

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS (SP), EM DIFERENTES ESCALAS

Leônidas Mantovani Malvestio

Graduado em Geografia pela Unesp – Campus Experimental de Ourinhos
Grupo Clima/CNPq. E-mail: leonidasgeo@gmail.com

Jonas Teixeira Nery

Doutor em Meteorologia, Docente do curso de Geografia da Unesp - Campus Experimental de Ourinhos.
Av. Vitalina Marcusso, 1500. Cep: 19910-206 - Ourinhos, SP.
Grupo Clima/CNPq. E-mail: jonas@ourinhos.unesp.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar a precipitação pluvial do município de Campinas, São Paulo, em diferentes escalas. Dados de precipitação pluvial, obtidos junto a Agência Nacional de Água (ANA), referentes ao período compreendido entre os anos de 1937 a 1999 serviram de base aos estudos. Várias análises envolvendo estatísticas descritivas foram realizadas, como a média, a mediana, desvio padrão, quartis superior e inferior. Além da aplicação da estatística descritiva gerou-se um índice trimestral com base nos dados de precipitação pluvial do município de Campinas. Este índice foi correlacionado com valores de anomalias trimestrais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Oceano Pacífico Equatorial. Constatou-se a existência de significativa variabilidade da precipitação pluvial, nas diferentes escalas de análise, assim como significativa correlação entre o índice trimestral gerado e os valores trimestrais das anomalias da TSM no Oceano Pacífico Equatorial para a maioria dos eventos El Niño Oscilação Sul (ENOS) selecionados e correlacionados, dentro do período de estudo.

Palavras-Chave: Campinas, ENOS, precipitação pluvial, TSM.

RAINFALL ANALISYS IN CAMPINAS (SP), IN DIFFERENT SCALES.

ABSTRACT

The purpose of this work has been to analyse the rainfall in Campinas, São Paulo, in different scale. Rainfall data from 1937 to 1999 provided by Agência Nacional

de Águas (ANA) have been studied. Several analyses including descriptive statistics as the average, median and standard deviation have been performed. Along with the application of the descriptive analysis, a trimestral index based on the rainfall data of Campinas have been created. This index was correlated with values of trimestral anomalies of the Sea Surface Temperature (SST) of the Equatorial Pacific Ocean. The existence of significant variability of the rainfall has been observed in the different scales of analysis, as well as a significant correlation between the trimestral index created and the trimestral values of the SST anomalies in the Equatorial Pacific Ocean for most of El Niño Southern Oscillation events (ENSO) selected and correlated within the period of study.

Key-Words: Campinas, ENSO, rainfall, SST.

INTRODUÇÃO

A região Sudeste é afetada pela maioria dos sistemas sinóticos que atingem o sul do país, com algumas diferenças em termos de intensidade e sazonalidade do sistema. Segundo Fernandes e Satyamurty (1994), os cavados invertidos “[...] atuam principalmente durante o inverno, provocando condições de tempo moderado principalmente sobre o Mato Grosso do Sul e São Paulo”. Vórtices ciclônicos em altos níveis, oriundos da região do Pacífico, organizam-se com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical. Linhas de instabilidade pré-frontais, geradas a partir da associação de fatores dinâmicos de grande escala e características de meso-escala são responsáveis por intensa precipitação, segundo Cavalcanti (1992) e Cavalcanti e Gan (1992). Especialmente sobre a região Centro-Oeste, a Alta da Bolívia, “[...] gerada a partir do forte aquecimento convectivo (liberação de calor latente) da atmosfera durante os meses de verão do Hemisfério Sul (VIRGI, 1981)”, é considerada como um sistema típico semi-estacionário da região. A região Sudeste é caracterizada pela atuação de sistemas que associam características de sistemas tropicais com aquelas de sistemas típicos de latitudes médias. Durante os meses de maior atividade convectiva, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um dos principais fenômenos que influenciam no regime de chuvas dessas regiões (QUADROS, 1994). O fato da banda de nebulosidade e chuvas permanecer semi-estacionárias por dias seguidos, favorece a ocorrência de inundações nas áreas afetadas.

Com relação ao regime de chuvas sobre o território de São Paulo, são duas as áreas com maiores precipitações: uma que acompanha a linha do litoral e os domínios da Serra do Mar, onde as chuvas são trazidas pelas correntes de sul e outra, do Oeste de Minas Gerais ao município do Rio de Janeiro.

A altura anual da precipitação nestas áreas é superior a 1.500mm. Na serra da Mantiqueira estes índices ultrapassam 1.750mm, e no alto do Itatiaia, 2.340mm. Na serra do Mar, em São Paulo, chove em média mais de 3.600mm. Próximo de Paranaipacaba e Itapanhaú foi registrado o máximo de chuva do país (4.458mm, em um ano). Nos vales dos rios Jequitinhonha e Doce são registrados os menores índices pluviométricos anuais, em torno de 900 mm. O máximo pluviométrico da região Sudeste normalmente ocorre em janeiro e o mínimo em julho, enquanto o período seco (normalmente centralizado no inverno) possui desde uma duração desde seis meses, no caso do vale dos rios Jequitinhonha e São Francisco, até cerca de dois meses nas Serras do Mar e da Mantiqueira. As ligações entre os efeitos climáticos em diferentes partes do globo com os eventos El Niño têm sido estudadas devido as influências que esses eventos provocam no clima do Brasil e do mundo. Foi necessário muito tempo para compreender as várias peças do quebra-cabeça contendo correntes oceânicas, ventos e pesadas chuvas. Algumas décadas atrás o cientista britânico

Durante a década de 1920, enquanto cientistas na América do Sul estavam atarefados documentando os efeitos locais do El Niño, Walker estava na Índia tentando encontrar uma maneira de prever as monções. À medida que manuseava registros mundiais de tempo, ele descobriu uma notável conexão entre leituras barométricas de estações nos lados oriental e ocidental do oceano Pacífico. Ele observou que quando a pressão cresce no leste ela geralmente cai no oeste e vice-versa. Walker criou o termo Oscilação Sul para representar esse sobe-desce dos barômetros no Pacífico equatorial. Quando a oscilação está em seu máximo, a pressão é alta no lado oriental do Pacífico e baixa no lado ocidental. Ao longo do Equador, o contraste de pressão leste-oeste provoca ventos superficiais de leste para oeste, que se estendem das Ilhas Galápagos até a Indonésia. Quando a oscilação muda para seu estado mínimo de pouco desequilíbrio barométrico, os ventos superficiais de leste para oeste se enfraquecem. Gilbert Walker, em seus trabalhos sobre conexões das chuvas em diferentes regiões, associados a dinâmicas climáticas, em outros, observou que a estação das monções com a Oscilação Sul, em seu mínimo correspondia a severas secas na Austrália, Indonésia, Índia e parte da África. Ele também observou que os invernos, em períodos de oscilação mínima, tendiam a ser bastante amenos na porção ocidental do Canadá (KOUSKY, 1989, 1996; ROPELEWSKI e HALPERT, 1987).

Nos anos seguintes, pesquisadores adicionaram outros aspectos ao quadro que contemplava a Oscilação Sul. Um desses aspectos veio de uma região remota do globo terrestre (Walker não possuía informações das ilhas desérticas do Pacífico equatorial central). De acordo com dados climáticos comuns, essas ilhas recebiam tanta chuva, quanto em as que ocorrem em outras regiões que apresentam uma vegetação exuberante, como as Florestas Tropicais. Ao analisar longas séries de dados pluviais observa-se que, na realidade, essas ilhas recebem pequenos volumes de precipitação na maioria dos anos. Entretanto, durante período de Oscilação Sul mínima elas experimentam chuvas torrenciais dia após dia, mês após mês. Portanto, o sobe-desce observado por Walker está associado a mudanças dramáticas na distribuição de chuvas nas regiões tropicais (KOUSKY et al., 1984; HALPERT et al., 1996).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi estudar a variabilidade da precipitação pluvial no município de Campinas, São Paulo, buscando entender a evolução das precipitações em diferentes escalas temporais.

MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados dados de precipitação pluvial, no período 1937 a 1999. Os dados foram obtidos através do Sistema de Informações Hidrológicas (hidroweb) da Agência Nacional de Água (ANA). Realizaram-se cálculos de medidas de posição (medidas que oferecem uma idéia sobre o comportamento do conjunto de dados estudados) e de medidas de dispersão (informam sobre a variação dos dados em relação à média), tais como amplitude, desvio padrão e coeficiente de variação para se compreender as características da precipitação do município de Campinas. Tais medidas são expressas através das seguintes equações:

$$\text{Média: } \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Sendo o valor médio da variável precipitação, o qual pode se referir a uma média mensal ou anual, por exemplo; $\sum x_i$ é o somatório de todos os dados, sejam mensais ou anuais e n a quantidade de dados envolvidos no cálculo da média.

$$\text{Desvio Padrão: } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Sendo o desvio padrão amostral; $\sum (x_i - \bar{x})^2$ é o somatório das diferenças entre cada valor dos dados analisados e a média aritmética desses dados e a número total de dados analisados.

$$\text{Amplitude: } A = V_{MAIOR} - V_{MENOR}$$

Sendo a amplitude dos dados, podendo ser a amplitude anual ou mensal, por exemplo; V_{MAIOR} é o maior valor encontrado em cada série analisada e V_{MENOR} é o menor valor encontrado em cada série.

$$\text{Coeficiente de Variação: } CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

Sendo CV o coeficiente de variação; s é o desvio padrão da amostra e \bar{x} o valor médio dos dados amostrais.

$$\text{Anomalia: } An = x_i - \bar{x}$$

Sendo An o calculo da anomalia que determina o quanto o dado varia em relação ao valor médio.

Além desses parâmetros também foram utilizadas outras medidas, tais como medidas de separatrizes: quartil superior Q_3 que separa os 25 % de dados superiores da série e Q_1 que separa 25 % dos dados inferiores das séries analisadas.

Com base em episódios quentes, do Centro de Previsão Climática da National Weather Service, EUA, calculado para um limiar de 1 5°C de temperatura do Oceano Pacífico, com valores acumulados cada três meses, relativos ao setor 3.4 do evento El Niño (esse setor está localizado no centro do Pacífico Equatorial), na região compreendida entre 5°N – 5°S e 120° a 170°W, gerou-se um índice baseado em dados de precipitação pluvial no município de Campinas. Esse índice é expresso por:

$$i = \frac{p - \bar{P}}{\bar{P}}$$

Sendo p o valor da precipitação pluvial para cada três meses e \bar{P} o valor da precipitação pluvial média de todo o período analisado.

A partir desses resultados e dos dados obtidos no site da NOAA (www.nws.noaa.gov) foram realizadas as correlações lineares.

Também se calcularam as anomalias para alguns anos, ou seja: $A = p - \bar{P}$.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Calculou-se a intensidade de precipitação mensal conforme o volume pluviométrico registrado, podendo-se observar, de acordo com a tabela 1, que os maiores percentuais de chuva são distribuídos pelos meses mais chuvosos (de dezembro a março). Intensidades que registraram entre 1 e 5mm corresponderam a 14 % da precipitação pluvial de janeiro, 13 % de fevereiro, 12 % de março e, aproximadamente, 13 % em dezembro. Aquelas entre 5 e 10 mm corresponderam a 10 % da chuva em janeiro e fevereiro e a 8 % em dezembro. Os valores que se destacam foram aqueles com registros acima de 30 mm, os quais foram correspondentes aos seguintes registros mensais totais: janeiro (7.7 %), fevereiro (6.5 %) e dezembro (9.2 %). Os meses com os registros de menores intensidades são: junho, julho e, principalmente, agosto.

Tabela 1 - Percentual correspondente aos intervalos de classe de precipitação pluvial em relação ao total de dias: análise mensal.

Intervalos (mm)	Jan (%)	Fev (%)	Mar (%)	Abr (%)	Mai (%)	Jun (%)	Jul (%)	Ago (%)	Set (%)	Out (%)	Nov (%)	Dez (%)
[01;05)	14.0	13.0	11.6	7.0	5.6	4.4	4.0	1.6	7.5	9.6	8.4	11.6
[05;10)	9.7	9.7	7.4	3.8	3.0	2.9	2.5	0.9	3.5	5.3	6.8	8.0
[10;15)	5.7	6.3	5.0	2.7	2.0	1.8	1.3	1.0	3.4	3.4	5.2	6.4
[15;20)	5.0	4.0	2.9	1.7	1.4	1.0	0.8	0.4	1.4	2.8	3.0	4.0
[20;25)	2.8	3.9	2.4	0.9	1.0	1.0	0.4	0.2	1.5	2.4	2.5	3.3
[25;30)	3.3	2.3	1.5	0.9	0.8	0.6	0.5	0.2	1.2	2.0	2.2	2.0
≥ 30	7.7	6.5	4.4	2.5	1.5	1.1	0.8	0.2	3.2	3.4	4.8	9.2

Esta análise de percentuais de chuvas é extremamente importante para que os gestores públicos, através do planejamento urbano, encontrem alternativas para solucionar as graves conseqüências da impermeabilização do espaço urbano. A expansão do asfalto, pelas ruas, avenidas e vielas, combinada à diminuição das áreas verdes

(através da retirada indiscriminada de árvores) e às obras de canalização de rios e córregos presentes no perímetro urbano favorecem o aumento das taxas e intensidades do escoamento superficial em detrimento da infiltração, a qual deveria ocorrer em situações normais. Toda essa alteração da paisagem pela presença do homem que tem gerado grandes problemas e prejuízos tanto para a administração pública quanto para as populações campineiras de baixa renda (principalmente aquelas residentes no médio curso do ribeirão Anhumas e no baixo Capivari) necessita ser compreendida. E uma contribuição para minimizar os problemas advindo da expansão da malha urbana de Campinas é a análise da variabilidade pluvial deste município.

Na figura 1 está representada a variabilidade precipitação pluvial ao longo do período estudado. Pode-se observar que alguns anos foram mais úmidos: 1938, 1947, 1957, 1970, 1976, 1982, 1983, 1986, 1991, 1995, 1996 e 1997 e outros foram mais secos (1944, 1948, 1953, 1961, 1963, 1968 e 1978), utilizando-se por base a variabilidade da chuva em relação à média climatológica do período, portanto doze anos foram classificados como úmidos (apresentaram valores acima muito acima da média climatológica) e sete foram anos secos, comparativamente a média climatológica.

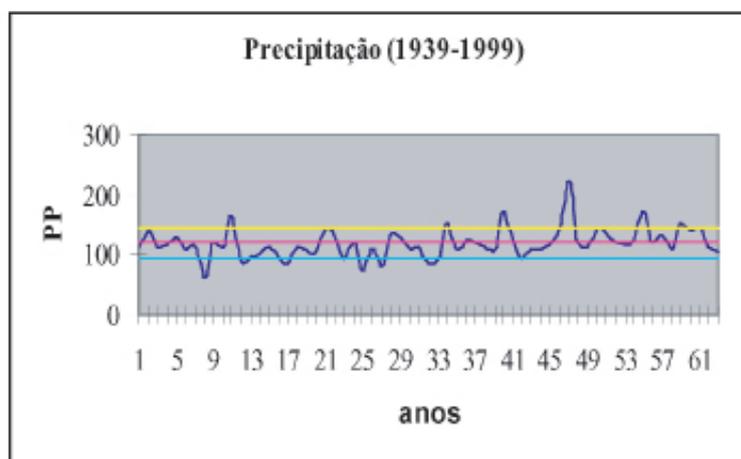


Figura 1 - Análise anual da precipitação pluvial, no período 1937 a 1999. O gráfico mostra a evolução temporal da série pluviométrica e o valor médio climatológico (linha lilás), desvio padrão positivo (amarelo) e desvio padrão negativo (azul claro).

A linha azul escura é a variabilidade da precipitação ao longo desses 62 anos; a linha azul claro representa a média do período (119 mm) menos o desvio (25

mm); a linha lilás é o valor médio da precipitação pluvial de 1937 a 1999 (119 mm) e a linha amarela é a média da chuva mais o desvio.

Os períodos mais úmidos foram, notadamente, os anos 1982/83, período considerado de El Niño intenso, com chuvas acima da média na região Sul e Sudeste do Brasil. O ano mais seco foi 1944, apresentando precipitação pluvial bem abaixo da média climatológica calculada, no período. Dentro do período de estudos foram analisadas as chuvas dos anos 1982 e 1983, anos mais chuvosos dentro do período analisado, além de dezembro de 1985, ano mais seco dentro desse período. Pode-se observar que entre 1937 e 1999, as chuvas foram superiores à média climatológica e mesmo ocorrendo no quartil superior (equivalente a 75 % das chuvas do mês), tabela 2.

Tabela 2 - Chuva média em janeiro de 1982 e 1983 e dezembro de 1985, comparada à média e quartil superior.

Período	Média (1)	Chuva média 1937-1999 (2)	(1) / (2)	Quartil superior (3)	(1) / (3)
Jan. 1982	376.3	243.8	1.54	277.2	1.36
Jan. 1983	391.9	243.8	1.61	277.2	1.41
Dez. 1985	221.2	217.6	1.02	275.6	0.8

Os meses de janeiro de 1946 e 1957 foram os mais chuvosos dentro do período analisado, podendo-se observar precipitação pluvial de 400 mm, aproximadamente, nos dois anos, valores médios, tabela 3.

Tabela 3 – Chuva média em janeiro de 1946 e 1957, comparada à média e quartil superior.

Período	Média (1)	Chuva média 1937-1965 (2)	(1) / (2)	Quartil superior (3)	(1) / (3)
Jan. 1946	415.8	228.7	1.82	265.9	1.56
Jan. 1957	393.5	228.7	1.72	265.9	1.48

Esses valores são superiores àqueles encontrados na tabela 2, anos considerados de El Niño intenso, bem como significativamente superiores à média do período analisado que não ultrapassou a 230 mm.

Tabela 4 - Chuva média em janeiro de 1982 e 1983, comparada à média e quartil superior.

Período	Média (1)	Chuva média 1966-1999 (2)	(1) / (2)	Quartil superior (3)	(1) / (3)
Jan. 1982	376.3	257.2	1.46	328.9	1.14
Jan. 1983	391.9	257.2	1.52	328.9	1.20

Na tabela 4 pode-se analisar as chuvas do período 1966 a 1999 (257 mm, aproximadamente), que são bem maiores que a do período 1936 a 1965 (248 mm, aproximadamente). Pode-se observar que janeiro de 1982 e 1983 possui valores da precipitação pluvial bem acima da média, denotando, portanto, anos chuvosos, com 25 % de precipitação pluvial acima de 328.9 mm.

Na tabela 5 são analisados os dois períodos, o período completo (1937 a 1999) e alguns anos mais chuvosos dentro do período estudado. Pode-se observar que o período 1966 a 1999 foi mais chuvoso, com precipitação pluvial média superior a 1500 mm, enquanto o período 1937 a 1965, apresentou um valor médio de chuvas de 1330 mm, aproximadamente. A dispersão dos dados calculados através do desvio padrão (DP) foi maior no período 1937 – 1965.

Tabela 5 - Cálculos de parâmetros estatísticos para alguns períodos e anos mais chuvosos analisados.

Anos	Média	Med	DP	V _{máx}	V _{mín}	Qs	Qi
1937-99	1423.0	1376.5	300.8	469.9	0.0	175.7	101.6
1937-65	1329.3	1350.0	255.7	469.9	0.0	162.5	92.0
1966-99	1507.2	1443.7	195.2	453.1	0.0	106.6	180.1
1946	112.5	94.5	116.1	415.8	0.5	119.3	94.5
1957	143.8	103.5	107.1	393.5	32.0	185.6	103.5
1982	145.1	144.1	114.2	376.3	7.4	198.6	144.1
1983	221.9	232.7	112.0	391.9	10.6	279.5	232.7

Méd refere-se à mediana; **DP** significa desvio padrão; **V_{máx}** valor máximo de precipitação pluvial; **V_{mín}** valor mínimo de precipitação pluvial; **QS** e **QI** são os quartis superior e inferior, respectivamente.

Dentre os anos mais chuvosos 1983 apresentou a maior média da precipitação pluvial comparativamente aos demais anos e com 25 % da chuva superior a 279 mm, aproximadamente, ou seja, significativamente superior aos demais anos analisados. Isso demonstra a variabilidade da precipitação pluvial dentro do período e dos anos dentro desses períodos.

Tabela 6 – Correlação linear de alguns anos, dentro do período analisado, SDef: sem defasagem; Def1: defasagem de um trimestre; Def2: defasagem de dois trimestres e Dfe3: defasagem de três trimestres.

Anos	SDef.	Def.1	Def.2	Def.3
1957-58	0,78	0,81	0,82	0,83
1965-66	0,44	0,52	0,66	0,80
1972-73	0,70	0,60	0,65	0,82
1976-78	0,55	0,65	0,74	0,77
1982-83	0,65	0,64	0,63	0,56
1991-95	0,56	0,52	0,52	0,54
1997-98	0,60	0,58	0,59	0,68

A maioria das correlações foi significativa, embora apresentando variabilidade de ano para ano. Isto demonstra que os eventos El Niño ocorridos nesses períodos analisados, apresentaram marcadas correlações, explicando, portanto, grande parte da chuva nesse município através desses eventos. Na segunda coluna foram correlacionados as anomalias trimestrais do Oceano Pacífico, com a precipitação pluvial do município, sem defasagem (SDef), já, na seqüência, apresenta-se colunas com defasagem de um trimestre (Def1), dois trimestres (Def2) e três trimestres (Def3). Em alguns anos ocorreu aumento da correlação, à medida que a defasagem aumentou, por exemplo: 1957-1958. Isto explica que os eventos ENOS podem provocar variabilidade na precipitação da região mesmo após seu declínio no Oceano Pacífico. Essa detecção é muito importante para o planejamento urbano da cidade de Campinas e seu entorno, pois excessos de chuvas causam problemas sociais e grandes prejuízos na área de ocorrência. Conforme a tabela 7 pode-se observar significativa variabilidade de ano para ano e de mês para mês, dentro do período analisado. Os sinais apresentados demonstraram sinais positivos de anomalias (anomalias acima do valor médio do período de estudo) e os sinais negativos (anomalias abaixo da média do período analisado). Outra análise importante, diz respeito a que alguns anos foram consideravelmente marcados por anomalias positivas: 1947, 1957, 1976 e 1983. Já em outros anos predominaram anomalias negativas, tais como: 1959, 1961, 1968, 1969,

1975 e 1994.

ANO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
1975	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1976	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1977	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1978	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1979	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1980	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1981	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1982	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1983	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1984	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1985	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1986	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1987	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1988	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1989	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1990	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1991	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1992	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1993	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1994	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Na tabela 7 estão representados os percentuais precipitados em cada trimestre, sendo que o período que se deu mais ênfase foi o segundo (1966 a 1999). A linha demarcatória na tabela tem o objetivo de separar o primeiro período (1937 a 1965) do segundo. Pode-se observar que há uma onda anual bem marcada, apresentando máximos percentuais de precipitações pluviais nos seguintes trimestres: outubro, novembro e dezembro (OND), novembro, dezembro e janeiro (NDJ), dezembro, janeiro e fevereiro (DJF), janeiro, fevereiro e março (JFM) e fevereiro, março e abril (FMA).

Analisando um período de eventos El Niño notou-se que alguns trimestres apresentaram percentuais de precipitação pluvial bem elevados, como, por exemplo, em 1957 (52 %) chuva no trimestre JFM; 1965/66, com 53 % em cada ano e em 1997/98 com NDJ apresentando 57% de chuva no trimestre NDJ (em 1997) e 50 % em DJF, em 1997.

Pode-se ainda ressaltar significativa variabilidade de ano para ano, independentemente da ocorrência de eventos ENOS. Tal variabilidade está representada na tabela 7.

As anomalias para alguns anos analisados (Figuras 2 a 6), apresentaram variabilidade de ano para ano e de mês para mês.

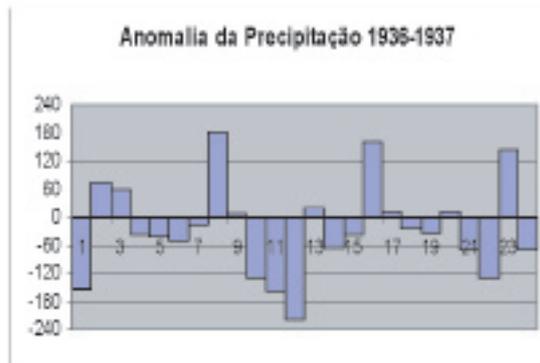


Figura 2 - Anomalia da precipitação pluvial, para os anos 1936/1937.

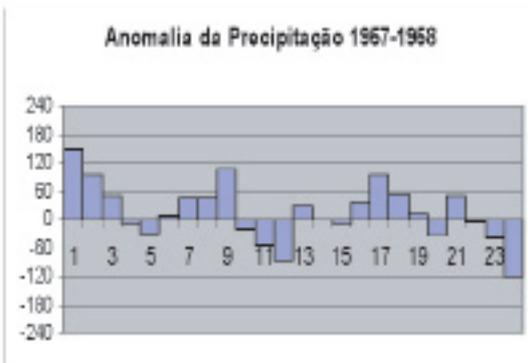


Figura 3 – Anomalia da precipitação pluvial, para os anos 1967/1968.

Nas figuras 2 e 3 pode-se observar significativa variabilidade de um período (1936-1937), em relação ao outro (1957-1958). O primeiro período apresenta significativa anomalia, com meses mais chuvosos, em relação aos dois anos seguintes, bem como, meses significativamente mais secos.

Tabela 7 – Variabilidade da precipitação pluvial mensal, para alguns anos, dentro do período de estudo.

1936	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	1968	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
1937	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	1969	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+
1938	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	1970	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-	-
1939	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	1971	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-
1940	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	1972	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-
1941	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	1973	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-
1942	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	1974	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+
1943	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1975	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
1944	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1976	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
1945	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	1977	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
1946	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	1978	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+
1947	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	1979	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-
1948	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1980	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-
1949	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	1981	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+
1950	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	1982	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-
1951	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	1983	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
1952	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	1984	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
1953	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	1985	-	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+
1954	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	1986	-	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+
1955	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	1987	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	-
1956	-	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	1988	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-
1957	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	1989	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+
1958	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	-	1990	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-
1959	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	1991	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-
1960	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+	1992	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+
1961	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1993	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-
1962	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	1994	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	1995	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-
1964	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	+	1996	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
1965	+	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	+	1997	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+
1966	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	1998	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-
1967	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	1999	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-

Os anos 1982/83 foram anos com marcada anomalia positiva, principalmente o ano 1983, apresentando meses seguidos de anomalias positivas com valores superiores a 120 mm de precipitação pluvial, figura 4.

Na figura 5 os valores das anomalias foram consideravelmente baixos, não denotando um período de El Niño intenso para essa região. Após o cálculo da correlação linear, realizaram-se os ajustes, através de modelos estatísticos dos eventos mais significativos: índice de precipitação trimestral e índice de temperaturas trimestrais da superfície do mar, no Oceano Pacífico Equatorial.

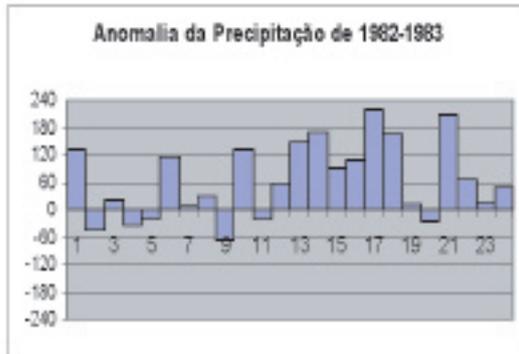


Figura 4 - Anomalia da precipitação pluvial, para os anos 1982/1983.

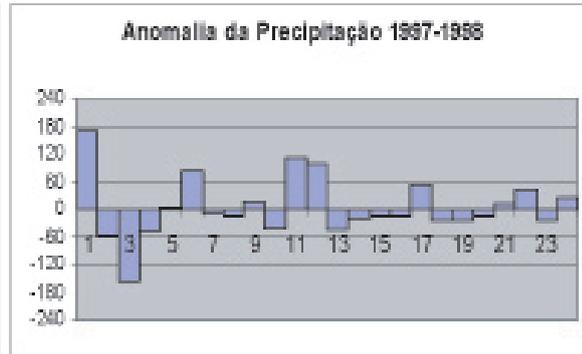


Figura 5 - Anomalia da precipitação pluvial, para os anos 1997/1998.

Nas Figuras 6 (sem defasagem) e 7 (com defasagem de um mês) pode-se observar que os dois elementos considerados para análise, não apresentaram um ajuste linear para melhor explicar essa relação entre as variáveis, mas sim um ajuste polinomial de ordem 2.

Na tabela 8, pode-se observar uma síntese de análise estatística, para os diversos períodos de eventos El Niño, como valores do índice de concordância (R2) superiores a 70 % e valor de p significativo ($p < 0.05$). As correlações lineares nas quatro situações analisadas (sem defasagem e com defasagem) apresentaram valores altamente significativos (superiores a 80 %, na maioria das análises).

Isto demonstra a importância do monitoramento desse evento para a cidade de Campinas, bem como para a área circunvizinha a esse município, tendo em vista que os eventos El Niño provocam chuvas acima do normal, gerando problemas para a cidade.

Tabela 8 - Síntese das informações estatísticas para eventos El Niño.

Sem Defasagem	Def1	Def2	Def3
1957-1958 $R^2=0,79$ ($p=0,0001$) $y= 4,86 - 8,92x + 5,78x^2$.	1957-1958 $R^2= 0,75$ ($p=0,002$) $y= 2,48 - 4,41x + 3,83x^2$.	1957-1958 $R^2= 0,75$ ($p=0,002$) $y= 1,00 - 1,00x + 2,21x^2$.	1957-1958 $R^2= 0,78$ ($p=0,001$) $y= 1,00 + 0,70x + 2,00x^2$.
1965-1966 _____	1965-1966 _____	1965-1966 $R^2= 0,46$ ($p=0,0008$) $y= - 1,00 + 5,53x - 1,76x^2$.	1965-1966 $R^2= 0,71$ ($p=0,006$) $y= -1,40 + 7,47x - 2,78x^2$.
1968-1970 _____	1968-1970 $R^2= 0,48$ ($p=0,005$) $y= 14,73 - 34,15x + 22,10x^2$.	1968-1970 _____	1968-1970 _____
1972-1973 $R^2= 0,54$ ($p=0,004$) $y= 1,40 - 1,23x + 1,16x^2$.	1972-1973 $R^2= 0,50$ ($p=0,006$) $y= 1,58 - 1,10x + 1,00x^2$.	1972-1973 $R^2= 0,48$ ($p=0,007$) $y= 1,27 + 0,10x + 0,50x^2$.	1972-1973 $R^2= 0,66$ ($p=0,001$) $y= 1,32 + 0,95x + 0,02x^2$.
1976-1978 _____	1976-1978 $R^2= 0,45$ ($p=0,009$) $y= - 6,44 + 25,96x - 15,71x^2$.	1976-1978 $R^2= 0,55$ ($p=0,003$) $y= 0,67 + 2,32x + 2,95x^2$.	1976-1978 $R^2= 0,68$ ($p=0,001$) $y= 0,74 + 1,25x + 4,66x^2$.
1982-1983 $R^2= 0,42$ ($p=0,005$) $y= 0,30 + 2,36x - 0,01x^2$.	1982-1983 $R^2= 0,42$ ($p=0,005$) $y= 1,02 + 1,44x + 0,25x^2$.	1982-1983 $R^2= 0,41$ ($p=0,005$) $y= 1,70 + 0,70x + 0,46x^2$.	1982-1983 _____
1986-1988 $R^2= 0,47$ ($p=0,005$) $y= - 3,85 + 16,24x - 8,53x^2$.	1986-1988 $R^2= 0,45$ ($p=0,008$) $y= 1,75 + 6,51x - 4,50x^2$.	1986-1988 $R^2= 0,52$ ($p=0,002$) $y= 3,58 + 3,75x - 3,47x^2$.	1986-1988 $R^2= 0,56$ ($p=0,001$) $y= 4,25 + 2,43x - 2,83x^2$.
1997-1998 $R^2= 0,53$ ($p=0,003$) $y= 9,65 - 12,33x + 4,20x^2$.	1997-1998 $R^2= 0,48$ ($p=0,005$) $y= 3,00 - 4,50x + 2,10x^2$.	1997-1998 $R^2= 0,46$ ($p=0,006$) $y= 0,80 - 1,77x + 1,32x^2$.	1997-1998 $R^2= 0,50$ ($p=0,004$) $y= 3,00 - 4,50x + 2,10x^2$.

Com base na tabela 8, realizaram-se alguns ajustes para certos períodos de ENOS, os quais foram representados nas figuras 6 a 11.

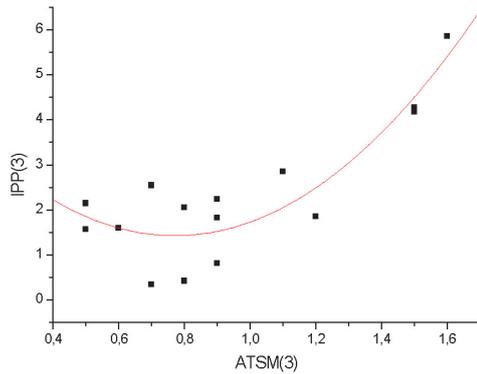


Figura 6 - Período 1957-1958, sem defasagem.

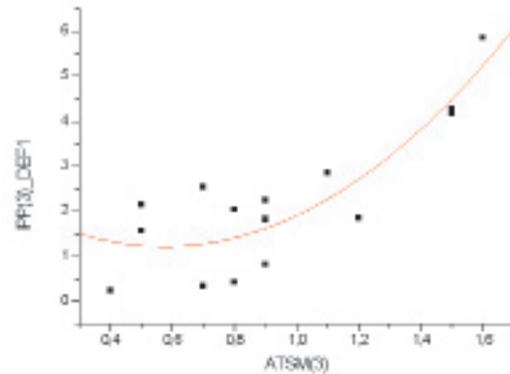


Figura 7 - Período 1957-1958, com defasagem de um mês.

Nas figuras 8 e 9 são apresentados modelos estatísticos de ajustes, podendo -se observar a linearidade desses modelos. Já nas figuras 10 e 11, com defasagens de dois e três meses, pode-se observar que o melhor ajuste foi uma polinomial de segunda ordem.

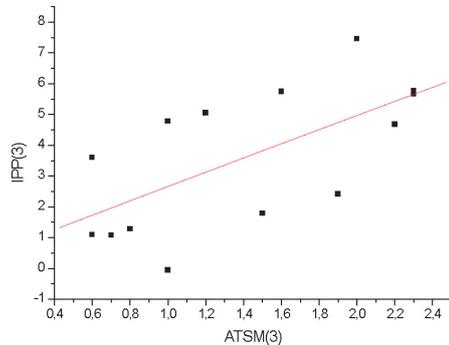


Figura 8 - Período 1982-1983, sem defasagem.

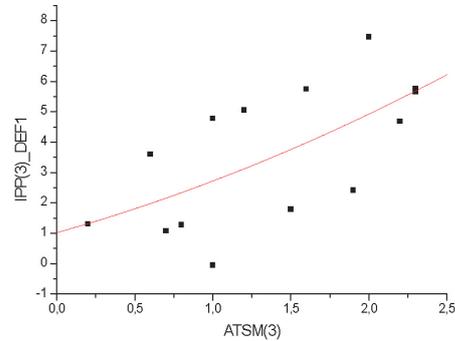


Figura 9 - Período 1982-1983, com defasagem de um mês.

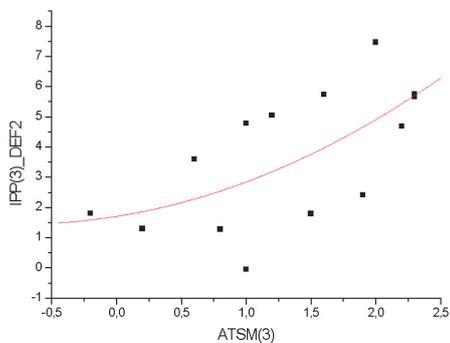


Figura 10 - Período 1982-1983, com defasagem de dois meses.

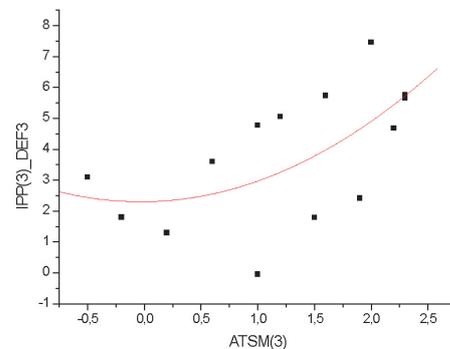


Figura 11 - Período 1982-1983, com defasagem de três meses.

CONCLUSÃO

A precipitação pluvial apresentou significativa variabilidade de período para período e mesmo dentro dos anos considerados mais chuvosos.

Os anos 1982-83, considerados de ocorrência intensa de El Niño, apresentaram significativa elevação da média pluviométrica se comparada a outros anos analisados.

O El Niño influencia a precipitação pluvial no município campineiro, embora com significativa variabilidade de evento para evento.

Mesmo nos anos em que não houve ocorrência dos eventos ENOS, essa variabilidade mostrou-se significativa, com alguns anos mais chuvosos e outros mais secos.

REFERÊNCIAS

- CAVALCANTI, I. F. A.; GAN, M. A. **Anomalous precipitation in Southern Brazil and ENSO events. Apresentado no Workshop sobre o fenômeno ENOS e a variabilidade climática nas escalas sazonal a interanual: Impactos socioeconômicos, previsão e aplicações ao processo de tomada de decisão.** Florianópolis, 1992.
- CAVALCANTI, I. F. A. Teleconexões no Hemisfério Sul e suas influências na circulação da América do Sul. In: VII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 1992. **Anais...** São Paulo: USP, 1992, p. 156,
- FERNANDES, K. A.; SATYAMURTY, P. Cavados invertidos na região central da América do Sul. II Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte - MG. **Anais...** v. 8, 1994, p. 93-94
- HALPERT, M. S.; BELL, G. D.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. Climate Assessment for 1995. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.77, n. 5, p. 11-25. 1996.
- KOUSKY, V. E.; KAYANO, M. T.; CAVALCANTI, I. F. A. A review of the southern oscillation oceanic atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus**, v. 36, no 2. pp. 490-504. 1984
- KOUSKY, V. E.; LEETMAA, A. The 1986-87 Pacific Warm Episode: Evolution of Oceanic and Atmospheric Anomaly Fields. **Journal of Climate**, v. 2, n. 3, pp. 254-267. 1989.
- KOUSKY, V. E., Seminário: Variabilidade atmosférica e oceânica durante a década do TOGA relacionada com o fenômeno El Niño- Oscilação Sul. CPTEC, 1996.
- QUADRO, M. F. L. **Estudo de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul.** 1994. 94f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia)- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1994;

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, pp.1606-1626, 1987.

VIRGI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. **Mon. Wea Rev.**, n. 109, 1981, p. 549-610,