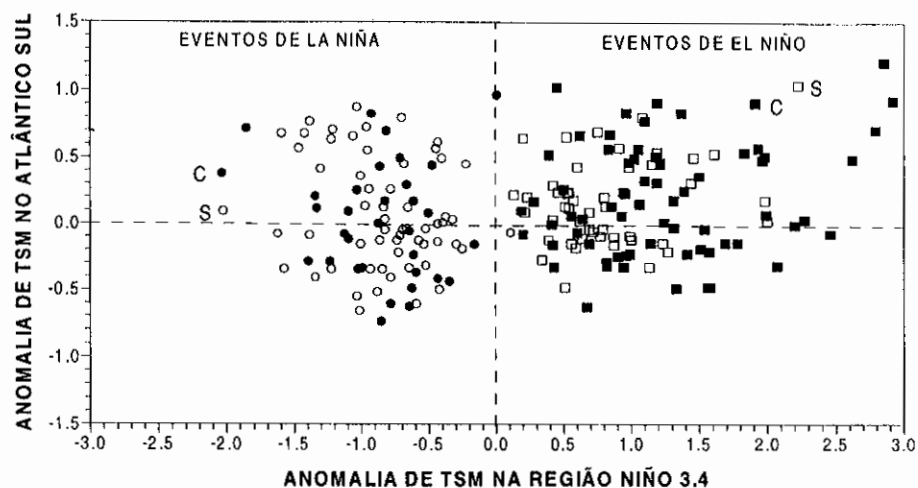


Figura 3. Categorias de precipitação mensal (S = abaixo da normal - símbolos vazios e C = acima da normal - símbolos cheios) em Pelotas, durante os eventos de El Niño (quadrados) e La Niña (círculos), em função das anomalias de TSM no Pacífico, na região Niño 3.4 e no Atlântico Sul

Tabela 3 - Medidas percentuais de exatidão (TA, PD e FA) e parâmetros das características operacionais relativas (d, b, escore) para as ocorrências simultâneas mensais de determinado evento de TSM no Pacífico e correspondente categoria de precipitação em Pelotas, considerando-se os 4 trimestres do ano, o ano todo e a climatologia como referência.

Jan-Fev-Mar		Medidas de Exatidão			Carac. Oper. Relativas		
TSM	PREC.	TA	PD	FA	d	b	Escore
Niña	Abaixo	56,6	18,4	71,9	-0,42	0,86	-0,32
Normal	Normal	46,9	42,9	70,0	-0,61	0,87	-0,46
Niño	Acima	53,1	25,5	72,1	-0,51	0,84	-0,39

Abr-Mai-Jun		Medidas de Exatidão			Carac. Oper. Relativas		
TSM	PREC.	TA	PD	FA	d	b	Escore
Niña	Abaixo	67,1	31,9	50,0	0,44	0,91	0,34
Normal	Normal	51,8	55,3	64,9	-0,34	0,93	-0,27
Niño	Acima	62,2	34,7	56,4	0,15	0,97	0,12

Jul-Ago-Set		Medidas de Exatidão			Carac. Oper. Relativas		
TSM	PREC.	TA	PD	FA	d	b	Escore
Niña	Abaixo	67,4	35,4	48,5	0,49	0,90	0,38
Normal	Normal	54,9	47,9	63,5	-0,23	0,95	-0,18
Niño	Acima	59,7	39,6	60,4	-0,01	0,99	0,00

Out-Nov-Dez		Medidas de Exatidão			Carac. Oper. Relativas		
TSM	PREC.	TA	PD	FA	d	b	Escore
Niña	Abaixo	67,1	40,4	50,0	0,44	0,91	0,34
Normal	Normal	51,8	36,7	67,9	-0,42	0,90	-0,32
Niño	Acima	59,4	40,4	61,2	-0,04	0,98	-0,03

Ano Todo		Medidas de Exatidão			Carac. Oper. Relativas		
TSM	PREC.	TA	PD	FA	d	b	Escore
Niña	Abaixo	64,6	31,3	54,1	0,27	0,94	0,21
Normal	Normal	51,4	45,8	66,9	-0,39	0,91	-0,30
Niño	Acima	59,0	35,4	62,2	-0,08	0,98	-0,06

Referência		Medidas de Exatidão			Carac. Oper. Relativas		
TSM	PREC.	TA	PD	FA	d	b	Escore
Niña	Abaixo	59,0	22,9	66,7	-0,20	0,94	-0,16
Normal	Normal	51,4	45,8	66,7	-0,40	0,91	-0,31
Niño	Acima	56,2	31,3	66,7	-0,27	0,92	-0,21

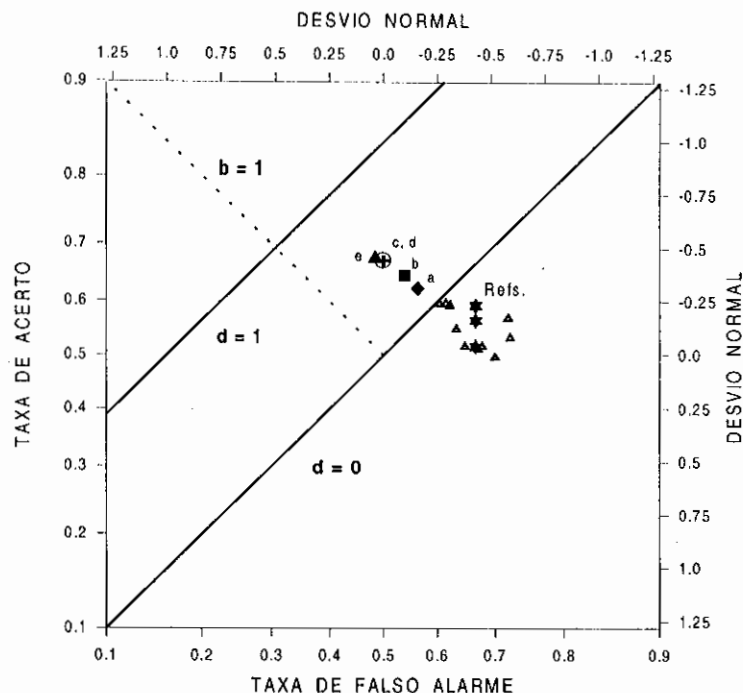


Figura 4 - Escores das Características Operacionais Relativas (COR) para as ocorrências simultâneas de eventos de TSM no Pacífico e categorias de precipitação em Pelotas. Os valores estatisticamente significativos situam-se acima da diagonal $d=0$ e os perfeitos no canto esquerdo superior. As letras identificam os eventos significativos: **a** – El Niño e precipitações acima da normal em abr-mai-jun; **b, c, d, e** – La Niña e precipitações abaixo da normal, respectivamente, no ano todo, em abr-mai-jun, out-nov-dez e jul-ago-set; e **Refs.** (estrelas) os valores climatológicos.

4. CONCLUSÕES

No período considerado (1950-97), só se observaram conexões estatisticamente significativas entre os eventos La Niña e precipitações abaixo da normal de abril a dezembro, com escores COR de 34-38% e El Niño e precipitações acima da normal de abril a junho, com escore de 12%. A influência do El Niño no regime de precipitações de Pelotas é pequena e restrita ao segundo trimestre do ano, enquanto a de La Niña é superior, mas ainda pequena, na maior parte do ano.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface Climate. *Mon. Wea. Rev.*, v. 16, p. 505-524. 1988.
- CHU, P. S. Brazil's climate and ENSO. In: GLANTZ, M., KATZ, R.W., NICHOLLS, N. (Eds.) *Teleconnections linking worldwide climate anomalies*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p.43-71.
- DIAZ, A. F., STUDZINSKI, C. D., MECHOSO, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. *J. Clim.*, v. 11, p. 251-71. 1988.
- MASON, I. A model for assessment of weather forecasts. *Aust. Meteorol. Mag.*, v.30, p.291-303. 1982.
- MECHOSO, C., LYONS, S., SPAHR, J. The impact of sea surface temperature anomalies on the rainfall over Northeast Brazil. *J. Clim.*, v.3, p.812-26. 1990.
- NAVARRA, A., VON STORCH, H. *Analysis of Climate Variability*. Viena: Springer, 1993. 335 p.
- NICHOLLS, N. El Niño - southern oscillation and rainfall variability. *J. Clim.*, v.1, p.418-421. 1987.
- PISCIOTTANO, G. J. et al. El Niño - Southern Oscillation impact on rainfall in Uruguay. *J. Clim.*, v.7, p.1286-302. 1994.

- RAO, V. B., HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the Southern Oscillation. **Theor. Appl. Clim.**, v. 42, p. 81-91, 1990.
- ROPELEWSKI, C. F., HALPERT, M. S. Precipitation patterns associated with high index phase of Southern Oscillation. **J. Clim.**, v.2, p.268-84. 1989.
- SANSIGOLO, C. A., NERY, J. T. Análise de fatores comuns e agrupamentos das precipitações nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília. **Anais...** (CD-ROM).
- SWETS, J. A. The relative operating characteristic in psychology. **Science**, v.182, p.990-9, 1973.
- TREMBERTH, K. E. The definition of El Niño. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, v.178, p.2771-7. 1997.
- WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. San Diego: Academic Press, 467 p.