

ISSN 0104-1347

## Correlação da Precipitação do Estado do Paraná com a Anomalia da Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Equatorial

Correlation between precipitation and the sea surface temperature anomaly in the Equatorial Pacific Ocean for the Paraná State, Brazil

Jonas Teixeira Nery<sup>1</sup>, Maria de Lourdes Orsini Fernandes Martins<sup>2</sup> e Maria Cleide Baldo<sup>3</sup>

**Resumo** - Estudou-se a variabilidade interanual da precipitação pluviométrica, no Estado do Paraná, associada à anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial. Os dados foram cedidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e o período de estudo compreendeu 1950 a 1997. Através da análise multivariada geraram-se grupos homogêneos de precipitação para o referido Estado. Para cada grupo calculou-se o índice de anomalia padronizado anual e mensal de precipitação e, sendo utilizado o cálculo mensal para correlação com as anomalias da TSM através da análise regressão linear. Constatou-se que a variabilidade temporal da precipitação pluviométrica no Estado do Paraná nem sempre esteve associada aos fenômenos El Niño ou La Niña.

**Palavras-chave:** anomalia, variabilidade, precipitação, El Niño.

**Abstract** - This work presents an analysis of the rainfall variability in Paraná state. The objective of this work was to analyse the precipitation variability in its homogeneous region. The studied period was from 1950 to 1997. Rainfall data were obtained from Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). The regionalization of the precipitation was done through precipitation index. The correlation between precipitation index and sea surface temperature anomaly was analysed as well. The rainfall variability was often, but not always, associated with El Niño and La Niña phenomena. Fluctuations within the own interannual variability were observed.

**Key words:** anomaly, variability, rainfall, El Niño.

### Introdução

As condições atmosféricas influenciam todas as atividades humanas, sendo, por exemplo, a produção energética substancialmente dependente das condições climáticas. Essa influência se faz sentir em todas as fases dessa produção.

A ocorrência de fenômenos meteorológicos adversos contribui para grandes prejuízos na agricultura, causando, desta forma, preocupações aos agricultores, bem como ao planejamento energético.

A análise climatológica fornece subsídios importantes, tanto no que diz respeito a uma configuração padrão espacial bem como serve de auxílio à organização das atividades econômicas. Cumpre destacar o zoneamento agrícola e o estudo das bacias hidrográficas com todas as suas implicações.

O fenômeno El Niño – Oscilação Sul tem a sua origem no Oceano Pacífico Equatorial. Dois componentes constituem o fenômeno, sendo um de natureza oceânica e outro de natureza atmosférica,

<sup>1</sup>Prof. Dr. Departamento de Física. Universidade Estadual de Maringá (UEM). Av. Colombo, 5790, Maringá, PR, CEP 87020-900, Fone (044) 261 4330, e mail: [jonanery@dfi.uem.br](mailto:jonanery@dfi.uem.br).

<sup>2</sup>Téc. Nivel Sup. Departamento de Física, (UEM)

<sup>3</sup>Mestre em Geografia, (UEM)

relacionados à correlação inversa existente entre a pressão atmosférica nos extremos leste e oeste desse oceano, induzindo desta forma profundas modificações climáticas na região tropical e em várias regiões do globo terrestre (GRIMM *et al.*, 1997).

Vários estudos foram realizados enfocando a variabilidade interanual em todo o mundo. Depois dos trabalhos de WALKER (1928); WALKER & BLISS (1932, 1937) apud JULIAN & CHERVIN (1978) e principalmente BJERKNES (1965), a Oscilação Sul tornou-se um dos assuntos mais explorados por especialistas em tempo e clima. Há pelo menos duas razões básicas para tais interesses: a) ela foi evidenciada em muitos estudos como modo importante da variabilidade do sistema climático global na escala de oscilações interanuais (KIDSON, 1975; TRENBERTH, 1997; ARKIN, 1982); b) a persistência da Oscilação Sul por várias estações e suas fases extremas representa um potencial para a previsão do tempo, principalmente nas regiões onde o fenômeno tem-se mostrado intenso, segundo QUINN & BURT (1972).

A relação entre o El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e a precipitação é conhecida e tem sido muito amplamente estudada. ROPELEWSKI & HALPERT (1987) utilizaram a análise harmônica para estabelecer a relação entre o ENOS e a precipitação em distintas regiões do mundo e, em particular, encontraram aumento das chuvas de verão no noroeste da Argentina, na fase positiva da Oscilação Sul. BARROS *et al.* (1995) estudaram o campo de variabilidade regional da chuva na Argentina e observaram que a variância mostrou comportamento oposto entre a região norte e a central do país.

No Brasil, algumas anomalias de precipitação podem estar associadas ao fenômeno ENOS. KOUSKY & CAVALCANTI (1984) concluíram que, durante o período de El Niño de 1982-1983 (fase negativa da Oscilação Sul), uma corrente de jato subtropical bem marcada sobre a América do Sul e a oeste do Pacífico Sul, juntamente com várias situações de bloqueio em latitudes médias, favoreceram o ingresso e persistência de sistemas frontais ativos no Sul do Brasil. Isto explicaria a excessiva precipitação observada na região, nesse período.

A variabilidade interanual do começo da estação chuvosa foi estudada por HOREL *et al.* (1989), mas os mecanismos que a causaram não têm sido completamente compreendidos. Em alguns anos observa-se maior relação com a circulação de grande escala que em outros.

STUDZINSKI (1995) relacionou as precipitações no Sul do Brasil com as temperaturas do Oceano Pacífico e Atlântico Tropical e Sul. Concluiu que o ENOS desempenha um importante papel na variabilidade interanual das precipitações dessa região, e que o fenômeno tem influência em praticamente todos os meses do ano.

NERY *et al.* (1997a) observaram que todas as flutuações interanuais mais significativas da precipitação no Estado do Paraná estiveram associadas com as fases extremas de Oscilação Sul. As secas mais significativas ocorreram no inverno e, nem sempre, estiveram associadas com a fase La Niña, que tendem a induzir anos com chuvas deficientes no Sul do Brasil.

NERY *et al.* (1997b) estudaram a variabilidade interanual das precipitações no Estado do Rio Grande do Sul. Analisaram os valores médios extremos das precipitações mensais e anuais do estado, associados às suas anomalias. Observaram que todas as flutuações interanuais mais significativas da precipitação estiveram associadas com as fases extremas da Oscilação Sul e que a seca no Estado do Rio Grande do Sul nem sempre está associada com o fenômeno La Niña.

FONTANA & BERLATO (1997) utilizaram dados mensais de precipitação de 29 estações pluviométricas para o Rio Grande do Sul no período de 1913 a 1995 e constataram que existe influência do fenômeno El Niño - Oscilação Sul na distribuição da precipitação, a qual é mais intensa na porção oeste do Estado nos meses de outubro e novembro.

DIAZ *et al.* (1998) investigaram o ciclo anual da precipitação do Rio Grande do Sul e Uruguai. Constataram que as chuvas tendem a ser igualmente distribuídas durante o ano e encontraram, confirmando estudos prévios, conexões entre as anomalias de precipitação e a temperatura da superfície do mar nos oceanos Pacífico e Atlântico, no fim da primavera e início de verão e no fim de outono e início de inverno.

O objetivo deste estudo foi reexaminar, com mais detalhes, a correlação da precipitação com a anomalia da Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Equatorial, no Estado do Paraná.

## Material e métodos

Foram utilizados os dados de chuvas de 43 postos pluviométricos do Estado do Paraná conforme

distribuição apresentada na Figura 1. Estes dados foram cedidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e correspondem ao período de 1950 a 1997. Considerando que alguns postos pluviométricos apresentaram séries mais curtas, as mesmas não foram descartadas, buscando desta forma uma melhor distribuição espacial utilizando-as com seus respectivos períodos disponíveis.

Foram calculados os parâmetros estatísticos de média, anomalia e índice padronizado de anomalias da precipitação, com valores mensais e anuais e em diferentes períodos, tendo por objetivo o estudo de variabilidade mensal, anual e interanual. Estes valores foram relacionados com os valores de anomalia de temperatura da superfície do mar (El Niño 1+2), no Oceano Pacífico Equatorial com dados obtidos junto ao Centro Europeu de Previsão a Curto Prazo (ECWMF).

No cálculo de anomalias buscou-se estudar a variabilidade da precipitação mensal, em relação à média, para cada ano, ressaltando os sinais positivos e negativos, significativamente importantes ocorridos no período de 1950 a 1997. Para tanto, utilizaram-se os cálculos das anomalias  $(X-\bar{X})$  para cada ano civil, de todas as séries mensais, dentro do período estudado, onde  $X$  representa o valor mensal e  $\bar{X}$  o valor médio mensal do período.

Para efetuar a regionalização foram usados métodos de classificação hierárquicos. Estes métodos de classificação indicam uma amostra de um grupo, localizando e juntando as amostras similares. Neste trabalho utilizou-se a análise sistemática dos diferentes métodos de análise multivariada, chegando-se ao método de Ward, com distância euclidiana.

No caso de uma tabela  $T(n,p)$  de variáveis quantitativas, a estratégia de agregação do “crescimento mínimo do momento de ordem dois” é chamado método de Ward. O princípio de funcionamento deste método pode ser apresentado como uma generalização multidimensional do modelo de análise de variância. Nas expressões abaixo, sintetiza-se o modo de cálculo desse método:

$$SCD_{tot} = SCD_{res} + SCD_{fac} \quad (1)$$

$SCD_{tot}$  é a soma dos quadrados dos desvios das observações à média geral;  $SCD_{res}$  é a soma dos quadrados dos desvios das observações em cada grupo, com respeito à média do grupo para todos os grupos, e  $SCD_{fac}$  é a soma dos quadrados dos desvios das observações em cada grupo, com respeito à média geral.

Se a tabela  $T(n,p)$  contém uma só variável e são distinguidos  $K$  grupos nas observações da expressão (1) resulta que:

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_k)^2 + \sum_{k=1}^K n_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2 \quad (2)$$

A inércia total é decomposta em uma soma de inércia intraclases e da inércia interclases. Se a tabela  $T(n,p)$ , contém mais de uma variável e se distinguem  $K$  grupos de observações, se substitui em (2) os desvios relativamente à média pelo quadrado das distâncias euclidianas relativamente ao centro de gravidade.

$$\sum_{i=1}^n d_{(i,G)}^2 = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n_k} d_{(i,G_k)}^2 + \sum_{k=1}^K n_k d_{(G_k,G)}^2 \quad (3)$$

Sendo  $G$  uma coordenada variando de 1 a  $p$ , de acordo com a expressão

$$\bar{x}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_k} x_{ip}$$

$G_k$  uma outra coordenada, cujo termo geral é

$$\bar{x}_{kp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n_k} x_{ip}$$

e a coordenada  $i$ , cuja definição é  $\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}\}$ . Estas coordenadas serão calculadas com as respectivas distâncias euclidianas que sendo substituídas em (3) resultarão na equação (4).

$$\sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^p (x_{ip} - \bar{x}_p)^2 = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{p=1}^p (x_{ip}^k - \bar{x}_{kp})^2 + \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^p n_k (\bar{x}_{kp} - \bar{x}_p)^2 \quad (4)$$

Se as observações apresentarem grupos bem diferenciados, as inércias intragrupos devem ser baixas e inércias intergrupos devem ser elevadas. A partir daí, como critério de agregação deve-se minimizar o crescimento da inércia intragrupos resultante da agregação dos dois grupos numa nova classe (EVERITY, 1991).

As séries anuais e mensais do índice padronizado foram determinadas seguindo-se o

procedimento de KRAUS (1977), que envolve, basicamente, normalizações, médias aritméticas e análise de variância. As normalizações foram feitas para evitar-se que algumas estações, com médias e desvios padrão altos sobreponham-se às demais. Assim, para cada estação individual, as normalizações foram feitas subtraindo-se da precipitação observada a média ( $\mu$ ) e dividindo-se esta diferença pelo desvio padrão ( $\sigma$ ), sendo que  $\mu$  e  $\sigma$  são de longo prazo e pertinentes à própria estação meteorológica e a cada período de observação. Por exemplo, se um valor de precipitação era de janeiro, na normalização utilizou-se  $\mu$  e  $\sigma$  calculados com valores de todos os janeiros disponíveis (NERY et al., 1997a).

A média anual ( $\bar{X}$ ) da precipitação para estação  $i$  é dada por:

$$\bar{X} = \frac{1}{J} \sum X_{ij} \quad (5)$$

onde  $X_{ij}$  é a precipitação anual da estação meteorológica  $i$  durante  $j$  anos;  $J$  é o número de anos no período escolhido para análise e  $I$  é o número de estações na região a ser analisada.

A variância da precipitação ( $t^2$ ) para a estação  $i$ :

$$t^2 = \frac{1}{J} \sum X_{ij}^2 - \bar{X}^2 \quad (6)$$

Padronização da precipitação para cada estação meteorológica:

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{m}}{s_i} \quad (7)$$

O índice padronizado de precipitação  $a_i$  para cada ano é:

$$a_j = \frac{1}{I} \sum X_{ij} \quad (8)$$

sendo  $I$  número de estações meteorológicas regionais a ser analisado.

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-se a variância total em duas partes, uma

temporal ( $V_t$ ), expressando a variação temporal de precipitação 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 se verifica submetendo-se a razão ( $RV = V_t/V_s$ ) a um teste de hipótese estatística. Pode-se demonstrar que a distribuição de probabilidade associada a  $RV$  é  $F(\gamma_1, \gamma_2)$  Fisher-Snedecor, quase independentemente de tipos de distribuição associadas a variáveis envolvidas na análise (BOX, 1953; TIKU, 1971). O  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$  são, respectivamente, os graus de liberdade do numerador e do denominador de  $RV$ .

A estimativa da variância no tempo é dada pela equação:

$$V_t = \frac{\sum I a_j^2}{J-1} \quad (9)$$

e a variância entre as anomalias da precipitação dentro da região é dada por:

$$V_s = \frac{N - \sum I_j a_j^2}{N - J} \quad (10)$$

sendo

$$N = \sum_i \sum_j X_{ij}^2 \quad (11)$$

$a_i$  é o índice padronizado calculado,  $X_{ij}$  a padronização da precipitação para cada estação,  $j$  é o número de anos no período escolhido para análise e  $I$  o número de estações meteorológicas regionais a ser analisadas.

Efetuada o cálculo do índice padronizado de precipitação e, verificada a sua maior variabilidade temporal, utilizou-se a análise de regressão linear entre este índice e a anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM), no Oceano Pacífico. Calculou-se também o índice de concordância ( $D$ ) segundo WILLMOTT (1981) e PEREIRA & ARRUDA (1987):

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|\hat{y}_i| + |y_i|)^2} \quad (12)$$

sendo:

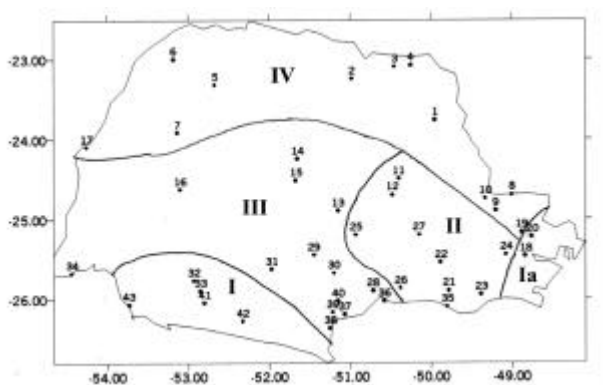
$$\hat{y}'_i = \hat{y} - \bar{y} \quad \text{e} \quad y'_i = y_i - \bar{y}$$

onde  $D$  é adimensional variando de 0 (zero) a 1, sendo que o valor 1 denota completo ajustamento entre os valores observados e os estimados e 0 (zero) a condição oposta;  $\hat{y}_i$  são valores estimados pela regressão;  $y_i$  valores observados;  $\bar{y}$  é a média dos valores observados e  $n$  o número de observações.

## Resultados e Discussão

Os grupos homogêneos, obtidos a partir do método Ward com distância euclidiana, foram calculados com base nos totais anuais de 43 postos pluviométricos, no período correspondente a 1960 a 1997 (Figura 1). Utilizou-se um período mais curto com o objetivo de contemplar uma distribuição espacial das séries que melhor representassem as áreas homogêneas geradas. Como a análise multivariada requer séries completas (sem preenchimento de falha) foi necessário utilizar o período de 1960 a 1997.

O método de Ward com distância euclidiana apresentou uma maior coerência entre os totais anuais e as unidades morfoestruturais, na área de estudo. O critério utilizado para o corte do dendograma teve por base a análise do relevo do referido Estado. Foram obtidos cinco grupos similares: grupo I (região sudoeste), Ia (leste), grupo II (centro-leste e sudeste), grupo III - representa a maior porção de todo o território paranaense (oeste, parte central e sul) e grupo IV (noroeste, norte e nordeste).



**Figura 1.** Postos pluviométricos e grupos homogêneos obtidos pelo método Ward, distância euclidiana, para o Estado do Paraná. Período base: 1950 a 1997.

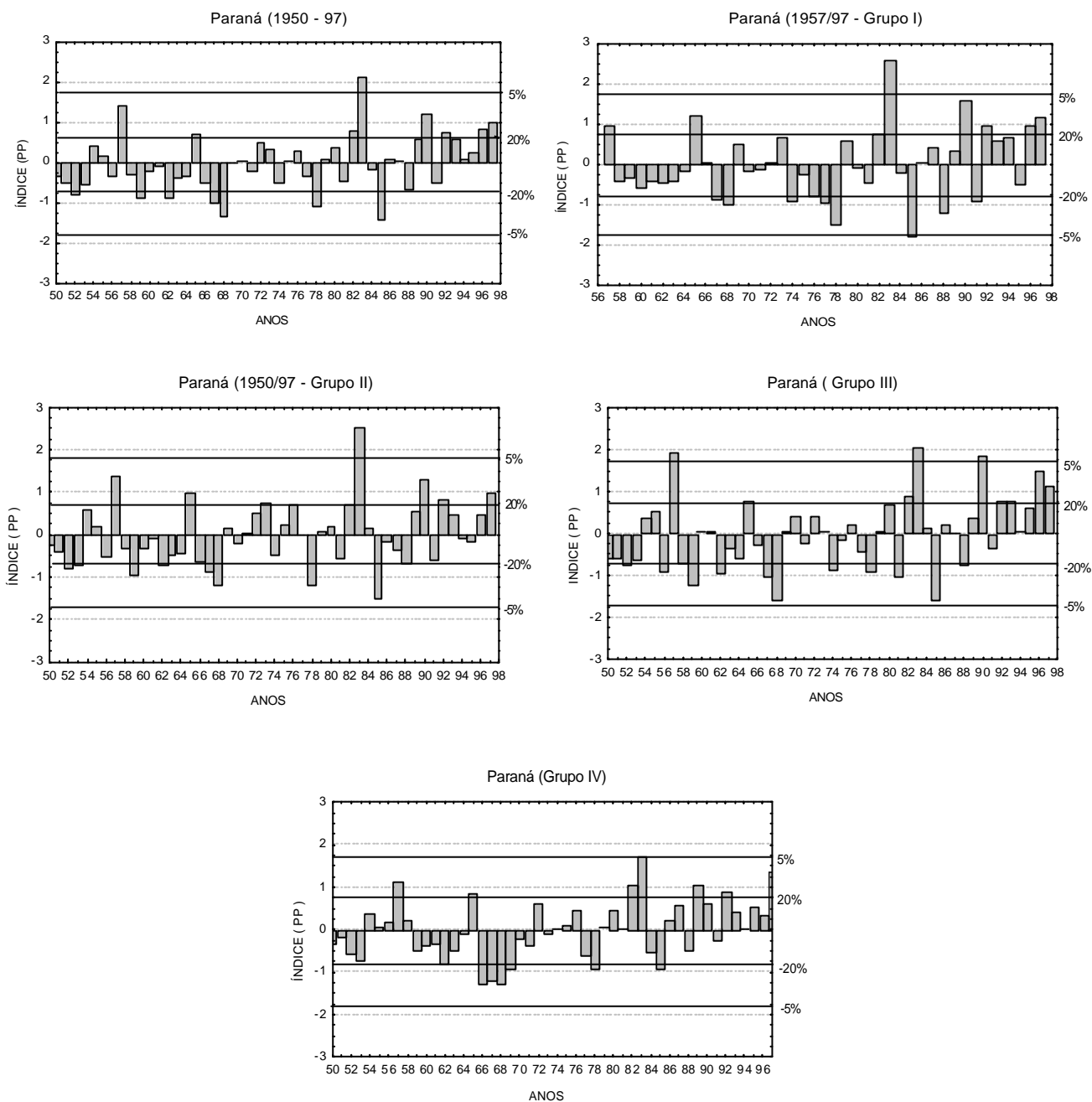
Dessa forma, para o estudo da variabilidade interanual, utilizou-se o índice padronizado de precipitação para o Estado e suas respectivas regiões homogêneas, no período de 1950 a 1997, com o objetivo de localizar áreas onde os fenômenos El Niño e La Niña provocaram anomalia de precipitação significativa.

O índice padronizado de precipitação anual foi calculado com base em que a variabilidade temporal ( $V_t$ ) tem que ser maior que a variabilidade espacial ( $V_s$ ). Para tanto, gerou-se uma razão de variância (RV) que mede essa variabilidade e assegura através de alguns testes estatísticos que esse índice calculado representará uma variabilidade de fenômenos interanuais, para a região de estudo. Os valores obtidos nestes cálculos foram:  $RV = 28.5$  com  $V_s = 44$  e  $V_t = 1191$  (valores adimensionais). Este índice, também denominado de índice de anomalias normalizadas, ressalta os valores de precipitação pluviométrica positiva e negativa no Estado e nos grupos gerados a partir da análise multivariada.

Os níveis de probabilidade indicados na Figura 2 são para a distribuição de probabilidade normal com média zero e variância 1, hipótese que foi aceita para significância estatística de 10% em teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (GEARY, 1936).

Foram selecionados segundo ROPELEWSKI & HALPERT (1987), anos de El Niño (1953, 1957, 1963, 1965, 1969, 1972, 1976, 1979, 1982, 1983, 1986, 1992 e 1997), anos de La Niña (1950, 1954, 1955, 1956, 1964, 1968, 1970, 1971, 1973, 1975, 1979, 1985, 1988 e 1996) e anos considerados normais (1958, 1959, 1960, 1978) sem ocorrência das variabilidades interanuais - El Niño e La Niña, na realização deste estudo.

Na Tabela 1 e Figura 2 observou-se que existe uma variabilidade da precipitação dentro dos grupos homogêneos, pois os anos de El Niño de 1957, 1965, 1982, 1992 e 1997 apresentaram precipitação significativa, em nível de 20%, em todas as áreas homogêneas geradas, sendo o ano de 1983 o mais significativo em nível de 5% (+) em todos os grupos do Estado. Constatou-se uma maior variabilidade nos anos de La Niña destacando-se os anos de 1968 e 1985 com 20% (-) de significância para todo o Estado. Outros anos que não são classificados como anos de El Niño e La Niña aparecem como anos significativos



**Figura 2.** Índice padronizado anual para todo o Estado do Paraná e para cada área homogênea no período de 1950 a 1997, para nível de significância de 5 e 20%, considerando as séries pluviométricas obtidas, com distribuição normal.

a 20%, evidenciando que nem sempre a anomalia de precipitação está associada à variabilidade interanual.

A Tabela 2 apresenta a média anual da precipitação para todos os anos, para cada grupo homogêneo e, também a média climatológica do período de 1950 a 1997. Pode-se observar uma variabilidade da precipitação entre os grupos e de

ano para ano, em relação à média climatológica do período. Os anos com número (1) são anos de início de eventos de El Niño, já os números (2) representam anos de fenômeno La Niña. Assim, o ano de 1983 caracterizou-se com precipitações significativamente maiores em todos os grupos com exceção do grupo IV. Já o ano de 1985 apresentou valores de precipitação menores em relação à média.

**Tabela 1.** Anos de marcada variabilidade de precipitação, calculada a partir do índice de anomalia padronizada, para o Estado do Paraná, para os níveis de significância de 5 e 20%. Os valores positivos (+) e (-) representam anos com anomalias positivas e negativas significativas a 5 e 20%, respectivamente

Grupo I	Anos
Acima de 20% (+)	57, 65, 90, 92, 96, 97
Acima de 5% (+)	83
Acima de 20% (-)	67, 68, 74, 77, 78, 88, 91
Acima de 5% (-)	85
Grupo II	Anos
Acima de 20% (+)	65, 80, 82, 92, 93, 96, 97
Acima de 5% (+)	57, 83, 90
Acima de 20% (-)	56, 59, 62, 67, 68, 74, 81, 85
Acima de 5% (-)	-
Grupo III	Anos
Acima de 20% (+)	57, 65, 73, 90, 92, 97
Acima de 5% (+)	83
Acima de 20% (-)	52, 53, 59, 62, 67, 68, 78, 85
Acima de 5% (-)	-
Grupo IV	Anos
Acima de 20% (+)	57, 65, 82, 89, 92, 97
Acima de 5% (+)	83
Acima de 20% (-)	66, 67, 68, 69, 78, 85
Acima de 5% (-)	-

A Figura 3A apresenta a distribuição das isolinhas médias da precipitação anual para todo o período. Foram observadas precipitações mais intensas no leste, sul e sudoeste do Estado. A Figura 3 apresenta as anomalias para alguns anos escolhidos dentro do período de análise como: El Niño, La Niña e ano normal.

O ano de 1959, mesmo sendo considerado um ano normal, apresentou anomalia positiva de precipitação na região sul, centro sul e leste sendo os valores registrados entre 300 e 500mm. Na Figura 3C a região noroeste apresentou em 1982 valores de precipitação em torno da média climatológica, sendo que, nas demais regiões do Estado estes valores foram significativamente positivos. O ano de 1983 apresentou uma anomalia significativa positiva para todo o Estado, sendo este, o mais anômalo dentro do período analisado com os maiores valores observados nas regiões sudoeste, centro-sul e sul variaram de 800 a 1200mm acima da média, conforme a Figura 3D.

Com relação às anomalias negativas, os anos de 1968 e 1985 foram os que mais apresentaram valores abaixo da média climatológica para todo o Estado, destacando principalmente o ano de 1985 em que a média registrada foi significativamente menor na porção sul e sudoeste do Paraná. O outros anos, sem a ocorrência dos eventos El Niño ou La Niña, apresentaram anomalias de precipitação heterogêneas positiva ou negativa, conforme o evento, comparativamente à média climatológica da região.

De acordo com a classificação de BALDO (2000), adaptada de TRENBERTH, 1997 (Tabela 3), pode-se observar que os eventos El Niño e La Niña não apresentam período de variabilidade comuns e nem sempre estão associados a um ano específico. Desta forma, estudaram-se alguns eventos, através do índice de anomalia padronizada de precipitação mensal correlacionando-o com a anomalia da temperatura da superfície do mar no Pacífico (ISM) sendo utilizado a análise de regressão linear.

Este cálculo foi efetuado para todo o Estado e seus respectivos grupo similares de 1950 a 1997, para o período de El Niño (julho de 1982 a outubro de 1983). Observou-se um alto valor do índice de concordância, para todos os anos de El Niño dentro do período de estudo, com uma significativa dispersão dos pontos de acordo com a Figura 4.

A Tabela 4, apresenta outra análise estatística como  $R^2$  (coeficiente de determinação) para os períodos de El Niño (em cada grupo e para o Estado). Observou-se através dos diferentes coeficientes estatísticos e índices, que para alguns eventos de El Niño – Oscilação Sul associados à precipitação ocorreram variabilidade entre um El Niño e outro. Outra observação importante é que existem alguns anos em que os coeficientes de concordância são negativos, podendo-se inferir que a precipitação nestas regiões está associada de maneira inversa com as anomalias da temperatura da superfície do Oceano Pacífico.

## Conclusões

A precipitação no Estado do Paraná apresenta variabilidade espacial e temporal significativas.

Os eventos El Niño e La Niña, também apresentam uma variabilidade temporal e espacial, destacando-se o El Niño no período de julho de 1982

**Tabela 2.** Média anual da precipitação (mm) para cada grupo homogêneo no período de 1950-97, no Estado do Paraná. ① El Niño, ② La Niña, segundo Ropelewski e Halpert (1987).

Ano	Grupo I	Grupo Ia	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
1951	*	1802,4	1290,9	1547,1	1209,3
1952	*	1922,8	1233,8	1362,9	1104,7
①1953	*	2213,0	1271,8	1401,8	1055,8
②1954	*	2151,9	1594,3	1933,0	1367,9
②1955	*	1846,8	1659,7	1775,9	1298,2
②1956	*	2047,6	1188,3	1520,3	1320,3
①1957	2336,3	2619,0	2093,4	2190,0	1627,5
1958	1755,2	2061,3	1253,6	1582,0	1330,2
1959	1779,4	1725,6	1086,1	1356,6	1136,3
1960	1675,6	2265,7	1473,8	1599,5	1154,6
1961	1747,4	2445,4	1493,6	1684,3	1160,0
1962	1743,8	1638,6	1172,9	1453,7	1011,1
①1963	1745,4	2119,1	1348,0	1543,5	1139,5
②1964	1856,6	1629,0	1287,2	1557,8	1246,2
①1965	2492,9	1922,4	1708,5	2072,8	1524,5
1966	2013,4	2377,2	1399,0	1493,7	874,2
1967	1597,1	1905,4	1139,0	1356,2	903,8
②1968	1538,9	1665,8	966,3	1251,1	871,4
①1969	2220,1	2205,7	1511,1	1770,9	978,4
②1970	1913,3	2418,7	1623,7	1627,8	1178,0
②1971	1922,7	2004,8	1422,2	1733,3	1153,0
①1972	2011,9	2661,4	1623,5	1906,3	1443,3
②1973	2284,2	2377,2	1503,6	2013,2	1249,8
1974	1559,3	1931,5	1196,7	1527,6	1276,5
②1975	1879,9	2124,2	1435,2	1797,9	1320,2
①1976	1625,8	2218,4	1558,9	1990,3	1408,0
1977	1557,1	2141,7	1344,2	1696,3	1079,4
1978	1295,2	1640,0	1182,1	1255,6	1003,5
①1979	2250,0	2216,2	1509,7	1748,1	1289,1
1980	1954,6	2404,7	1726,5	1778,4	1404,6
1981	1771,9	2384,8	1155,3	1514,4	1263,5
①1982	2328,9	2272,2	1792,1	1979,9	1600,4
①1983	3155,6	2856,6	2171,0	2674,9	1811,3
1984	1880,2	2218,8	1522,3	1760,5	1131,7
②1985	1181,3	1741,0	954,2	1131,9	998,9
①1986	1980,3	2386,1	1539,5	1655,3	1349,5
1987	2182,0	2074,2	1501,6	1545,3	1450,3
②1988	1435,6	2298,6	1247,1	1445,5	1144,7
1989	2130,3	2370,6	1624,0	1926,0	1604,3
1990	2700,5	2298,8	2180,6	2220,8	1478,4
1991	1562,9	1954,8	1379,5	1482,8	1183,2
①1992	2415,9	2192,8	1781,1	2029,0	1559,0
1993	2245,9	2707,7	1737,8	1888,4	1410,9
1994	2298,3	2560,9	1504,5	1687,9	1282,7
1995	1760,0	2688,6	1720,5	1662,3	1429,3
1996	2411,7	2801,3	2004,5	1897,4	1386,3
①1997	2496,7	2268,0	1879,9	2086,8	1688,0
**Média	1968,1	2185,6	1485,0	1702,6	1272,8

\* Dados faltantes \*\* Média do período para cada grupo homogêneo.

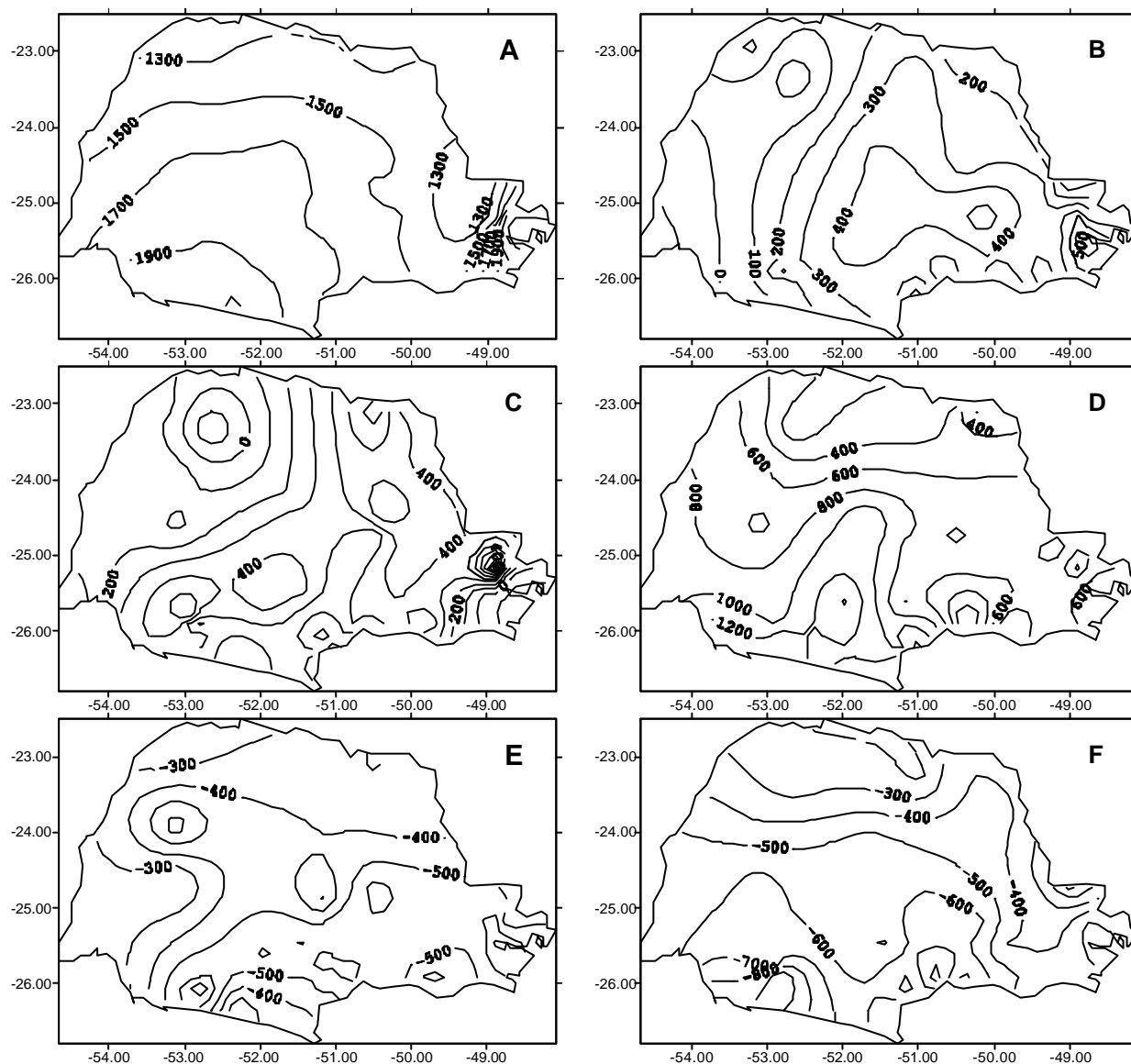
a outubro de 1983 com um significativo aumento da precipitação em todo o Estado, comparativamente a outros eventos. O ano de 1985 evidencia-se como o mais representativo para a variabilidade interanual, denominada La Niña, sendo observado uma redução de chuva no Estado.

Outros anos, sem a ocorrência dos eventos El Niño ou La Niña, apresentaram anomalia de precipitação significativa, constatando-se que a variabilidade da precipitação de excesso (deficiência) no Estado do Paraná nem sempre está associada diretamente aos fenômenos El Niño (La Niña).

#### Referências bibliográficas

- ARKIN, P.A. The relationship between interannual variability in the 200 mb tropical wind field and the Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, London, v. 110, n 1, p. 1393-1404, 1982.
- BALDO, M.C. **Análise da Estrutura e Variabilidade Interanual da Precipitação Pluviométrica na Região Sul do Brasil**, Maringá, 2000. 112 p. Dissertação (Mestrado em Geografia, Área Ambiental). Departamento de Geografia - Universidade Estadual de Maringá, 2000.
- BARROS, V. et al. **Recent Precipitation Trends in Southern South America to the East of Los Andes: an Indication of a Model of Climatic Variability, Southern Hemisphere Paleo and Neoclimatic Concept Methods, 1995**. Buenos Aires: Cambridge University Press, 2000. 250 p.
- BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly Weather Review** London, v. 97, p. 163-172, 1995.
- BOX, C.E.P. Non-normality and Tests on Variances. **Biometrika**, London, v. 40, nº2, p. 318-335, 1953.
- DIAZ, A.F. et al. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and





**Figura 3.** (A) Precipitação média anual (mm) no período de 1950 a 1997; (B) Anomalia da precipitação anual no ano de 1959; (C) Anomalia da precipitação anual no ano de 1982; (D) Anomalia da precipitação anual de 1983; (E) Anomalia da precipitação anual de 1968 e (F) Anomalia da precipitação anual de 1985.

Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. **Journal of Climate**, Washington, v. 12, n 2, p. 251-271, 1998.

EVERITY, B.S. **Applied multivariate data analysis**. Edward Arnold. USA: British Library Cataloguing in Publication Data, 1991. 400 p.(ISBN 0-340-54529-1)

FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-32, 1997.

GEARY, R.C. Moments of the ratio of the mean deviation to the standard deviation for normal samples. **Biometrika**, USA, v. 28, n 1, p. 295-307, 1936.

GRIMM A.M. et al. **El Niño no Paraná: o que pode esperar em cada região. Uma análise científica**. Paraná: SIMEPAR, 1997. 30 p. (Informativo - n° 23, v. 1).

HOREL, J.D. et al. An Investigation of the Annual Cycle of Convective Activity over the Tropical America. **Journal Climate**, Washington, v. 2, p. 1388-403, 1989.

**Tabela 3.** Anos de ocorrência de El Niño e La Niña no período de 1950 até 1997, definida a partir da temperatura da superfície do mar para a região do El Niño (1+2) excedendo valores de 0,4°C (positivo ou negativo).

Eventos de El Niño (1+2)		Eventos de La Niña (1+2)	
Início/final	Duração/ Meses	Início/final	Duração/ Meses
Mai/51 a jan/52	9	Jan/50 a dez/50	12
Fev/53 a nov/53	10	Jan/54 a jan/57	37
Fev/57 a jul/58	18	Mar/62 a jul/62	5
Jul/63 a nov/63	5	Fev/64 a dez/64	11
Mar/65 a jan/66	11	Mar/66 a set/66	7
Mar/69 a jan/70	11	Jun/67 a jul/68	14
Fev/72 a fev/73	13	Mar/70 a dez/71	22
Mai/76 a jan/77	9	Abr/73 a fev/74	11
Jun/79 a jan/80	8	Out/74 a jan/76	16
Jul/82 a out/83	17	Jan/85 a dez/85	12
Out/86 a dez/87	15	Abr/88 a dez/88	9
Nov/91 a jun/92	8	Mai/89 a set/89	5
Fev/93 a jun/93	5	Mar/94 a set/94	7
Out/94 a fev/95	5	Abr/95 a ago/95	5
		Abr/96 a jan/97	10

Fonte: BALDO (2000).

JULIAN, P.R.; CHERVIN, R.M., A study of the Southern Oscillation and Walker circulation phenomenon. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 106, p. 1433-1451, 1978.

KIDSON, J.W. Tropical eigenvector analysis and the Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 103, p. 87-196, 1975.

KOUSKY, V.E.; CAVALCANTI, I.F. Eventos Oscilação do Sul – El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. **Ciências e Cultura**, São Paulo, v. 36, n. 11, p. 1188-99, 1984.

KRAUS, E.B. Subtropical droughts and cross-equatorial transports. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 105, n 2, p. 1009-1018, 1977.

NERY, J.T. et al. Variabilidade Interanual da Precipitação do Paraná. **Revista Brasileira de**

**Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 115-25, 1997a.

NERY, J.T. et al. Variabilidade Interanual da Precipitação do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 49-62, 1997b.

PEREIRA, A.R., ARRUDA, H.V. **Ajuste prático de curvas na pesquisa biológica**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 50 p.

QUINN, W.H.; BURT, W.V. Use of the Southern Oscillation in Weather Prediction. **Journal of Applied Meteorology**, Washington, v. 11, n 1, p. 616-628, 1972.

ROPELEWSKI, C.F.; HALPERT, M.S. Global and Regional Scale Precipitation Patterns Associated with El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 115, n 2, p.1606-1626, 1987.

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, 1995. 99 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), 1995.

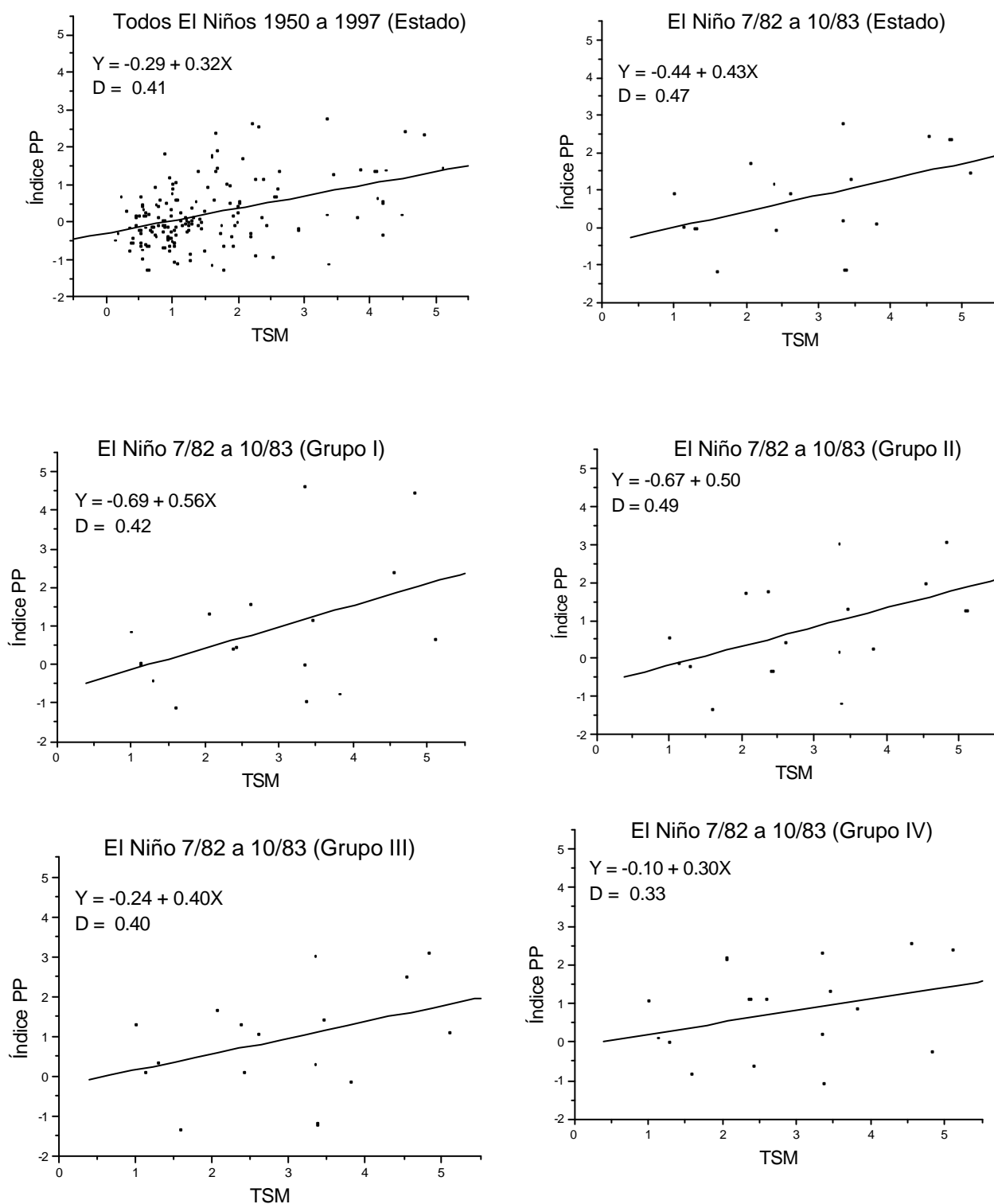
TIKU, M.L. Power function of the F-test under non-normality Situation. **Journal American Statistic Association**, Boston, v. 66, n 2, p. 913-916, 1971.

TRENBERTH, K.E. Spatial and temporal variations of the Southern Oscillation. **Quart. Journal Royal Meteorology Society**, England, v. 102, n 2, p. 639-653, 1976.

TRENBERTH, K.E. The definition of El Niño. **Bulletin of the American Meteorology Society**, Boston, v. 78, n. 12, p. 2771-77, 1997.

WALKER, G.T. World weather. **III Memorial Research Meteorological Society**. England, v. 2, p. 97-106, 1928.

WILLMOTT, J.C. **On the validation of models**. **Physical Geography**, London, v. 2, p. 184-94, 1981.



**Figura 4.** Análise de regressão linear entre o índice padronizado (índice PP) e a anomalia da temperatura da superfície do mar em graus Celsius (TSM) para todos os períodos de El Niño no Estado do Paraná e para o El Niño jul/82-out/83 no Estado e para cada grupo homogêneo.

**Tabela 4.** Coeficiente de concordância (D), coeficiente de determinação  $R^2$  e equações de regressão linear simples entre os valores do índice de anomalia padronizada e anomalia da TSM para diferentes El Niño e para os grupos homogêneos do Estado do Paraná.

Período de El Niño	Grupos	D	Fórmula	$R^2$
2/57 a 7/58	Estado	0,59	$Y = -1,00 + 1,00X$	0,42
	GR1	0,53	$Y = -1,01 + 0,99X$	1,00
	GR2	0,57	$Y = -1,22 + 1,24X$	0,92
	GR3	0,53	$Y = -1,02 + 0,97X$	0,99
	GR4	0,51	$Y = -0,88 + 0,92X$	0,96
3/65 a 1/66	Estado	0,32	$Y = -0,38 + 0,47X$	0,68
	GR1	-0,08	$Y = 0,67 + -0,13X$	0,64
	GR2	0,33	$Y = -0,52 + 0,59X$	0,79
	GR3	0,29	$Y = -0,32 + 0,46X$	0,71
	GR4	0,48	$Y = -0,84 + 0,69X$	0,78
3/69 a 1/70	Estado	0,48	$Y = -0,53 + 0,52X$	0,50
	GR1	0,18	$Y = -0,14 + 0,18X$	0,45
	GR2	0,33	$Y = -0,40 + 0,50X$	0,57
	GR3	0,41	$Y = -0,46 + 0,47X$	0,51
	GR4	0,57	$Y = -0,88 + 0,57X$	0,67
1/72 a 2/73	Estado	0,30	$Y = -0,23 + 0,27X$	0,99
	GR1	0,33	$Y = -0,51 + 0,45X$	1,24
	GR2	0,19	$Y = -0,17 + 0,19X$	1,09
	GR3	0,32	$Y = -0,25 + 0,32X$	1,00
	GR4	0,30	$Y = -0,35 + 0,30X$	1,10
4/76 a 2/77	Estado	0,30	$Y = -0,12 + 0,19X$	0,49
	GR1	0,12	$Y = -0,37 + 0,06X$	0,72
	GR2	0,18	$Y = -0,06 + 0,14X$	0,52
	GR3	0,002	$Y = 0,24 + 0,001X$	0,24
	GR4	0,41	$Y = -0,27 + 0,40X$	0,53
7/82 a 10/83	Estado	0,47	$Y = -0,44 + 0,43X$	1,92
	GR1	0,42	$Y = 0,69 + 0,56X$	1,82
	GR2	0,49	$Y = 0,67 + 0,50X$	1,93
	GR3	0,40	$Y = -0,24 + 0,40X$	1,81
	GR4	0,33	$Y = 0,10 + 0,30X$	2,64
10/86 a 87	Estado	0,13	$Y = -0,27 + 0,20X$	0,72
	GR1	0,45	$Y = -0,97 + 0,79X$	0,80
	GR2	-0,07	$Y = 0,21 + -0,14X$	0,83
	GR3	0,20	$Y = -0,60 + 0,32X$	0,87
	GR4	0,17	$Y = 0,22 + 0,28X$	0,67
11/91 a 6/92	Estado	0,57	$Y = -0,60 + 0,90X$	0,71
	GR1	0,55	$Y = -0,28 + 0,75X$	0,62
	GR2	0,44	$Y = -0,56 + 0,88X$	0,71
	GR3	0,62	$Y = -0,68 + 0,95X$	0,74
	GR4	0,69	$Y = -0,88 + 1,22X$	1,12

