

ESTRUTURA DA PRECIPITAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Jonas Teixeira Nery

Depto. de Física, Área de Meteorologia, UEM – CEP 87020-900 Maringá, PR

Walter Mario Vargas

Depto. Ciencias da Atmosfera, UBA, Buenos Aires, Argentina

Maria de Lourdes Orsini Fernandes Martins

Depto. de Física, Área de Meteorologia, UEM – CEP 87020-900 Maringá, PR

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar um diagnóstico da precipitação total de 10 dias, total mensal e anual do Estado de São Paulo. Para tanto trabalhou-se com 33 séries, no período de 1959 a 1991. Os dados foram cedidos pelo DAEE-SP e DNAEE-Brasília. Diversos parâmetros estatísticos foram utilizados para estudar a estrutura das séries de precipitação deste Estado. Através da média e da análise de Fourier foi possível detectar processos determinísticos bem marcados nestas séries. Foram utilizados também diferentes filtros e feita a classificação do melhor filtro utilizado. Alguns resultados mostraram que a variância obtida através da análise de Fourier é explicada predominantemente pelo ciclo anual. A série originada a partir do melhor filtro, não apresentou nenhum sinal evidente de outros processos explicando as chuvas neste Estado.

INTRODUÇÃO

O tratamento da precipitação é muito difícil devido ao fato de não ser uma variável contínua regionalmente em algumas escalas de tempo. Além disso, a medição da mesma contém erros muito específicos de acordo com a qualidade da estação que, por sua vez, pode variar de país para país. Hoffmann (1970a) analisou as características físicas e estatísticas de campos e séries de precipitação na Argentina. Em outro trabalho, Hoffmann (1970b) estudou a homogeneidade das séries de precipitação também para a Argentina, concluindo que os dados pluviométricos estão afetados por diferentes erros e é necessário um estudo de homogeneidade antes da sua utilização em pesquisas científicas.

São numerosas as pesquisas que se pode mencionar relacionadas com o estudo de precipitação no mundo. Conrad (1941) estudou a variabilidade relativa da precipitação média anual de

estações distribuídas no mundo, encontrando três regiões distintas. Um destes grupos apresenta excesso de variabilidade e consistente teleconexão com o fenômeno El Niño. A partir dos anos 60 são vários os autores que pesquisaram o evento El Niño – Oscilação Sul (ENSO) e as anomalias climáticas associadas ao evento. Nicholls (1988) examinou em escala planetária a relação entre o fenômeno ENSO e a chuva, encontrando que a variabilidade da precipitação anual tende a ser alta em regiões afetadas por este fenômeno. Rasmusson e Carpenter (1982) encontraram que nos anos de El Niño existe uma tendência a chuvas abaixo do valor normal nos meses de verão e anomalias positivas no outono na Índia. Nicholls e Kakiro (1993), analisaram diferentes parâmetros estatísticos da precipitação em relação a Oscilação Sul a leste da Austrália. Este fenômeno afeta principalmente a intensidade da chuva e o número de eventos de chuvas. Ropelewski e Halpert (1987) encontraram diferentes regiões de precipitação mensal associadas ao ENSO analisadas através de análise harmônica. Nery (1996), estudou a precipitação do Brasil Meridional, em sua variabilidade diária, mensal, anual e interanual, encontrando estruturas bem marcadas em cada um dos Estados pertencentes a esta região.

Kousky e Cavalcanti (1984) concluíram que, durante o período de El Niño de 1982-1983 (fase quente da Oscilação Sul), uma corrente de jato subtropical bem marcada sobre a América do Sul e a oeste do Oceano Pacífico Sul juntamente com várias situações de bloqueio em latitudes médias favoreceram o ingresso de sistemas frontais ativos no sul do Brasil. Isto explica a precipitação observada nesta região. São Paulo, sendo um Estado próximo do sul do Brasil, está influenciado diretamente pela maioria dos fenômenos que ocorrem nesta região. As perdas econômicas ocasionadas por flutuações do clima são consideráveis: o ano de 1982-1983 é um exemplo clássico destas perdas.

A precipitação no Estado de São Paulo foi estudada por muitos autores. Monteiro (1969) e Tarifa (1975) mostraram a importância dos siste-

mas frontais como mecanismos importantes de precipitação na área do Estado de São Paulo. Vicentin e Tarifa (1984) e Gomes e Massambani (1984) documentaram as condições sinóticas associadas a chuvas intensas. Silva Dias et al. (1986) e Scolar e Silva Dias (1982) deram atenção especial para os sistemas convectivos de mesoescala e suas relações com as condições sinóticas. Sugahara (1991) estudou flutuações na escala interanual, sazonal e intrasazonal da precipitação na área do Estado de São Paulo, usando diferentes índices de precipitação, radiação de onda longa emergente e análise inicializadas do Centro Europeu de Previsão a Médio Prazo.

Estudos visando conhecimento detalhado dos sistemas meteorológicos são importantes para aperfeiçoamento de previsão de tempo a curto prazo (Silva Dias, 1987). Entretanto, a compreensão geral da precipitação, mesmo numa escala

regional não pode ser alcançada sem levar em consideração os processos atmosféricos de escala planetária.

São Paulo é o Estado do Brasil responsável por 65% da produção nacional. Tem um parque industrial de 115 mil indústrias, consome mais da metade da energia gerada no país e é também o principal produtor agrícola. Esta região sofre muito com as oscilações do clima. No caso de seca, notam-se grandes problemas sociais além de problemas energéticos e de perdas na produção agrícola.

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos junto ao Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) e junto ao Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE), Brasília. O período foi escolhido considerando a melhor distribuição espacial e temporal para este estudo (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1. Localização das estações sendo L(s) a latitude, L(w) a longitude, ALT(m) a altitude e o período de cada estação.

Cód.	Estações	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	Período
1	Gen. Salgado	20:28	50:24	340	1969-1991
2	Cruzeiro	22:29	44:55	780	1959-1991
3	C. Paulista	22:44	44:55	550	1959-1991
4	Amparo	22:42	46:46	670	1959-1991
5	Guaratinguetá	22:40	45:21	611	1959-1991
6	Estrada Cunha	22:59	45:02	757	1959-1991
7	Aguai	22:03	46:59	650	1965-1991
8	Rosas (Amparo)	22:46	46:46	670	1959-1991
9	Jaguariúna	22:40	46:58	570	1959-1991
10	Capivari	22:53	47:27	570	1959-1991
11	Casa Grande	23:47	46:43	0	1959-1991
12	Piracaia	23:04	46:18	900	1959-1991
13	Jundiaí	23:07	46:56	700	1959-1991
14	Itapetininga	23:33	47:54	580	1959-1991
15	Capão Bonito	24:08	48:11	860	1959-1991
16	Itaporanga	23:42	49:29	512	1959-1991
17	Itariri	24:16	47:10	50	1959-1991
18	Miracatu	24:09	47:27	320	1959-1996
19	Batatais	20:53	47:36	860	1959-1991
20	Barretos	20:34	48:34	518	1959-1991
21	S. J. R. Preto	20:49	49:23	470	1959-1991
22	R. Preto	21:13	47:52	580	1959-1991
23	Jaboticabal	21:11	48:11	490	1959-1991
24	Araçatuba	21:12	50:27	390	1959-1991
25	C. Jordão	22:43	45:34	1600	1959-1991
26	Campinas	22:56	46:54	690	1959-1991
27	Piracicaba	22:41	47:52	500	1959-1991
28	Marília	22:13	49:56	640	1949-1991
29	C. Mota	22:13	50:20	360	1959-1991
30	S. Paulo	23:39	46:30	780	1959-1991
31	Jundiaí	23:19	46:59	730	1959-1991
32	Iguapé	24:42	47:34	3	1959-1991
33	Cananéia	22:13	48:02	5	1959-1991

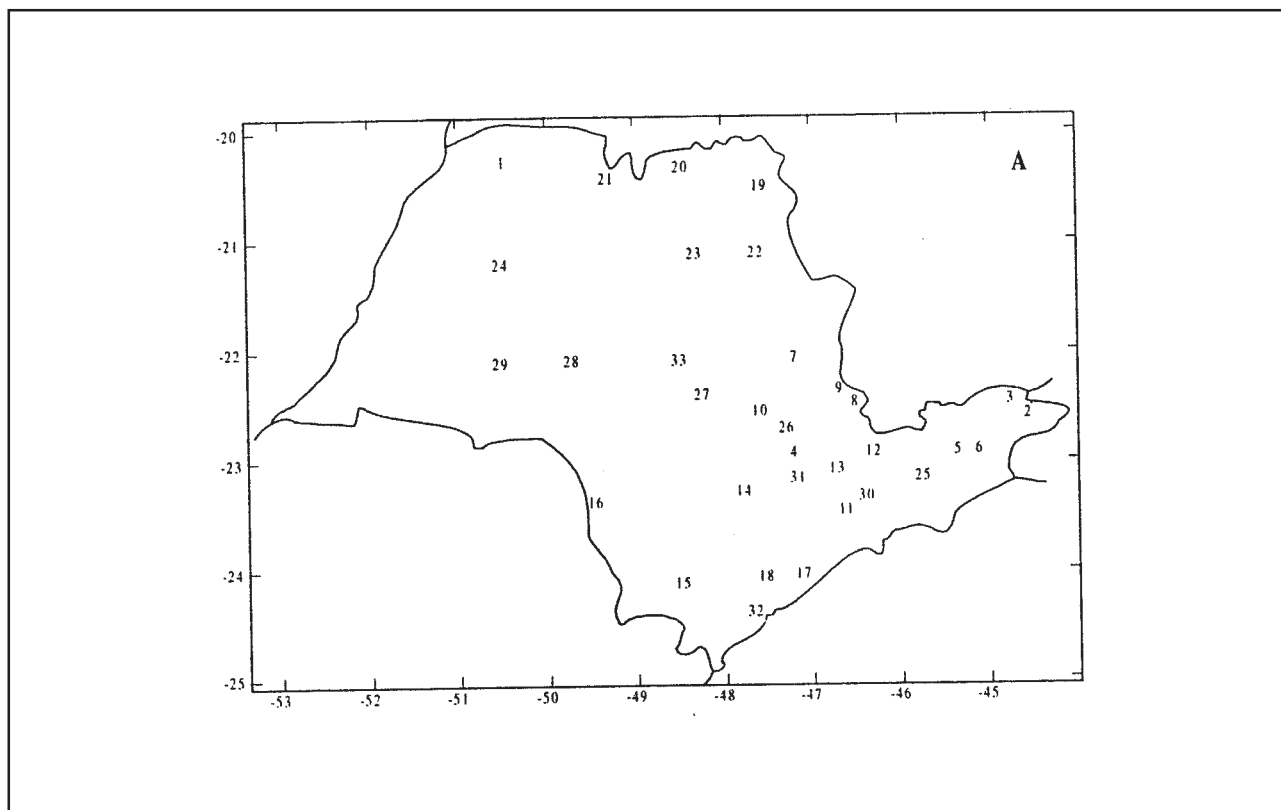


Figura 1. Localização das estações do Estado de São Paulo.

O objetivo deste trabalho é estudar a precipitação do Estado de São Paulo e sua flutuação em escala temporal para desenvolver uma climatologia com especial ênfase nas estruturas estatísticas regionais, tais como tendência regional e, também, encontrar estruturas estatísticas temporais e espaciais que permitam regionalizar e estratificar as precipitações no espaço e no tempo.

MATERIAIS E MÉTODO

Existem várias formas para estudar um conjunto de dados unidimensional. Neste estudo, o diagrama de bloco de Tuckey (1977) foi eleito para analisar a evolução anual da distribuição de frequência da chuva. Esta metodologia inclui informação sobre os valores extremos, sua localização (média e mediana), escala (amplitude interquartil) e assimetria (diferença entre quartis e mediana). Com o objetivo de mostrar uma maior estabilidade nos parâmetros extremos, considera-se a média dos cinco valores extremos, máximos e mínimos, como uma estimativa robusta destas séries. Um parâmetro é considerado robusto quando não é afetado por valores extremos ou atípicos.

Este tipo de análise (distribuição de frequência) das chuvas sazonais e anuais, dá uma estimativa da probabilidade para diferentes valores da variável estudada. Ao avaliar a análise de todas as estações se está comparando a onda anual da distribuição regionalmente.

O estudo da variável precipitação foi realizado através da análise de anomalias e do ciclo anual. As anomalias são definidas como $X - X_m$, onde X é a precipitação decenal, e X_m a média no período de 1959 a 1991. Para tanto utilizou-se o coeficiente de variação $CV = \sigma/P$, sendo σ o desvio padrão e P , a precipitação média do período estudado.

Utilizou-se os dados de precipitação diária para cada estação de São Paulo. Com esses dados gerou-se uma nova base de dados acumulados a cada dez dias. Desta forma existem três dados de precipitação por cada mês de informação. O primeiro equivale à precipitação acumulada entre os dias 1 e 10, o segundo entre os dias 11 e 20 e o terceiro entre os dias 21 e 31, 30, 28 ou 29, de acordo com o mês e o ano estudado. A eleição deste intervalo deve-se ao interesse em estudar a existência de oscilações para analisar fenômenos intraestacionais de escala superior à escala sinótica.

Com esta base de dados se estudou a variabilidade relativa da série original e de sua anomalia, a precipitação média e o desvio padrão para cada dez dias.

As estações foram selecionadas de forma a minimizar o número de dados faltantes e maximizar a qualidade dos mesmos. A estação General Salgado foi utilizada apesar de possuir uma série de dados mais curta, para suprir a escassez de dados da região oeste. A estação Aguai, no nordeste de São Paulo, foi utilizada pela mesma razão.

Calculou-se a variância do ciclo anual para cada uma das séries e se traçou os campos médios de precipitação, para cada um dos períodos de 10 dias, do ano.

No estudo de análise de Fourier utilizou-se as mesmas 33 séries, porém com totais mensais. A análise harmônica é uma técnica útil quando se estuda as diferentes flutuações que cada série possa ter. Hsu e Wallace (1976), através dos resultados de análise de Fourier, realizaram mapas de distribuição sazonal da precipitação, usando o primeiro e o segundo harmônico sobre uma escala global.

Uma das aplicações mais importantes das técnicas analíticas desenvolvidas por Fourier foi representar uma função por uma soma de funções periódicas. Na análise de Fourier as funções periódicas usadas são senos e cossenos. Consideremos uma função discreta. Supondo-se que esta função deriva de uma função contínua $S(t)$ de duração T , tomada a partir de uma mostra com valores espaçados. Assim a série finita de Fourier será representada da seguinte forma:

$$S(t) = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 \quad (1)$$

onde:

$$A_1 = 2 \sum_{m=1}^{n-1} A_m \cos(2\pi mft) \quad (2)$$

$$A_2 = 2 \sum_{m=1}^{n-1} B_m \sin(2\pi mft) \quad (3)$$

$$A_3 = A_n \cos(2\pi nft) \quad (4)$$

sendo N o número de observações e $f = 1/N$, a frequência fundamental da função $S(t)$ que corresponde a um período igual à maior longitude da função. As expressões para os coeficientes A_m e B_m são calculadas a partir da ortogonalidade das funções seno e cosseno (Jenkins e Watts, 1968):

$$A_m = \frac{1}{N} \sum_{r=0}^n SR \cos\left(\frac{2\pi mr}{N}\right) \quad (5)$$

$$B_m = \frac{1}{N} \sum_{r=0}^n SR \sin\left(\frac{2\pi mr}{N}\right) \quad (6)$$

Considerando os valores espaçados como Δ tem-se que $N = T/\Delta$ e $SR = S(t = r\Delta)$ e, por conveniência se supõe que N é par e igual a $2n$; $m = 0, 1, \dots, n$ e A_0 é o valor médio dos SR e, se N é ímpar A_n é igual a zero.

Como as séries meteorológicas são resultados da interação entre fenômenos periódicos, quase periódicos e puramente aleatórios, um dos ciclos mais conhecidos é o ciclo anual. Sendo este um efeito muito conhecido por produzir grande variabilidade nas séries mensais não deixando que outros tipos de influências sobressaíssem claramente. Neste trabalho se filtrará a onda anual, aplicando-se outra vez análise harmônica para escolher o melhor filtro.

Após a seleção destas séries estudou-se a distribuição de precipitação ao longo dos meses para cada uma delas: média dos dias de chuvas para cada mês, a média mensal e a relação precipitação total por dias de chuvas.

RESULTADOS

Na Tabela 2 apresenta-se a média de chuva (pp), a média dos dias de chuva (dd) para cada mês, no período de 1959 a 1991, e a relação quantidade de chuva por dias de chuva (pp/dd). A estação chuvosa começa em setembro/outubro, alcançando seu máximo em fevereiro e finalizando em abril.

A média de chuvas, encontra-se em fase com as médias de dias de chuvas, para todas as séries analisadas. Já a quantidade de chuva por dias de chuva (pp/dd), indica que a natureza de cada evento chuvoso é similar nesse Estado, não tendo nenhuma relação com período úmido ou seco.

Através da classificação de grupos homogêneos de precipitação (Nery et al., 1998), calculou-se o índice de seca para cada grupo. A Figura 2 apresenta a geração de sete grupos homogêneos e através da Tabela 3 pode-se observar que existem diferenças nos percentuais de áreas com seca, em cada grupo. Nas estações meteorológicas do grupo I, as secas (moderada, intensa e extrema) ocorreram no inverno, nos anos de 1963, 1968 e 1975, com 100% da área atingida por essa anomalia. Os anos de 1961, 1962, 1969 e 1974 apresentaram somente 83% da área com seca. No verão, para o mesmo grupo, o ano de 1968 apresentou um percentual elevado do território (83%)

Tabela 2. Médias de chuvas, média dos dias de chuva e quantidade de chuva por dia chuvosos, para cada estação, em cada mês.

	Estação 3			Estação 14			Estação 23			Estação 20			Estação 24		
	pp	dd	pp/dd	pp	dd	pp/dd	pp	dd	pp/dd	Pp	Dd	pp/dd	pp	dd	pp/dd
Jan	217	15	15	179	11	16	258	16	17	223	13	17	235	13	18
Fev	173	12	14	160	10	16	207	13	16	181	11	16	197	11	18
Mar	190	12	16	116	9	13	155	11	14	159	10	16	175	9	20
Abr	88	7	13	61	5	12	80	6	14	64	5	14	68	5	15
Mai	50	5	10	69	5	14	51	4	12	52	4	14	64	4	17
Jun	27	3	8	64	5	13	30	2	12	36	3	13	46	3	15
Jul	22	3	8	49	4	13	26	2	12	23	2	12	30	2	13
ago	38	4	10	44	4	11	24	2	10	24	3	9	36	3	13
set	59	6	10	79	6	13	56	4	12	51	5	11	62	5	12
out	121	10	12	119	8	15	133	9	14	111	7	15	126	7	18
nov	164	12	14	104	7	14	164	11	15	143	8	17	135	8	16
dez	216	16	14	171	11	16	282	17	17	196	13	15	226	13	18

Estação 3 = Cachoeira Paulista, Estação 14 = Itapetininga, Estação 23 = Jaboticabal, Estação 20 = Barretos e Estação 24 = Araçatuba. pp = média de chuvas, dd = média dos dias de chuva e pp/dd = quantidade de chuva por dias chuvosos.

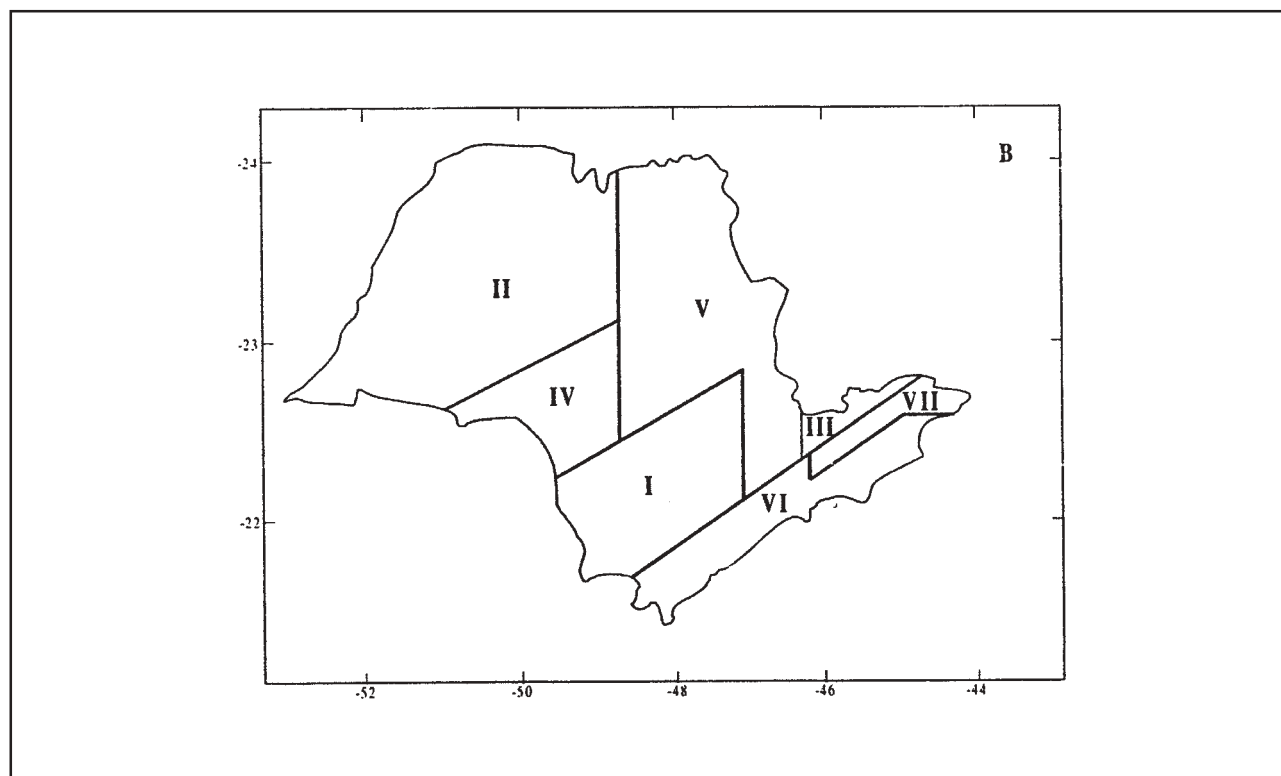


Figura 2. Tipificação da precipitação do Estado de São Paulo, gerando 7 grupos homogêneos.
Fonte: Nery et al. 1998.

com anomalias negativas de precipitação. Nos grupos I, II, IV, V e VII o ano de 1968 apresentou-se com índice de precipitação abaixo do normal, tanto no inverno (período seco) como no verão (período úmido). Todos os grupos, com exceção do

grupo IV, apresentaram anos comuns de seca, no período de inverno, tais como 1963, 1968 e 1975.

A Figura 3 apresenta os resultados da função de distribuição para algumas estações, em geral se infere que o ciclo anual, tanto no valor

Tabela 3. Períodos com seca mais destacada nas regiões agrupadas pelo método multivariado (Nery et al., 1998).

Groupo I (inverno)		Groupo I (verão)	
1963, 1968, 1975		1968	
1961/62, 1969, 1974		1985	
1959, 1981			
Groupo II (inverno)		Groupo II (verão)	
1963, 1967		1978	
1961, 1968, 1975		1968	
1964, 1969, 1981			
Groupo III (inverno)		Groupo III (verão)	
1959, 1961, 1963, 1968, 1975		1970	
1967, 1974, 1981			
Groupo IV (inverno)		Groupo IV (verão)	
1961, 1963, 1968, 1975		1968	
1966/67			
Groupo V (inverno)		Groupo V (verão)	
1963, 1975		1968	
1961, 1968, 1981		1970	
1959, 1966/67, 1969			
1960, 1962			
Groupo VI (inverno)		Groupo VI (verão)	
1959, 1961, 1963, 1968		1970	
1955			
Groupo VII (inverno)		Groupo VII	
1963, 1975		(verão)	
1968, 1974		1968, 1976	

médio, como no desvio padrão apresenta idênticas características em todas as estações, com valores mínimos em julho e agosto e máximos em janeiro e fevereiro. A comparação do intervalo interquartil entre as estações apresentadas para cada mês mostra que os meses de maior precipitação têm maior distância interquartil, isto significa que a variabilidade aumenta à medida que a precipitação aumenta. Os valores extremos são os que estão mostrando uma menor variabilidade especialmente nos máximos de chuva ou seja, em relação aos valores máximos, a região não perde homogeneidade apesar das distâncias.

Calculou-se o ciclo anual para cada uma das estações estudadas e construiu-se os campos médios de precipitação para cada um dos 36 períodos de 10 dias. As Figuras 4a e 4b apresentam as isolinhas para os meses de janeiro e fevereiro (meses úmidos), respectivamente. Nas Figuras 4c e 4d são apresentadas as isolinhas de precipitação para os meses de junho e julho (meses secos). Os campos mostram um máximo na região central do estado durante o verão. Este máximo persiste no inverno, mas não tendo a mesma intensidade do período úmido.

Nos primeiros 10 dias de fevereiro a precipitação decenal desta região central é de aproximadamente 120 mm, enquanto nos 10 primeiros dias de julho a precipitação média máxima é de 50 mm.

Na Figura 4e apresenta-se o coeficiente de variação de todas as séries analisadas. Pode-se observar que existe uma variabilidade da precipitação em todo o Estado. Na Figura 4f, apresenta-se o coeficiente de variação das anomalias da precipitação. Existe maior variabilidade nas séries originais que nas séries de anomalias. Na Figura 4g são apresentadas as isolinhas dos desvios das anomalias, podendo-se observar uma maior variabilidade dessas anomalias na parte costeira desse Estado. A relação dos desvios padrões das séries originais com o desvio das anomalias de precipitação, mostra que o ciclo anual é predominante sobre a anomalia ou seja, o ciclo anual explica quase toda a variabilidade dessa região (Figura 4h).

A análise de Fourier de cada série, para o mesmo período, marca bem o ciclo anual com uma variância explicada no harmônico 33, com o sinal mais forte. Este harmônico é representativo do ciclo anual, visto que tomando a quantidade de dados e dividindo pelo número de harmônicos obtém-se 12 meses (ciclo anual).

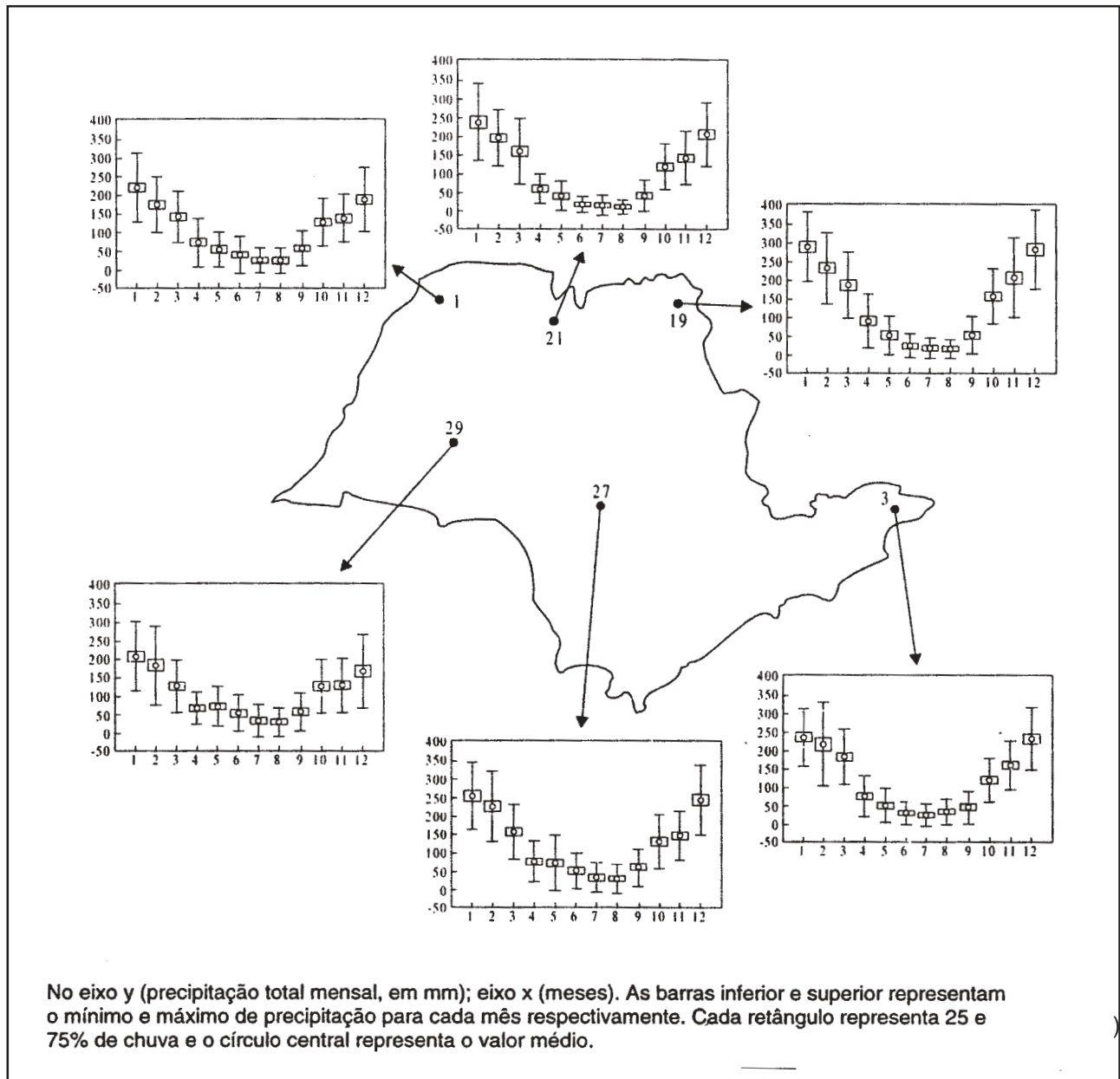


Figura 3. Função da distribuição para algumas estações do Estado de São Paulo.

Na Tabela 4, $X(I)$ representa a variância da série original. Observa-se que em todas as regiões do Estado a variância explicada do ciclo anual apresenta valores acima de 30%. Sabe-se que o Estado de São Paulo tem um ciclo anual bem marcado com máximos de precipitação no verão e mínimos no inverno (Sugahara, 1991). A Figura 5, apresenta alguns valores de variâncias explicadas, números entre parênteses, podendo-se observar uma variabilidade do ciclo anual oscilando entre 35 e 62%. Tal variabilidade se dá devido a efeitos orográficos (região nordeste, principalmente) e devido à maritimidade (região leste).

Após a obtenção desse processo determinístico foram aplicados diferentes filtros sobre as séries:

$$\begin{aligned}\text{Filtro1} &= |(X - X_m)| \\ \text{Filtro2} &= |(X/X_m) - 1| \\ \text{Filtro3} &= |(X - X_m)/\sigma|\end{aligned}$$

sendo X , o valor de cada dado dentro do período estudado e, X_m o valor médio de precipitação. O objetivo é filtrar o ciclo anual das mesmas buscando outros processos que possam explicar a precipitação desta região.

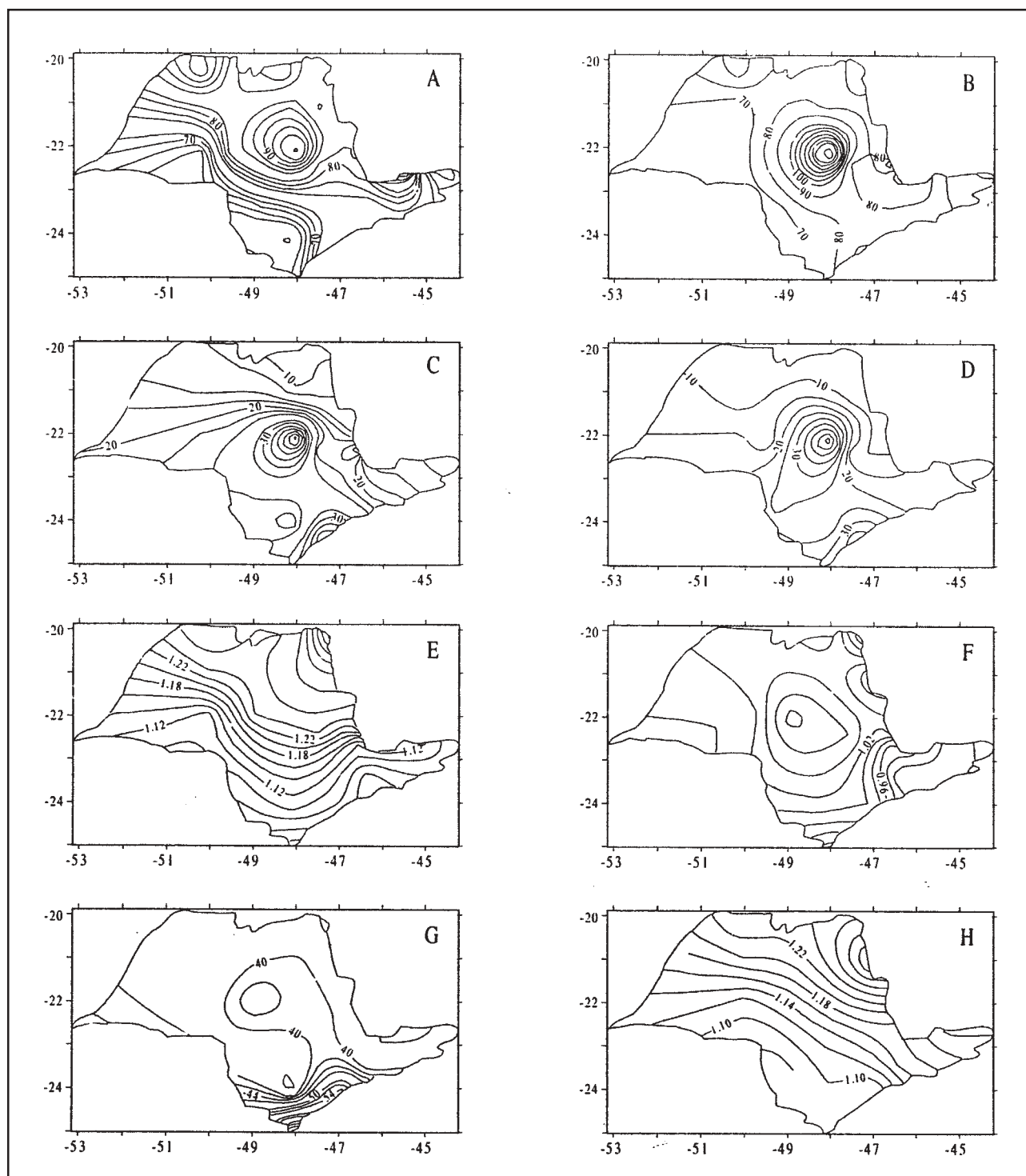


Figura 4. A e B: isolinhas de precipitação média dos 10 primeiros dias de janeiro e fevereiro, respectivamente; C e D: isolinhas da precipitação média dos 10 primeiros dias de junho e julho respectivamente; E: isolinhas da variabilidade relativa da precipitação do Estado, dentro do período estudado; F: isolinhas da variabilidade relativa das anomalias da precipitação, para o mesmo período; G: isolinhas dos desvios das anomalias e; H: cálculo da razão entre os desvios da onda anual e da anomalia da precipitação. Todas as isolinhas referem-se a precipitação em milímetros (mm).

Tabela 4. Variância explicada do ciclo anual para série original e após três filtros diferentes.

Estações	X(I)	Filtro1	Filtro2	Filtro3
1	62.9	18.9	22.2	0.02
2	62.5	21.4	19.5	0.09
3	62.0	10.5	17.5	0.01
4	57.3	25.4	20.2	0.00
5	59.3	24.5	21.2	0.01
6	38.6	2.8	6.2	0.20
7	30.8	5.1	4.7	0.20
8	51.8	9.7	14.9	0.20
9	36.9	7.3	5.1	0.04
10	37.9	5.1	12.7	0.14
11	46.5	12.0	13.1	0.05
12	54.0	18.6	18.6	0.07
13	55.1	15.7	16.3	0.14
14	57.1	17.2	18.1	0.06
15	45.1	11.7	13.2	0.00
16	49.8	13.5	13.2	.015
17	50.0	15.5	14.4	0.07
18	50.0	17.7	16.9	0.16
19	44.4	9.6	13.8	0.08
20	60.0	17.4	13.7	0.05
21	59.9	15.4	14.0	0.13
22	60.0	19.9	13.7	0.11
23	55.0	15.7	12.1	0.10
24	50.1	8.8	17.4	0.04
25	47.5	16.7	14.6	0.07
26	52.6	11.8	14.1	0.16
27	40.0	8.7	12.1	0.03
28	50.0	12.7	14.9	0.14
29	35.3	3.4	12.3	0.04
30	41.4	18.8	12.8	0.11
31	35.2	9.6	9.6	0.02
32	35.2	8.1	11.2	0.02
33	38.8	2.3	15.2	0.04

X(I) representa os valores da variância explicada para a série original.

Aplicou-se a transformada de Fourier nas séries filtradas, para estudar a persistência das mesmas.

A Tabela 4 apresenta os valores para os três filtros utilizados, podendo-se observar que o FILTRO3 foi o melhor deles. A série originada a partir do melhor filtro, não apresentou nenhum sinal evidente de outros processos explicando as chuvas neste Estado.

No estudo da área atingida por anomalias positivas ou negativas, a Figura 6 mostra alguns anos bem marcados, com anomalias positivas (eixo à esquerda) ou negativas (eixo à direita) atingindo 100% da área considerada. Dentro do período estudado (1959-1991) alguns anos de El Niño e La Niña são marcados. Segundo Rasmusson e Carpenter (1982) são anos de El Niño: 1963, 1965,

1969, 1972/73, 1976, 1982/83 e 1986. Anos de La Niña: 1964, 1970, 1971, 1973, 1975 e 1988. Na Figura 6 pode-se observar que 1965, 1972, 1976, 1982/83 e 1986, anos de El Niño, apresentaram basicamente 80% do Estado com anomalias positivas. Deve-se observar também que os anos de 1963 e 1969, anos considerados com essa variabilidade interanual, não se caracterizaram como tal, apresentando menos de 10% da área do referido Estado com anomalias positivas. Também houve um ano, 1960, com anomalia positiva em mais de 80% do Estado de São Paulo, que não foi classificado como ano de El Niño. Deve-se ressaltar que qualquer valor acima da média climatológica do período, foi considerado como anomalia positiva e qualquer valor abaixo da média climatológica do período, foi considerado como anomalia negativa.

CONCLUSÕES

A precipitação em São Paulo está marcada por um ciclo anual, com máximos em dezembro, janeiro e fevereiro (verão) e mínimos em junho, julho e agosto (inverno).

Através da análise harmônica pode-se observar ciclos anuais em todas as estações de São Paulo com variância explicada acima de 40% em todo o Estado.

A variabilidade estudada após a utilização do filtro eficazmente obtido mostra que as séries estão dominadas essencialmente por processos aleatórios e que toda a persistência está dada pelo ciclo anual. A variabilidade do ciclo anual explica quase toda a precipitação no Estado de São Paulo.

Os anos de El Niño nem sempre resultam em anomalias positivas em todo o Estado de São Paulo, como por exemplo os anos de 1963 e 1969. Deve-se ressaltar que existem anos com anomalias positivas que não estão classificados como anos de El Niño.

REFERÊNCIAS

- CONRAD, V. (1941). The Variability of Precipitation. *Monthly Weather Review*, 69, 5-11.
- GOMES, A. M.; MASSAMBANI, O. (1984). *Aspectos Meteorológicos Associados a Eventos em São Paulo - Estudos de Casos*. III Congresso Brasileiro de Meteorologia. Belo Horizonte, 3-7/12/1984, 216-220.
- HOFFMANN, J. A. (1970a). Características de las Series de Precipitación en la República Argentina, *Meteorológica*, 1 (3), 166-190.

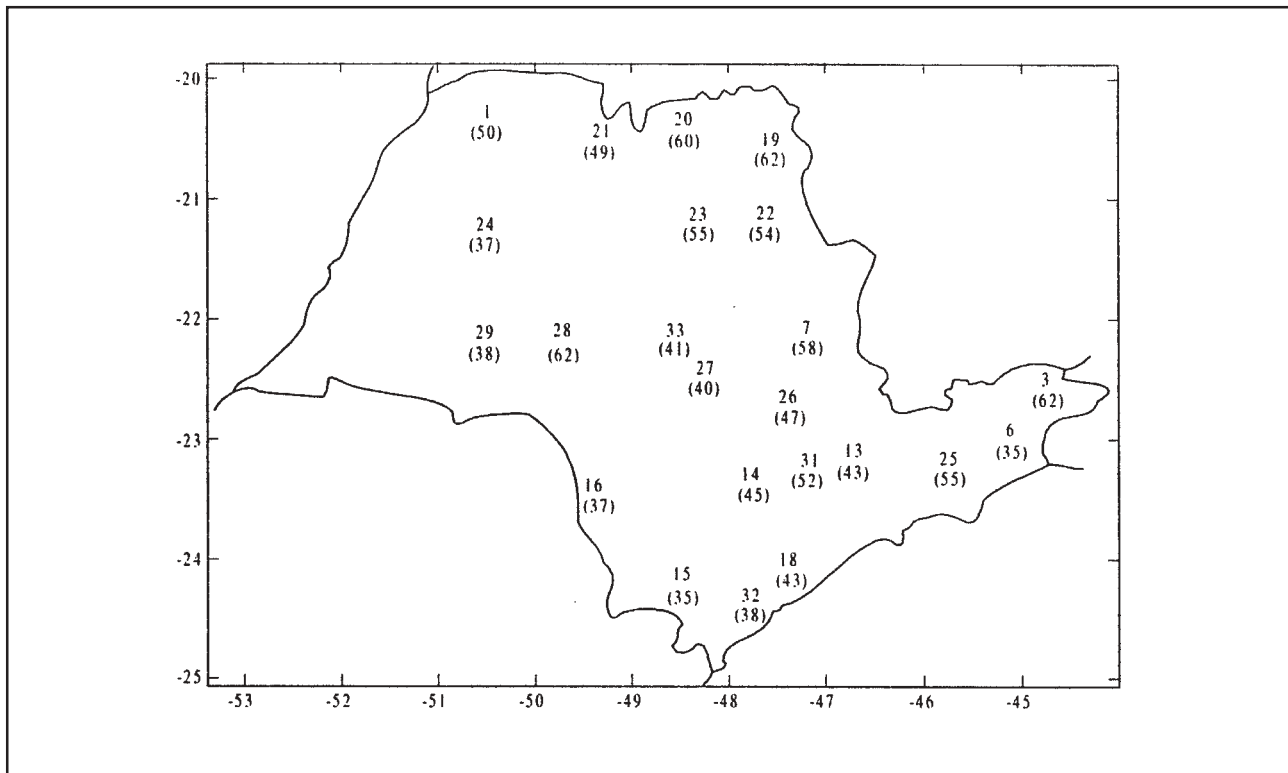


Figura 5. Localização das estações do Estados de São Paulo com suas respectivas variâncias explicadas (número entre parênteses).

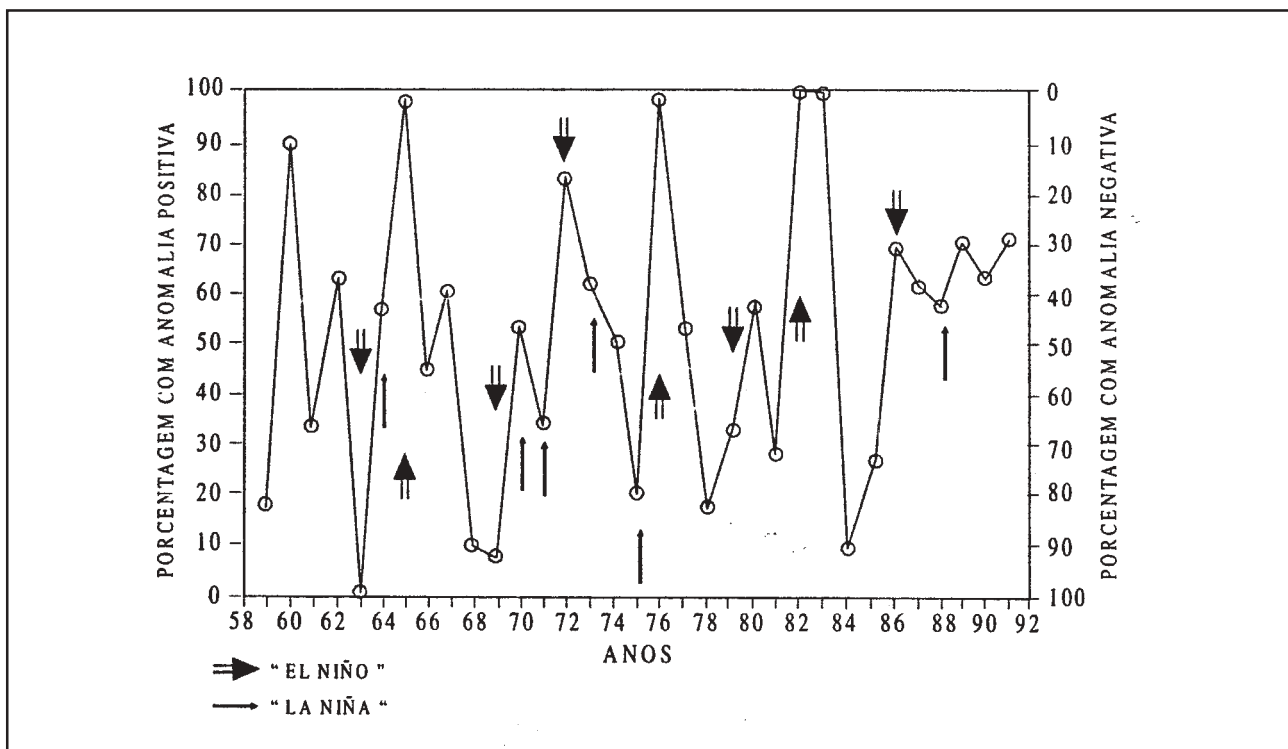


Figura 6. Porcentagem de áreas com anomalias positivas (eixo à esquerda) e porcentagem de áreas com anomalias negativas (eixo à direita), no Estado de São Paulo.

- HOFFMANN, J. A. (1970B). La Distancia Crítica para la Interpolación de Datos y la Reducción de las Estadísticas de Precipitación al mismo Período en la República Argentina, *Meteorológica*, 1 (2), 110-138.
- HSU, C. P.; WALLACE, J. M. (1976). The Global Distribution of the Annual and Semianual Cycles in Precipitation. *Monthly Weather Review*, 104 (9), 1093-1101.
- JENKINS, G. M.; WATTS, D. G. (1968). *Spectral Analysis and its Applications*. San Francisco, USA, Holden-Day, p552.
- KOUSKY, V. E.; CAVALCANTI, I. F. A. (1984). Eventos Oscilação do Sul – El Niño: características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciências e Cultura*, 36 (11): 1188-1899.
- MONTEIRO, C. A. F. (1996). *A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul – Oriental do Brasil*. Contribuição Etodológica à Análise Rítmica dos Tipos de Tempo no Brasil. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, p68.
- NERY, J. T. (1996). *Estudio Clinático de la Precipitación del Brasil Meridional Asociado con Fenómeno Extraregionales*. Tese de Doutorado, Universidade de Buenos Aires, Buenos Aires, p138.
- NERY, J. T.; FRANÇA, V.; THOMAZ, S. L. (1998). Caracterización de la Precipitación del Estado de São Paulo. *Atmósfera*, México, 11, 125-142.
- NICHOLLS, N. (1988). El Niño – Southern Oscillation and rainfall variability, *Journal of Climate*, 1, 418-421.
- NICHOLLS, N.; KAKIRO A. (1993). East Australian Rainfall Events: Interannual Variations, trends and Relationships with the Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 6, 1141-1152.
- RASMUSSEN, E. M.; CARPENTER, T. H. (1982). Variations in Tropical Sea Surface Wind Associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Monthly Weather Review*, 110, 354-384.
- ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. (1987). Global and Regional Scale Precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 115, 1606-1626.
- SCOLAR, J.; SILVA DIAS, M. A. F. (1982). *Linhas de Instabilidade Pré-Frontais e sua Dependência de Condições Sinóticas*. In: II Congresso Brasileiro de Meteorologia, Pelotas, SBMT. Pelotas, RS. 18/22/10/1982, 4, 88-102.
- SILVA DIAS, M. A. F. (1987). Sistemas de Mesoescala e Previsão de Tempo a Curto Prazo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2, 133-150.
- SILVA DIAS, M. A. F.; SCOLAR, J.; SUGAHARA, S. (1986). *Diagnóstico de Sistemas Organizados através do Método de Média Ponderada em Meso e Grande Escala*. In: IV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Brasília, SBMT, 20-24/10/1986, 2, 117-122.
- SUGAHARA, S. (1991). *Flutuações Interanuais, Sazonais e Intrasazonais da Precipitação no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, p158, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- TARIFA, J. R. (1975). *Fluxos Polares e as Chuvas de Primavera-Verão no Estado de São Paulo. Uma análise Quantitativa do Processo Genético*. Tese de Doutorado, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- TUCKEY, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis*. Reading, Mass., Addison-Wsley, p318.
- VICENTIN, C. L., TARIFA, J. R. (1984). *A Circulação Superior e a Gênese das Chuvas Intensas Ocorridas no Sudeste do Brasil em Janeiro e Fevereiro de 1979*. In: III Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, SBMT, 3-7/12/1984, 189-199.

Precipitation Structure in the State of São Paulo

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present a diagnosis of monthly and annual total precipitation in the state of São Paulo. The meteorological data were collected by Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). These data cover 1959-1991. We have used different statistical parameters, such as means, standard deviation, data on anomalies. Using the analysis of Fourier it was possible to detect deterministic processes. Different filters were also used, classifying the best filter. Some results showed that variance obtained through the Fourier analysis is mainly explained by the annual cycle. The series resulting from the best filter did not show any clear signs of other processes explaining the rainfall in this state.