

VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO DO PARANÁ

INTERANUAL VARIABILITY OF THE PRECIPITATION IN THE PARANÁ STATE, BRAZIL

Jonas Teixeira Nery¹, Walter Mario Vargas² e Maria de Lourdes Orsini Fernandes Martins³

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi estudar, através de diferentes índices, a variabilidade interanual das precipitações no Estado do Paraná. Para tanto foram utilizadas 24 estações com diferentes períodos de observações. No caso do estudo da primeira função ortogonal empírica e do índice de seca, utilizaram-se todas as séries dentro de um mesmo período, 1948 a 1992. Os dados foram obtidos junto ao Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica - DNAEE. Na escala interanual, a relação da precipitação com a Oscilação Sul (OS), resultou que todas as flutuações interanuais mais significativas da precipitação da região, estiveram associadas com as fases extremas da Oscilação Sul. A característica mais importante na manifestação da Oscilação Sul foi a persistência das anomalias débeis e moderadas por vários meses. Mesmo sendo o sinal de Oscilação Sul estatisticamente significativo, verificou-se que uma única fase da Oscilação Sul, positiva ou negativa, pode resultar tanto em precipitações positivas como em precipitações negativas.

Palavras-Chave: Variabilidade interanual das precipitações, El Niño-Oscilação Sul, Estado do Paraná.

SUMMARY

The aim of this work was to analyse through precipitation indices (monthly and anual precipitation, empirical orthogonal function and droughts indices) the interannual variability, in the Parana State from

¹DFI - Área de Meteorologia - Avenida Colombo 5790, UEM, Maringá, PR, CEP 87020-900.

²Depto Ciências da Atmosfera, Cidade Universitária, Pavilhão 2, UBA, Buenos Aires, Argentina.

³DFI - Área de Meteorologia - Avenida Colombo 5790, UEM, Maringá, PR, CEP 87020-900.

1948 a 1992. Twenty four series were used with different period. This data were provided by Departamento Nacional de Agua e Energia Elétrica - DNAEE-PR. The relationship between precipitation and the Southern Oscillation (SO) in the Paraná State virtually all significant interannual variations were associated with extreme phases of the SO. It has also been verified that the most important characteristic of the SO effect is the persistence of weak precipitation anomalies for several months. Although statistically significant the SO signal can be associated with either above or below normal precipitation.

Key words: Precipitation Interannual Variability, El Niño-Southern Oscillation, Paraná State, Brazil.

INTRODUÇÃO

As condições extremas de precipitação provocam, enormes perdas de produção agrícola e, por consequência, afetando praticamente todas as componentes da atividade econômica. Em algumas instâncias, os efeitos econômicos associados a estes eventos meteorológicos extremos podem ter graves consequências especialmente nos países em desenvolvimento, os quais dependem fortemente da agricultura.

Essas anomalias das precipitações são, frequentemente, as mais extensas regionalmente e por conseguinte, são também as mais prejudiciais. Uma forma de minimizar esses problemas é dispor de diagnóstico para tais eventos.

Pode-se citar trabalhos realizados por KOUSKY (1985), SUGAHARA (1991) e NERY (1996) que estudaram diversas situações de extremos envolvendo principalmente casos de El Niño. Deve-se, também, ressaltar os trabalhos realizados por KOUSKY e CAVALCANTI (1984) que estudaram modelos de anomalias da precipitação extrema associados com a circulação atmosférica.

Um dos procedimentos utilizado para detectar um sinal climático de grande escala (tal como a Oscilação Sul) tem sido através de índices regionais, que podem ser obtidos combinando as observações feitas em diferentes estações meteorológicas. Um tipo de combinação frequentemente usado é a média aritmética de desvios padronizados das observações, (KRAUS, 1977; KATZ, 1982; STOECKENIUS, 1981; HASTENRATH, 1991; KATZ e GLANTZ, 1986). Os valores desta média, quando exibidos na forma de série temporal, tendem a realçar as flutuações climáticas de grande escala, uma vez que as anomalias muito localizadas ou espacialmente incoerentes tendem a se anular entre si. Os coeficientes temporais de funções ortogonais empíricas têm sido também utilizados com o mesmo objetivo (ARKIN, 1982).

O objetivo desse trabalho é estudar a climatologia das precipitações extremas (máximas e mínimas), sua coerência temporal e sua relação com o fenômeno El Niño, em especial os valores médios e

extremos das precipitações mensais e anuais, relacionando-os com a ocorrência de anomalias de precipitação no Estado do Paraná.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados de chuva das diferentes estações meteorológicas utilizadas foram obtidos junto ao Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE), distrito do Paraná, Tabela 1.

De acordo com a Figura 1 pode-se observar que a região noroeste do Estado do Paraná ficou descoberta de informações meteorológicas, em virtude da falta de dados que representassem climatologicamente esta região.

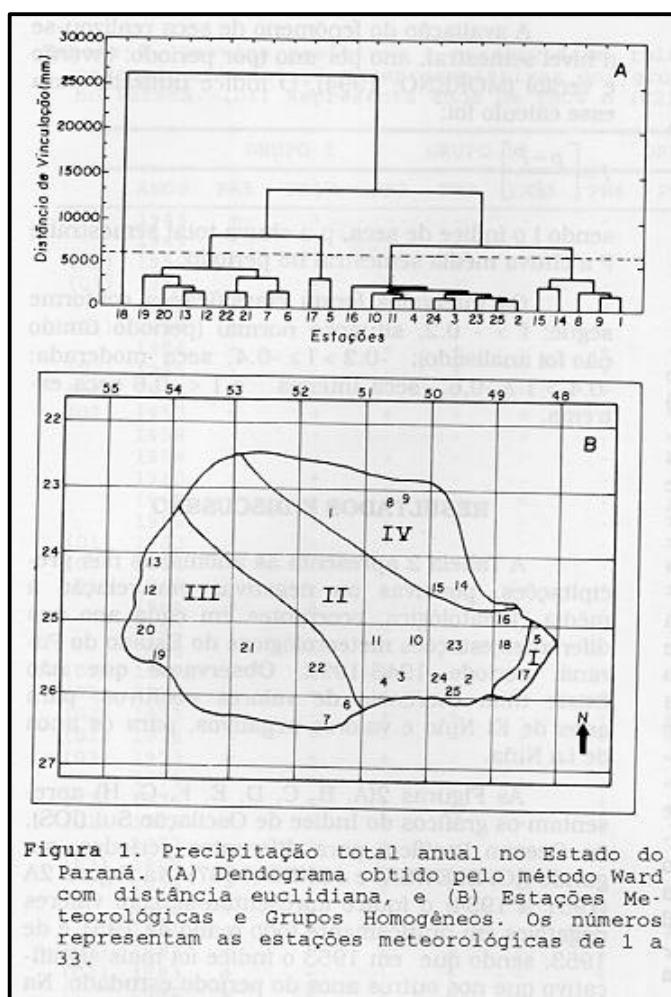
Tabela 1. Estações meteorológicas utilizadas, com suas respectivas latitudes, longitudes, altitudes e período de observação.

Estações	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Período
PR1 Jataizinho	23° 15'	50° 59'	340	1938-1992
PR2 Quitandinha	25° 57'	49° 23'	810	1941-1992
PR3 S. Mateus do Sul	23° 52'	50° 23'	760	1939-1992
PR4 Mallet	25° 56'	50° 41'	750	1948-1992
PR5 Antonina	25° 14'	48° 45'	80	1947-1992
PR6 União da Vitória	26° 14'	51° 04'	736	1940-1992
PR7 Jangada	26° 22'	51° 15'	80	1946-1992
PR8 Santa Mariana	23° 06'	50° 27'	340	1946-1992
PR9 Andirá	23° 05'	50° 17'	375	1946-1992
PR10 Ponta Grossa	25° 15'	50° 09'	790	1946-1992
PR11 Prudentópolis	25° 12'	50° 56'	690	1938-1992
PR12 Itaipu	24° 34'	54° 15'	150	1941-1992
PR13 Guaíra	24° 04'	54° 15'	218	1946-1992
PR14 Adrianópolis	24° 39'	49° 00'	180	1939-1992
PR15 Cerro Azul	24° 54'	49° 20'	400	1947-1992
PR16 Praia Grande	25° 10'	48° 53'	750	1940-1992
PR17 Morretes	25° 28'	48° 50'	8	1947-1992
PR19 Foz do Iguaçu	25° 41'	54° 26'	152	1948-1992
PR20 Parque Nacional	25° 17'	54° 29'	100	1942-1992
PR21 Campo Novo	25° 28'	52° 54'	550	1948-1992
PR22 Guarapuava	25° 38'	51° 58'	740	1948-1992
PR23 Curitiba	25° 26'	49° 16'	929	1922-1992
PR24 São Bento	25° 56'	49° 47'	750	1939-1992
PR25 Rio Negro	26° 06'	49° 48'	770	1948-1992

A partir da seleção das séries (NERY, 1996) as estações foram regionalizadas em grupos homogêneos, gerando um índice para cada região agrupada. A análise multivariada de agrupamentos

(“cluster”), usando método Ward com distância euclidiana, possibilitou a obtenção de quatro grupos. Todas as estações meteorológicas das quatro regiões foram utilizadas para a obtenção do índice padronizado (KRAUS, 1977), de função ortogonal empírica (GRIMMER, 1963) e de seca (MORENO, 1994), Figuras 1A (dendograma) e 1B (mapa com as estações classificadas nos quatro grupos).

Para realizar a regionalização, utilizaram-se métodos de classificação não hierárquicos. Estes métodos de classificação simplesmente indicam uma amostra a um grupo localizando e juntando as amostras similares. Há diversos métodos de classificação, não hierárquico, possíveis de serem usados como o de ligação simples, ligação média, agrupamento por variância mínima e método de Ward. Mesmo existindo algum grau de subjetividade a eleição do método deve ser o mais objetivo possível (LEWIS e TORRES, 1992). Neste trabalho, a análise sistemática dos diferentes métodos de análise multivariada chegou-se ao método de Ward, com distância euclidiana. Este método mostrou uma coerência das precipitações com aspectos geográficos permitindo estabelecer a classificação dos grupos dentro do Estado do Paraná.



Como não se conhece claramente as diferentes fases do ciclo de El Niño - Oscilação Sul (ENOS) ou de anti El Niño - Oscilação Sul (AENOS) estudaram-se os sinais da Oscilação Sul (OS) inicialmente nas precipitações anuais. O ano civil foi escolhido, visto que este cobre praticamente todas as fases desses episódios. As precipitações mensais de janeiro a dezembro dos anos de ENOS e AENOS foram utilizadas para verificar se seguiam algum padrão de comportamento em relação a tais fases.

Considerando o índice de Oscilação Sul (IOS) como indicador do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ROPELEWSKY e JONES, 1987) foram determinados os anos com manifestação das fases quentes (ENOS) e frias (AENOS).

No cálculo do índice padronizado (KRAUS, 1977) as estações foram utilizadas sem preenchimento de falhas e levando-se em consideração todo o período disponível. Entretanto no cálculo do índice de função ortogonal empírica e de seca, em razão de não ser possível utilizar períodos diferentes e séries com dados faltantes, pois as matrizes dos dados utilizados, necessariamente, devem ter a mesma dimensão, recorreu-se ao método de regressão para preencher as possíveis falhas. Os anos ENOS de 1951, 1953, 1957, 1963, 1965, 1969, 1972, 1976, 1982, 1983, 1986, 1990, 1992 e os AENOS de 1949, 1950, 1955, 1956, 1964, 1970, 1971, 1973, 1975 e 1988, segundo RASMUSSEN e CARPENTER (1982), foram estudados neste trabalho.

As séries anuais e mensais do índice padronizado foram determinadas seguindo procedimento descrito por KRAUS (1977), que envolve, basicamente, normalizações, médias aritméticas e análise de variância. As normalizações foram feitas para evitar que algumas estações, com médias e desvios padrão altos sobreponham as demais. Assim, para cada estação individual, as normalizações foram feitas subtraindo da precipitação observada a média (μ) e dividindo esta diferença pelo desvio - padrão (σ), sendo que μ e σ são de longo prazo e pertinentes a própria estação meteorológica e a cada período de observação. Por exemplo, se um valor de precipitação era de janeiro, na normalização utilizou-se μ e σ calculados com valores de todos os janeiros disponíveis. Foram determinados:

a) média anual (\bar{X}) da precipitação para a estação i:

$$\bar{X} = \frac{1}{J} \sum_j X_{ij} \quad (1)$$

onde X_{ij} é a precipitação anual da estação meteorológica i durante j anos e J o número de anos no período escolhido para análise.

b) variância da precipitação (τ^2):

$$t^2 = \frac{1}{J} \sum X_{ij}^2 - \bar{X}^2 \quad (2)$$

c) padronização da precipitação:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}}{t_i} \quad (3)$$

d) índice de precipitação a_j para cada ano:

$$a_j = \frac{1}{I} \sum_i X_{ij} \quad (4)$$

sendo I o número de estações meteorológicas regionais a serem analisadas.

A análise de variância foi aplicada para verificar se uma série temporal dessas médias era adequada ou não para evidenciar as oscilações coerentes dentro da área em questão. Isto foi feito decompondo a variância total em duas partes, uma temporal (V_t), expressando a variação temporal de precipitações na área como um todo e outra espacial (V_s), expressando a variação entre diferentes estações. Obviamente, a série é adequada se V_t for maior que V_s . Isto foi verificado submetendo a razão ($RV = V_t/V_s$) a um teste de hipótese estatístico. Pode-se demonstrar que a distribuição de probabilidade associada a RV é $F(v_1, v_2)$ de Fisher - Snedecor, quase independentemente de tipos de distribuições associadas a variáveis envolvidas na análise (BOX, 1953; TIKU, 1971). O v_1 e v_2 são, respectivamente, os graus de liberdade do numerador e denominador de RV.

A variância no tempo (V_t) é dada por:

$$V_t = \frac{\sum I a_j^2}{J-1} \quad (5)$$

e a variância entre as anomalias da precipitação dentro da região (V_s):

$$V_s = \frac{N - \sum I_j a_j^2}{N - J} \quad (6)$$

onde $N = \sum_i \sum_j X_{ij}^2$

O procedimento matemático da análise do índice associado à função ortogonal empírica (FOE) tem sido descrito extensivamente por autores como, GRIMMER (1963) e MORRISON (1976). As funções ortogonais empíricas são autovetores da matriz de coeficientes de correlação R (ou covariância) entre as séries individuais. São, portanto, ortogonais entre si (em virtude da simetria da matriz R) e funções das coordenadas espaciais. Os coeficientes dos autovetores são usualmente exibidos num mapa na forma de isolinhas revelando diferentes padrões de anomalias ou modos de ajustamentos do campo analisado. A evolução temporal de cada um desses padrões é descrita por um vetor associado que é uma função de coordenadas temporais. Tais vetores, que são também ortogonais entre si, são obtidos através da transformação linear da matriz de observações pela matriz dos autovetores. A importância relativa de cada modo de variação à variação total do campo analisado (variância total) é dada pelo respectivo autovalor. É um procedimento usual ordenar os FOE em ordem decrescente dos autovalores. Assim o primeiro FOE

(FOE1) é o que explica mais a variância total, o segundo FOE (FOE2), é o que vem com importância na sequência e assim por diante. Tem sido observado que a variação total de campos meteorológicos pode ser representada pela expansão de um número relativamente reduzido dessas funções. Matematicamente:

$$F_n = \sum_{i=1}^M C_{in} e_i \quad n = 1, 2, \dots, N$$

onde F_n é a matriz com observações de algum parâmetro meteorológico em n coordenadas temporais em M estações (ou pontos de uma grade), e_i é i -ésimo autovetor e C_{in} são os coeficientes da função temporal associada a e_i . No presente estudo, buscou-se os coeficientes C_{in} que descrevessem as flutuações coerentes de precipitação no Estado do Paraná.

Grande semelhança entre a série de índices de anomalias normalizadas e os coeficientes temporais do índice (FOE1) foi observada tanto para precipitações anuais como para precipitações mensais mesmo entre aquelas derivadas de conjuntos diferentes de estações.

A avaliação do fenômeno de seca realizou-se a nível semestral, ano por ano (por período: inverno e verão) (MORENO, 1994). O índice utilizado para esse cálculo foi:

$$I = \left[\frac{p - P}{P} \right]$$

sendo I o índice de seca, p a chuva total semestral e P a chuva média semestral no período.

Os intervalos foram classificados conforme segue: $I > -0.2$, situação normal (período úmido não foi analisado); $-0.2 > I \geq -0.4$, seca moderada; $-0.4 > I \geq -0.6$, seca intensa e $I < -0.6$ seca extrema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta as anomalias nas precipitações, positivas ou negativas em relação à média climatológica, ocorrentes em cada ano nas diferentes estações meteorológicas do Estado do Paraná, período 1948-1992. Observa-se que não existe uma coerência de valores positivos, para anos de El Niño e valores negativos, para os anos de La Niña.

As Figuras 2(A, B, C, D, E, F, G, H) apresentam os gráficos do Índice de Oscilação Sul (IOS), no Oceano Pacífico, para diferentes períodos, segundo ROPELEWSKI e JONES (1987). Na Figura 2A (1951 a 1954) o índice apresentou-se com valores negativos em praticamente todo o ano de 1951 e de 1953, sendo que em 1953 o índice foi mais significativo que nos outros anos do período estudado. Na Figura 2B, período 1960 a 1963, não se observa nenhuma anomalia marcada em todo o período; na Figura 2C (1968 - 1971), os anos de 1970 e 1971 apresentaram sinais positivos no índice; na Figura 2D (1971 - 1974), em 1972 os sinais são claramente negativos, voltando a ser positivo em 1973 e 1974. Na Figura 2F (período

1981 a 1984), a partir de junho de 1982 a abril de 1983, observa-se que os valores de IOS são altamente significativos, evidenciando uma clara diferença em relação aos índices anteriormente analisados e nas Figuras 2E (1975 - 1978), 2G (1985 - 1988) e 2H (1988 -1991), nenhuma anomalia significativa é observada.

Tabela 2. Desvios positivos e negativos em relação à média climatológica, para algumas estações representativas dos grupos I, II, III e IV, Estado do Paraná. (01) Representa anos de ENOS e (02) de AENOS.

	GRUPO I			GRUPO II			GRUPO III		GRUPO IV			
	ANOS	PR5	PR17	PR2	PR3	PR16	PR6	PR12	PR20	PR1	PR14	PR9
	1948	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1949	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(02)	1950	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-
(01)	1951	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	1952	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(01)	1953	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-
	1954	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+
(02)	1955	-	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+
(02)	1956	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
(01)	1957	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	1958	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
	1959	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-
	1960	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-
	1961	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-
	1962	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
(01)	1963	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
(04)	1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(01)	1965	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+
	1966	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(01)	1969	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-
(02)	1970	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
(02)	1971	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-
(01)	1972	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+
(02)	1973	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
	1974	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+
(02)	1975	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	+
(01)	1976	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
	1977	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
(02)	1978	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	1979	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
	1980	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
	1981	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
(01)	1982	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
(01)	1983	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	1984	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-
	1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
(01)	1986	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+
(01)	1987	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+
(02)	1988	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
	1989	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
(01)	1990	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	1991	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+
(01)	1992	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+

O estudo dos Índices de Oscilação Sul foi importante considerando que, sabidamente existe uma relação estreita entre as temperaturas da superfície do Oceano Pacífico (El Niño ou La Niña) e a precipitação na região geográfica estudada.

No estudo do índice de precipitação padronizado anual, Figura 3, observam-se seis sinais caracterizando anos de precipitações intensas, associados ou não a anos de El Niño: 1946, 1957, 1965, 1982,

1983 e 1990, para o nível de significância de 20%. Observa-se também que associados a episódios quentes ou não, nos níveis de significância de 20%, incluem-se os anos de 1940, 1944, 1949, 1962, 1967, 1968, 1978 e 1985. Esses sinais foram obtidos a partir de limites de probabilidades de 1% e 20%.

Na Figura 3A estão caracterizados todos os anos, para esse índice. A matriz padronizada, representada na Figura 4, mostram os desvios para cada ano e para cada mês. Pode-se observar que dos treze sinais representativos de El Niño, sete efetivamente caracterizaram-se como tal, para um nível de significância de 20% e apenas um sinal (1983), para o nível de significância de 1%.

De acordo com a classificação de RASMUSSEN (1982) e com os resultados obtidos neste trabalho ocorreram, dentro do período estudado, dez sinais de anomalia negativa, no Estado. Na Figura 3A está caracterizado somente um sinal de valor, para uma significância de 20%, associado a esses episódios e outros nove sinais de valores também significativos, mas não associados a esses episódios.

O estudo da razão de variância para testar se a variância temporal (V_t) foi maior que a variância espacial (V_s) resultou nos seguintes valores: $V_t = 13,17$ e $V_s = 0,51$, sendo portanto a variância temporal muito maior que a variância espacial. Assim, este índice resultou num parâmetro adequado para o estudo de variabilidade interanual.

No estudo de agrupamento procurou-se gerar áreas homogêneas e, dentro dessas áreas, trabalhar com o mesmo índice padronizado. Os grupos classificados foram, grupo I: PR5, PR17; grupo II: PR2, PR3, PR4, PR10, PR11, PR16, PR23, PR24, PR25; grupo III: PR6, PR7, PR12, PR13, PR19, PR20, PR21, PR22 e grupo IV: PR1, PR8, PR9, PR14, PR15.

O grupo I, por conter apenas duas estações não foi analisado, neste trabalho. Não se justifica a utilização do índice padronizado e da primeira função ortogonal empírica para um conjunto tão reduzido de séries.

Os demais grupos foram analisados, buscando-se sinais mais marcados em algumas das regiões classificadas. O grupo II (Figura 3B), período de estudo de 1938 a 1992, apresentou sinais altamente significativos nos anos de 1957 e 1983; outros sinais também apresentaram valores significativos, nesse caso para o limite de 20%, quais sejam: 1972, 1980 e 1990. Deve-se ressaltar que alguns desses anos foram classificados dentro do episódio de El Niño. No mesmo grupo, a classificação de anos de marcada anomalia negativa de precipitação foram: 1944, 1945, 1949, 1959, 1962, 1967, 1968, 1981 e 1985.

No grupo III (Figura 3C), período de estudo de 1942 a 1992, os anos com índice padronizado altamente significativo foram: 1946, 1954, 1957, 1965, 1973, 1983, 1989, 1990 e 1992. Somente o ano de 1983 apresentou um sinal altamente significativo para o limite de 1%. As anomalias negativas, dentro desse grupo foram: 1944, 1945, 1948, 1949, 1967, 1968, 1978 e 1985. Nenhum desses sinais são significativos dentro do limite de 1%. No grupo IV (figura 3D), período de estudo 1939 a 1992, os sinais

significativos para um limite de probabilidade de 1%, foram, positivos: 1941, 1946, 1957, 1965, 1976, 1982, 1983, 1987, 1989, 1990 e 1992 e negativos: 1940, 1943, 1944, 1949, 1962, 1963, 1966, 1967, 1968, 1969, 1971, 1977 e 1985.

Os resultados utilizando a primeira função ortogonal empírica, com valores anuais, para todas as séries e dentro dos grupos, estão altamente correlacionados com os índices obtidos através da padronização. Foram consideradas todas as séries dentro de um mesmo período (1948 a 1992), visto que para correlacionar as séries de índice padronizado com as séries de funções empíricas foi necessário que ambas tivessem o mesmo período de análise.

A Figura 4(A, B, C, D, E, F, G, H) apresenta as séries de índices de precipitações padronizados para todas as estações meteorológicas e para cada grupo, valores mensais. Na Figura 4A, índice padronizado para todas as estações estudadas, período 1939 a 1942, não se observa sinais claramente representativos de um predomínio em alguns meses desse índice. Na Figura 4E, período 1981 a 1984, os valores mensais nos anos de 1982 e 1983, El Niño mais forte sobre toda a região estudada, apresentou uma concentração de chuvas no segundo semestre de cada ano. Os resultados das demais figuras, referentes a esse índice mensal, mostraram que as chuvas não são homogêneas mesmo nos períodos de El Niño, 1939 a 1942, figuras 4(B, C, D). As Figuras 4(F, G, H), período 1981 a 1984, para cada grupo, mostraram os anos de 1982 e 1983, com precipitações mais significativas e mais concentradas no segundo semestre.

Na Tabela 3, os sinais positivos representaram anomalias maiores que σ e os sinais negativos anomalias menores que -0.9σ . Esses limites correspondem ao nível de probabilidade de 15%, aproximadamente. A coluna da direita apresenta as anomalias relativas às precipitações anuais. Pode-se notar que, inclusive, entre os anos de El Niño típicos, o comportamento da precipitação mensal modificou-se significativamente.

Tabela 3 - Estudo dos anos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) para cada mês e para a anomalia anual. Os valores positivos refletem valores acima de σ e os valores negativos abaixo de -0.9σ .

ANOS ENOS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANOMALIA ANUAL
1951				-		-	-	-	-	+			-0.48
1953						-				+			-0.42
1957						-	+	+	+				1.47
1963	+		+	-		-	-	-		+	+		-0.19
1965			-	+			+					+	0.81
1969				+				-			-	-	-0.02
1972		+						+	+				0.75
1976								+					0.34
1982	-	+	-	-		+	+		-	+	+		1.20
1983			+	+	+	+	+	-	+				2.42
1986						-		+				+	0.14
1987			-		+								0.23
1990	+	-		+			+	+					1.48
1992	-		+		+							-	0.86

Para verificar se houve alguma relação importante que não tivesse sido detectada através do índice de precipitação anual ou algum padrão de comportamento consistente com o ciclo típico de episódios frios, no Oceano Pacífico, analisou-se esse extremo através do índice de seca, Tabela 4.

Tabela 4. Períodos com seca mais destacados nas regiões centro-sul (Grupo II), centro-oeste (Grupo III) e noroeste (Grupo IV).

ANOS	% TERRITÓRIO	ANOS	% TERRITÓRIO
Grupo II			
INVERNO 1950/51/63/67/77/81/85	100	VERÃO 1974	55
INVERNO 1962	66	INVERNO 1949	44
VERÃO 1948	66	VERÃO 1959/64/84	44
INVERNO 1953/66/68	55		
Grupo III			
INVERNO 1951/67/68/77	100	INVERNO 1966	62
INVERNO 1962/63	87	VERÃO 1978	62
INVERNO 1978/81	75	INVERNO 1949/50/74/85	50
VERÃO 1956/77	75	VERÃO 1948/67	50
Grupo IV			
INVERNO 1951/63/68		INVERNO 1948/50/52/61//62/69/70/75/85	60
VERÃO 1978	100	INVERNO 1953/59/66/71/81	40
INVERNO 1949/67/77/91	80	VERÃO 1948/57/59/65/67/68/69 /71/83	40
VERÃO 1966	60		

Nas estações meteorológicas do grupo II as secas mais significativas ocorreram no inverno, nos anos de 1949, 1950, 1951, 1953, 1962, 1963, 1966, 1967, 1968, 1977, 1981 e 1985, sendo que os anos de 1951, 1963 e 1981 apresentaram seca intensa.. Já no período de verão nos anos de 1948, 1959, 1964, 1974 e 1984 a seca apresentou-se moderada.

Nas estações meteorológicas do grupo III os períodos de secas ocorreram no inverno, anos de 1949, 1950, 1951, 1962, 1963, 1966, 1967, 1968, 1974, 1981 e 1985, tendo o ano de 1951 apresentado seca intensa na maior parte do território e seca extrema numa menor parte; e nos anos de 1963, 1968 e 1981 ocorreu seca intensa. O período de verão, anos de 1948 e 1956, apresentou seca moderada e intensa, e nos anos 1967, 1977 e 1978 apenas seca moderada.

Nas estações meteorológicas do grupo IV os períodos de seca mais significativas ocorreram no inverno dos anos de 1948,1949, 1950, 1951, 1952, 1961, 1962, 1963, 1967, 1968, 1969, 1970, 1975, 1977, 1985 e 1991, apresentando seca extrema no ano de 1963, extrema e intensa no ano de 1952 e extrema e moderada no ano de 1968. No período de verão a seca ocorreu nos anos de 1978, com seca intensa e moderada e 1966, com seca moderada.

CONCLUSÕES

A Oscilação Sul é importante na intensidade da precipitação do Estado do Paraná, especialmente durante os anos de El Niño (ENSO). Com diferentes padrões, algumas oscilações estão associadas com anos mais chuvosos. Os períodos quentes que estão associados com anomalias positivas de precipitação mensal são mais marcados no período de julho a novembro.

Os episódios frios, fase anti-El Niño da Oscilação Sul são menos intensos e regulares considerando os sinais de anomalias da precipitação mensal.

O índice padronizado de precipitação mostra-se uma metodologia eficaz e simples para o estudo da variabilidade interanual.

O índice de seca apresenta todas as regiões obtidas, através da análise multivariada, com valores abaixo da precipitação normal, no período de inverno. Outra característica importante mostrada por este índice é que, algumas vezes no Estado do Paraná, as secas não estão associadas com os episódios frios da água no Oceano Pacífico, fase anti-El Niño da Oscilação Sul.

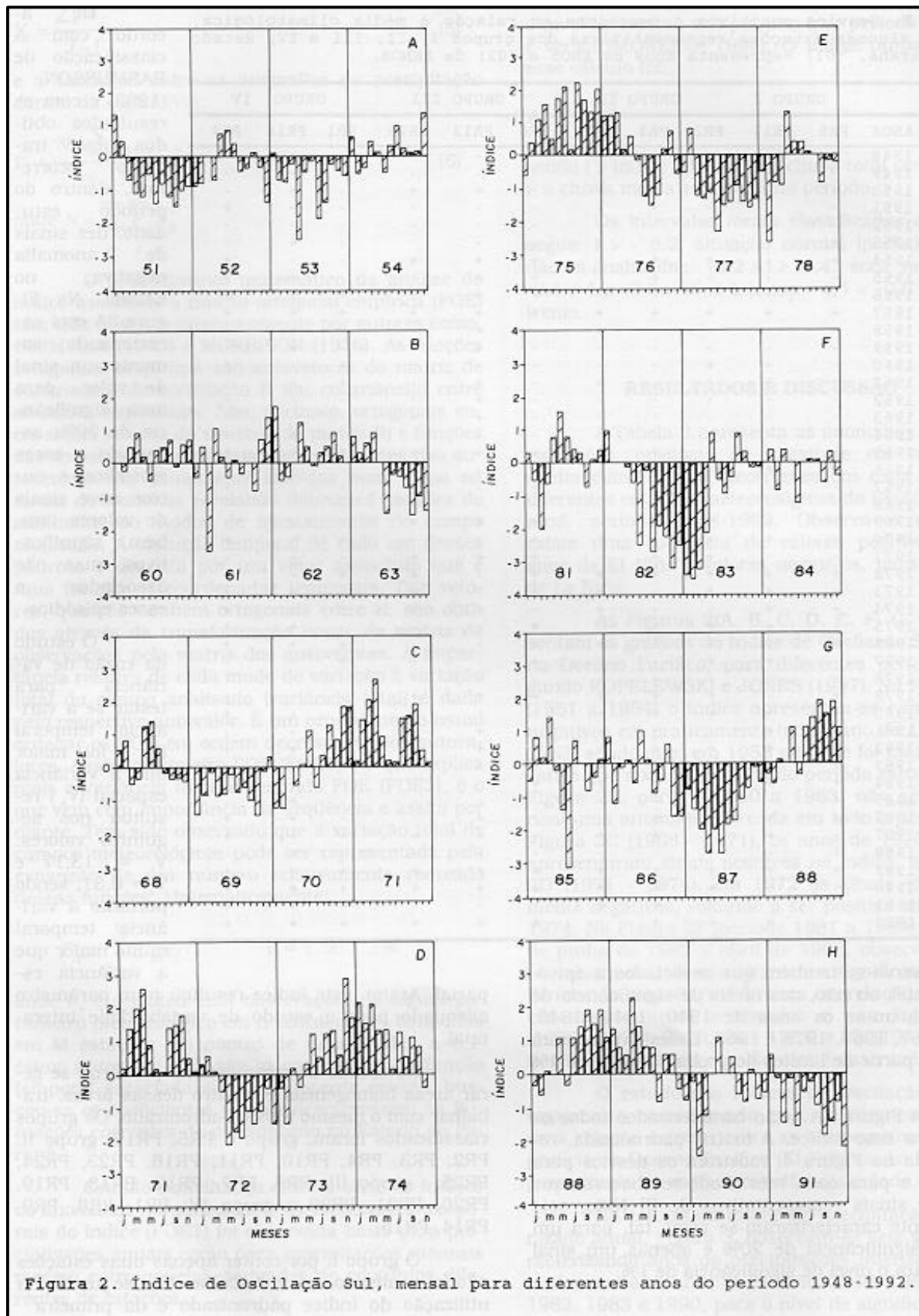


Figura 2. Índice de Oscilação Sul, mensal para diferentes anos do período 1948-1992.

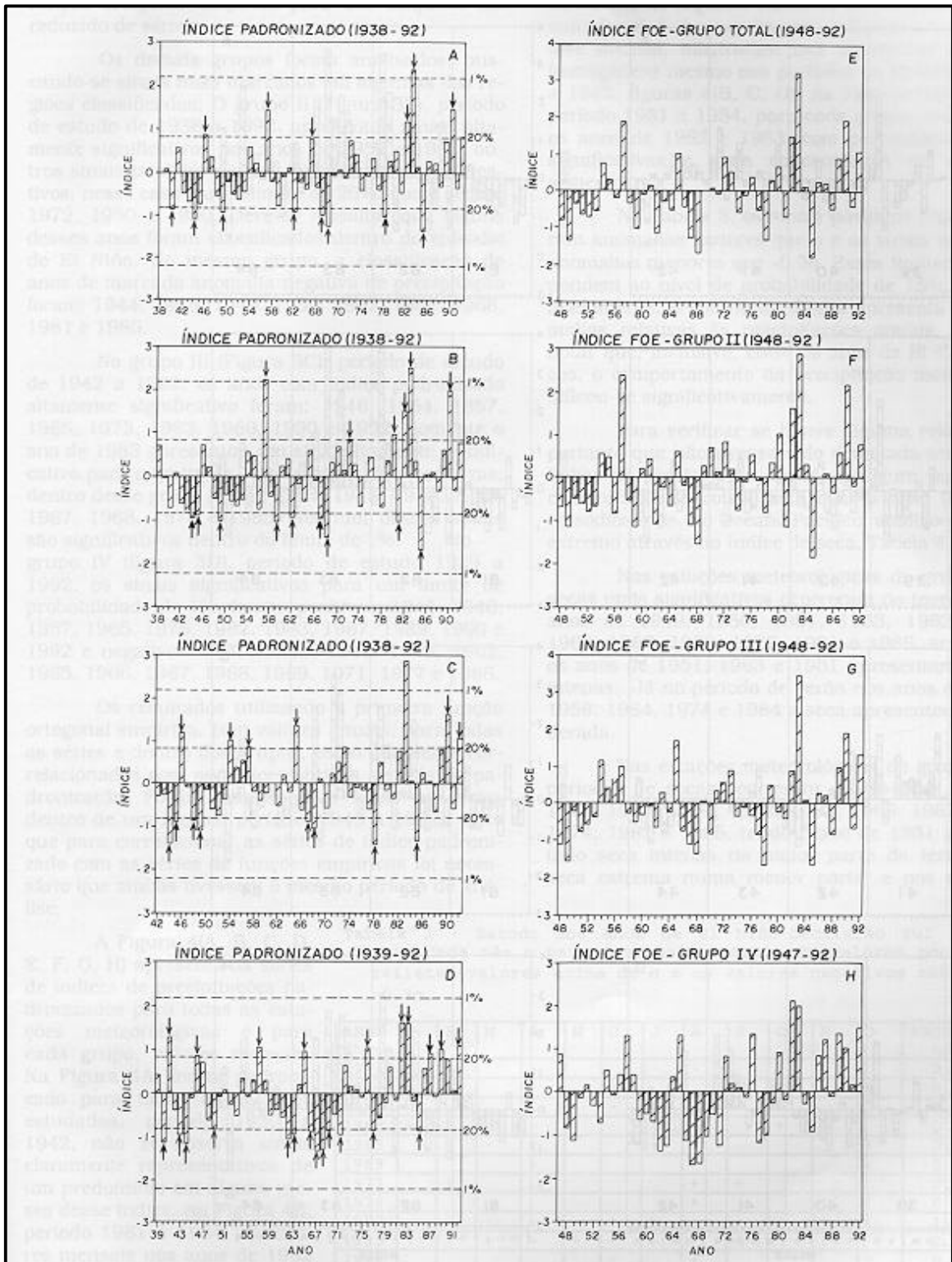


Figura 3. Índice Padronizado Anual representado nas Figuras A, B, C e D. Nas Figuras E, F, G e H estão representados os índices da função Ortogonal empírica (Índice FOE)

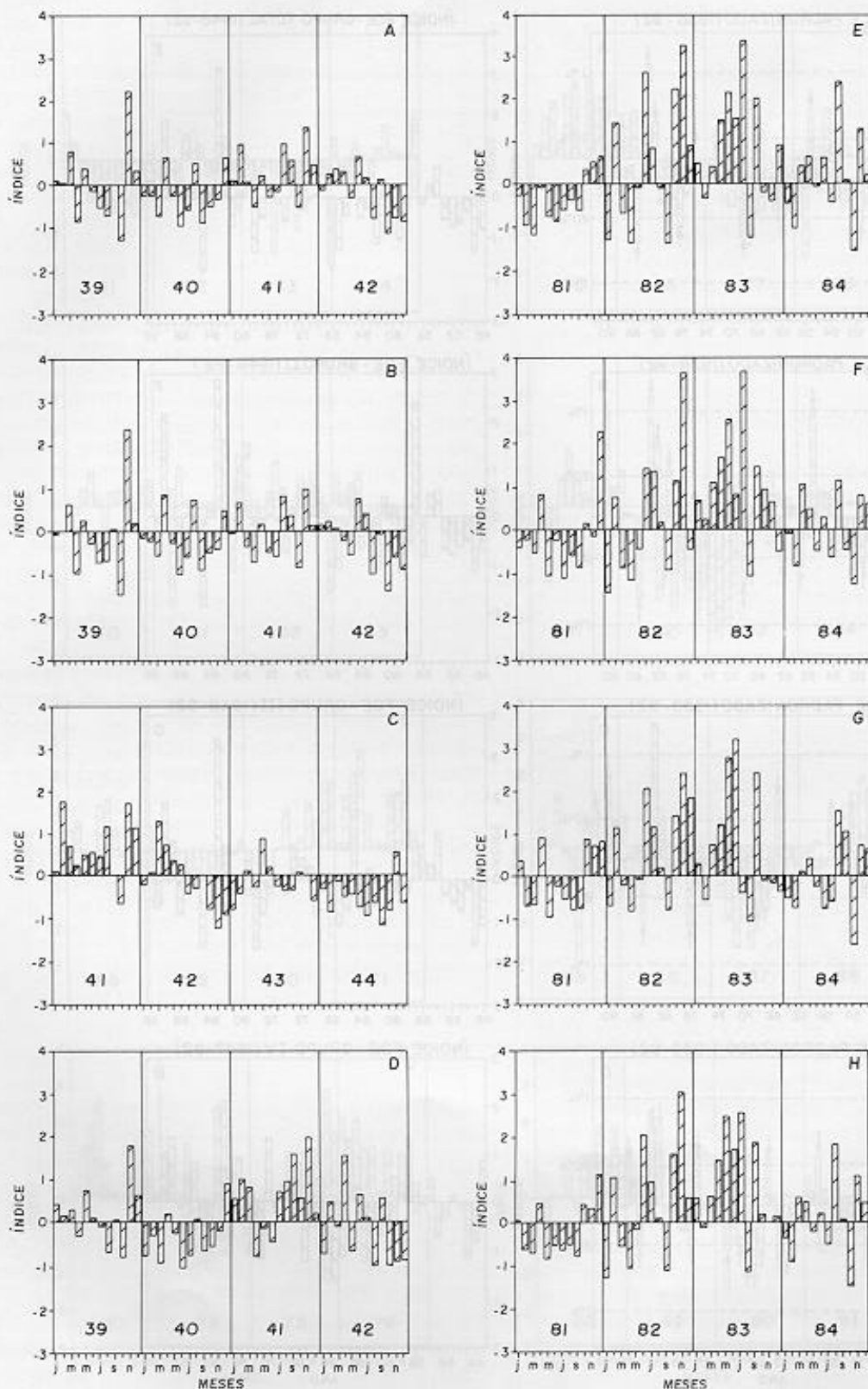


Figura 4. Índice Padronizado Mensal para diferentes anos do período 1939-1992: Figura A (1939 a 1942), B (1939-1942), C (1941 a 1944), D (1939 a 1942), E (1981 a 1984) para todas as estações, F (1981 a 1984), para o grupo II, G (1981 a 1984), para o grupo III e H (1981 a 1984), para o grupo IV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARKIN, P. A. The Relationship between Interannual Variability in the 200mb Tropical Wind Field and the Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 110, p. 1393-1404, 1982.
- BOX, C.E.P. Non-Normality and Tests on Variances. **Biometrika**, London, v. 40, p. 318-335, 1953.
- GRIMMER, M. The Space-Filtering of Monthly Surface Temperature Data in Terms of Pattern, Using Empirical Orthogonal Functions. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, London, v. 39, p. 395-408, 1963.
- HASTENRATH, S. **Climate Dynamics of the Tropics Updated Edition from Climate and Circulation of the Tropics**. London, Kluwer Academic Publishers, 1991. 463 p.
- KATZ, R.W. Statistical Evaluation of Climatic Experiments with General Circulation Models (GCM): Parametric Time Series Modeling Approach, **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 39, n. 7, p. 122-141, 1982.
- KATZ, R.W., GLANTZ, M.H. Anatomy of a Rainfall Index. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 114, p. 764-771, 1986.
- KOUSKY, V.E. Atmospheric Circulation Changes Associated with Rainfall Anomalies over Tropical Brazil. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 113, p. 1951-1957, 1985.
- KOUSKY, V. E., CAVALCANTI, I. F. A. Eventos Oscilação do Sul-El Niño: Características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciências e Cultura**, São Paulo, v. 36 n. 11 p. 1188-1899, 1984.
- KRAUS, E. V. Subtropical Droughts and Cross-Equatorial Transports, **Monthly Weather Review**, Washington, v. 105, p. 1009-1018, 1977.
- LEWIS J. P., TORRES P. S. **Análisis Multivariado, Introducción y su Aplicación a la Biología y Ecología**. Rosario Publicación, Rosario, 1ª edición, 1992. 87 p.
- MORRISON, D. F. **Multivariate Statistical Methods**. McGraw-Hill Book Company, 2ª Edição, 415 p., 1976.
- MORENO, H. G. Estadísticas de la Sequia en Colombia. **Atmosfera**, Santafe de Bogota, v. 1, n. 22, p. 67-70, 1994.
- NERY, J. T. **Estudio Climático de la Precipitación del Brasil Meridional Asociado con Fenómeno Extrarregionales**. Buenos Aires, Argentina, 1996. 138 p. Tese de doutorado, Curso de Pós Graduação em Meteorologia, Departamento Ciências da Atmosfera, Universidade de Buenos Aires, 1996.

- RASMUSSEN, E. M., CARPENTER, T. H. Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Niño. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 110, p. 354-384, 1982.
- ROPELEWSKI, C. F., JONES, P. D. An Extension of the Tahiti - Darwin Oscillation Index. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 115, p. 2161-2165. 1987.
- SUGAHARA, S. **Flutuações Interanuais, Sazonais e Intrasazonais da Precipitação no Estado de São Paulo**. São Paulo, 1991. 158 p. Tese de doutorado, Curso de Pós Graduação em Meteorologia. Departamento de Ciências da Atmosfera, Universidade de São Paulo, 1991.
- STOECKENIUS, T. Interannual Variations of Tropical Precipitation Patterns. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 109, p. 1233-1247, 1981.
- TIKU, M. L. Power Function of the F - test under Non-normality Situation. **Journal American Statistic Association**, Boston, v. 66, p. 913-916, 1971.