

Variabilidade intra e interanual da precipitação em Taubaté-SP associado aos eventos El Niño e La Niña

INTRA AND INTER-ANNUAL RAINFALL VARIABILITY IN TAUBATÉ (SP) ASSOCIATED WITH EL NIÑO AND LA NIÑA EVENTS

Gilberto Fisch
Matheus Cesário Valério
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté

RESUMO

Este trabalho analisa as variabilidades intra e interanual da precipitação no Vale do Paraíba-SP associada aos eventos de El Niño ou La Niña. Os dados utilizados foram totais mensais de precipitação em Taubaté obtidos no período de 1982 até 2000. Os resultados mostram que não há conexão forte e sistemática entre os eventos que ocorrem no Oceano Pacífico (eventos El Niño ou La Niña) e as chuvas anuais ou mesmo sazonais no Vale do Paraíba. A distribuição de chuva está mais associada à convecção local, especialmente durante o verão.

PALAVRAS-CHAVE

ENSO. Variabilidade pluviométrica. Desvios de precipitação.

INTRODUÇÃO

Em virtude da água ser o componente principal na constituição dos organismos vivos, a distribuição temporal e espacial das precipitações caracterizam o clima e estabelecem o ritmo (*modus operandis*) de vida de uma região. A importância do estudo do ciclo hidrológico sobre a sociedade atual é inquestionável, podendo-se citar aplicações imediatas nas áreas agrícolas, de produção de energia elétrica, de gerenciamento hídrico para o consumo humano e também para práticas de lazer e entretenimento. A água tem múltiplos usos e pode ser considerada como sendo um bem de recursos limitado ou o "Ouro do Séc. XXI".

Nos últimos anos tem ocorrido um rápido progresso no que diz respeito à criação de teorias quantitativas do clima, por meio de uma combinação de modelos matemáticos de fluido-hidrodinâmica e de estu-

dos experimentais dos processos físicos que governam o comportamento geral da atmosfera e dos oceanos. No momento, pouco se pode dizer acerca da previsão de futuras mudanças do sistema climático. Deve-se aceitar a possibilidade de que o futuro do clima mundial não pode ser previsível com suficientes detalhes, ou mesmo não pode ser prognosticado para períodos muito longos (escala de tempo de meses ou anos) de forma a atender às necessidades da sociedade atual. Mesmo assim, as investigações científicas que busquem entender e estudar a variabilidade deste elemento climático são importantes. Recentemente Nunes e Calbete (2000) analisaram a variabilidade pluviométrica no Vale do Paraíba Paulista usando 21 postos pluviométricos no período de 1958-1997. Embora as autoras procurassem encontrar um sinal estatisticamente forte de alterações do ritmo climático que pudesse estar associado à grande expansão e ocupação humana que houve neste período, os resultados não corroboraram esta hipótese.

A Região Sudeste, onde se situa o Vale do Paraíba e o município de Taubaté, é, provavelmente, a região brasileira que possui um dos maiores contrastes climáticos, em razão da diversidade de fatores que atuam: maritimidade contrastando com continentalidade, depressões intermontanas e várzeas; áreas de plantio de reflorestamento e regiões montanhosas, com elevadas precipitações ao longo de todo ano. A presença de sistemas frontais predominam no inverno, caracterizando o clima com a ocorrência de períodos com forte estiagem e geadas ocasionais (LEMOS, 2000). No verão, as temperaturas elevadas e as chuvas abundantes associam-se, principalmente, à convecção livre, à presença de linhas de instabilidade e também à formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul

(ZCAS). De forma geral, o clima da região de Taubaté apresenta temperaturas elevadas – média anual de 22°C - e duas estações de precipitação definidas: uma chuvosa que corresponde ao verão, e outra seca, que corresponde ao inverno (FICSH, 1995).

Segundo Fisch (1999), a dinâmica da atmosfera global apresenta comportamento distinto de um ano para outro, resultando em diferenças interanuais significativas nos totais de precipitação. Esse comportamento é resultado da própria variabilidade natural do clima e também da teleconexão de efeitos que sistemas meteorológicos podem ter na região de Taubaté. Um exemplo claro desta teleconexão é a ocorrência do fenômeno El Niño - Oscilação Sul - ENSO, que ocorre na região do Pacífico Equatorial, mas que possui efeitos marcantes no clima do Brasil: em anos de ENSO, ocorrem chuvas torrenciais e enchentes nas regiões Sul e Sudeste e secas fortes nas regiões Nordeste e Norte. O fenômeno ENSO divide-se em uma fase quente (El Niño) e outra fria (La Niña). Segundo Oliveira (2001), os últimos eventos de ENSO que ocorreram dentro do período analisado neste estudo (1983 - 2000) foram: abril/1982 a julho/1983 (16 meses), agosto/1986 a fevereiro/1988 (19 meses), março/1991 a julho/1992 (17 meses), fevereiro/1993 a setembro/1993 (8 meses), junho/1994 a março/1995 (10 meses) e abril/1997 a maio/1998 (14 meses). É conveniente lembrar que os eventos do ENSO podem iniciar-se em qualquer época do ano e, portanto, nem sempre influem mais significativamente em um ano em particular. A influência da ocorrência ou não em episódios de ENSO é significativa para a produtividade agrícola de uma região. Segundo Berlato e Fontana (2003), a variabilidade interanual das condições climáticas, principalmente com relação à chuva, pode afetar significativamente a produção de grãos de um ano para o outro.

O interesse sobre este fenômeno aumentou muito desde o El Niño catastrófico de 1982 - 1983, que foi denominado “a mãe de todos os niños”. Neste caso em particular, ocorreu a enchente do Rio Itajaí (SC) com muitas mortes e impactos sociais e econômicos. Em 1997/1998, registrou-se novamente um El Niño forte, considerado inclusive mais intenso do que o El Niño de 1982/1983. Tudo isto é particularmente importante para o conhecimento climático e para o estabelecimento das condições de precipitação de qualquer região.

A frequência e intensidade desses episódios de El

Niño aumentaram desde a década de 1970. Porém, não há certeza se isso ocorre em decorrência da variabilidade natural da atmosfera, se há causas humanas ou mesmo se aumentou a capacidade da comunidade científica em amostrar e prever os efeitos meteorológicos em rede global (pelo uso extensivo de satélites meteorológicos). Segundo Conti (1999), o efeito do evento El Niño de 1983 foi o de provocar fortes chuvas na cidade de São Paulo, exemplificando com o total mensal de junho de 1983 no qual o volume de chuva foi onze vezes superior ao normal. Ainda analisando este mesmo evento, Kayano e Moura (1986) propuseram que os altos valores de precipitação em 1983 foram devidos a uma intensificação da corrente de jato subtropical, provocando bloqueios atmosféricos na região Sul e adjacências (inclusive no estado de SP).

A ocorrência de águas mais frias no Pacífico Equatorial (evento La Niña) também provoca alterações nas condições meteorológicas do Vale do Paraíba, resultando em períodos mais secos e frios (OLIVEIRA, 2001). Os casos extremos foram os de 1988/1989 e 1998/1999. O número de casos de La Niña é aparentemente inferior à frequência de eventos El Niño, embora não se saiba exatamente o porquê disso.

O objetivo desta pesquisa é o de apresentar os efeitos causados pelos eventos El Niño / La Niña na variação da precipitação em Taubaté, por meio de uma análise, considerando toda a série temporal (interanual) e por estações (sazonal ou intra-anual) do posto meteorológico.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação foram coletados no posto meteorológico do Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté (UNITAU), localizado na Fazenda Piloto, situada na estrada municipal Dr. José Luiz Cembranelli, 5000 na zona rural do município, aproximadamente 5 km do centro comercial da cidade. Os dados de precipitação estão sendo coletados desde julho de 1982, quando foi instalado o posto meteorológico na UNITAU. A partir de agosto de 1992, o posto meteorológico foi ampliado, por meio de uma cooperação técnico-científica com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), e passou a integrar a rede de observações meteorológicas do Brasil (Sistema Global de Telecomunicações). As coordenadas geográficas do posto são 23° 02' S, 45° 30' W e 577 m. O posto de Taubaté usa o pluviômetro “ Ville

de Paris” para coleta da precipitação, com área de captação de 400 cm².

Nesta pesquisa, a precipitação do dia foi considerada como a chuva que ocorre entre às 9h deste dia e às 9h do dia seguinte, uma vez que as leituras diárias são realizadas nos horários preconizados pela Organização Mundial de Meteorologia. No caso de Taubaté, estas leituras são realizadas às 9h, 15h e 21h. Os valores diários foram integrados ao longo do mês para produzir os totais mensais de precipitação (Tabela 2).

Foi estabelecido como critério de anos com precipitação abaixo e acima da média, o índice de 15% de desvio positivo (+ 15%) ou negativo (- 15%), respectivamente. Assim os anos com precipitação maior que 15% positivo foram considerados “anos acima da média” e os anos com precipitação menor que 15% negativo foram considerados “anos abaixo da média”.

Foi usada a série temporal de precipitação para se calcular os desvios normalizados de precipitação anual e sazonal, a saber:

$$DP(x,y) = \frac{\text{Prec}(x,y) - \text{Prec Média}(x)}{\text{Prec Média}(x)}$$

adimensional

Em que DP (x,y) é o desvio normalizado da preci-

pituação do mês x no ano y, Prec (x,y) é a precipitação do mês x no ano y e Prec Média (x) é a precipitação climatológica no mês x. Os meses x variam de Janeiro (1) a Dezembro (12) e os anos y variam entre 1982 e 2000. No caso do cálculo destes desvios, utilizou-se a normal climatológica de Taubaté (1946 - 1976) cedida pelo INMET (Tabela 1) como sendo a Prec Média e os valores medidos no Posto Meteorológico (Tabela 2) como sendo a precipitação do mês x no ano y. Este procedimento foi utilizado para que a determinação dos desvios não fossem contaminados pela própria variabilidade interanual. Deste modo, as Tabelas 1 e 2 formam duas amostras independentes de dados. A Tabela 1 concorda com os valores climatológicos de distribuição pluviométrica do Vale do Paraíba-SP apresentados por Nunes e Calbete (2000), que utilizaram como fonte o Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo – DAEE e com período de coleta de dados distinto (1958-1997). Isto comprova a consistência da série temporal apresentada na Tabela 1 em representar a normal climatológica da precipitação do Vale do Paraíba-SP.

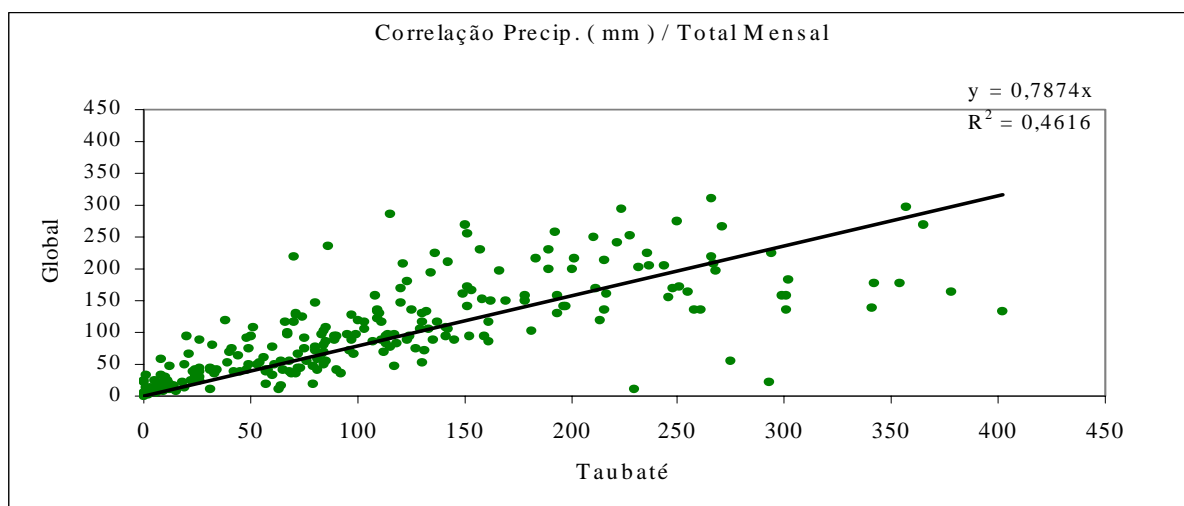


Figura 1 - Correlação de dados pluviométricos mensais de Taubaté e Global.

TABELA 1: Normal climatológica de Taubaté (1946-1976). Valores da precipitação em mm.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
210,6	210,5	177,2	74,8	46,1	30,3	28,4	41,7	59,0	128,6	137,8	207,2	1352,2

Fonte: 7º DISME/INMET – Distrito de Meteorologia

Um outro procedimento para caracterizar os dados de totais mensais da Tabela 2 como sendo representativos da ocorrência de chuva na região do Vale do Paraíba foi a de utilizar dados de precipitação no período de 1983 a 2002 (vinte anos) do Banco de Dados da NASA - GCPC (National Aeronautics and Space Administration - Global Continental Precipitation Climatology), obtidos em: www.joss.ucar.edu/name/dm/archive. Este conjunto de dados (denominado de precipitação global) é uma estimativa de precipitação da região do Vale do Paraíba, com resolução espacial de 2,5° x 2,5° graus (equivalente a 250 km x 250 km). Nestes cálculos entram dados observacionais dos postos pluviométricos e estimativas de precipitação usando imagens de satélites e previsões de chuva usando modelos de Previsão Numérica de Tempo. Este tipo de dados é descrito por Xie e Arkin (1997) e am-

plamente usado em estudos de climatologia dinâmica. O ponto de grade utilizado foi o quadrilátero de latitude situado entre 22,5° S a 25,0° S e entre 43,5° W e 46,0° W de longitude. A correlação foi realizada considerando-se totais mensais (Figura 1), mas realizaram-se também correlações para escala de tempo anual e também por estações (VALÉRIO; FISCH, 2005). Os valores são bem correlacionados: 0,74 para o caso da correlação mensal e de 0,72 para correlação com dados de totais anuais. Embora exista uma dispersão no conjunto de valores, os resultados encontrados por todas essas análises (escalas global, mensal e sazonal) mostram que os sistemas atmosféricos atuantes eram os mesmos e, por conseguinte, indicam a robustez da série temporal dos valores mensais de Taubaté para representar a distribuição de chuvas no Vale do Paraíba.

Tabela 2: Distribuição mensal da precipitação em Taubaté (período de 1982-2000). Valores da precipitação em mm/mês.

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL	%
1982							52,8	94,5	15,0	161,0	141,5	229,5	--	--
1983	258,0	193,0	136,5	111,5	127,5	151,0	53,0	11,5	266,0	51,5	109,3	157,5	1626,3	+ 19,1
1984	103,5	63,0	67,0	109,0	90,5	0,0	3,5	48,5	84,5	24,5	98,5	161,0	853,5	- 37,5
1985	275,0	200,0	189,5	44,0	57,0	10,5	2,5	9,0	75,5	117,0	109,5	237,0	1326,5	- 2,9
1986	142,5	134,0	268	83,5	58,0	7,0	26,5	81,5	39,5	42,5	115,5	249,5	1248,0	- 8,6
1987	293,5	215,0	111	221,0	181,0	129,0	11,5	1,5	50,0	103,5	85,5	70,5	1473,0	+ 7,9
1988	196,0	293,0	213	97,0	152,5	31,0	0,0	0,0	34,0	153,5	71,5	178,0	1419,5	+ 3,9
1989	231,5	340,3	247,3	113,3	72,9	85,5	84,2	79,4	83,7	19,2	135,8	193,8	1686,9	+23,5
1990	161,7	123,2	132,8	74,5	21,3	5,0	67,8	76,2	117,6	83,3	107,5	95,3	1066,2	- 21,9
1991	301,9	162,4	356,8	84,8	20,0	32,9	9,8	14,1	118,0	141,3	96,8	178,1	1516,4	+ 11,0
1992	166,5	129,8	59,8	80,0	53,7	0,0	75,2	23,7	125,6	114,5	210,5	130,2	1269,5	- 7,0
1993	245,6	250,6	300,2	131,7	49,0	31,9	12,3	14,7	145,5	84,5	79,9	86,1	1432,0	+ 4,9
1994	216,7	72,4	151,3	100,1	89,2	40,5	21,7	0,0	1,1	96,7	132,4	298,2	1220,3	- 10,6
1995	151,0	353,5	197,8	31,0	67,5	8,1	63,9	11,9	38,2	266,5	120,3	183,1	1492,8	+ 9,3
1996	215,8	229,3	364,8	48,1	31,9	22,9	5,1	26,1	149,2	124,1	189,5	201,3	1608,1	+17,8
1997	223,5	49,2	70,4	25,8	57,4	69,3	9,0	18,4	112,6	63,8	243,8	142,4	1085,6	- 20,5
1998	120,7	254,3	158,4	45,6	89,1	12,4	12,3	10,6	141,1	211,1	66,4	130,5	1252,5	- 8,3
1999	377,6	401,4	80,5	40,6	19,0	68,6	11,0	4,8	65,0	26,5	71,4	150,0	1316,4	- 3,6
2000	342,0	169,1	260,1	8,3	9,4	0,4	60,5	92,4	90,4	56,0	227,8	235,9	1552,3	+ 13,7
Média	223,5	201,9	192,5	80,5	63,3	39,2	30,7	32,6	92,2	102,2	127,0	174,1	1365,6	

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade Interanual: Observa-se na Tabela 2 que a precipitação anual média é de 1365,6 mm, muito próximo do valor normal climatológico (1352,2 mm) apresentado na Tabela 1. O mês mais chuvoso é o de janeiro com precipitação média no período de 223,5 mm ao passo que os meses mais secos são julho com 30,7 mm e agosto com 32,6 mm. Analisan-

do ainda a Tabela 2 observa-se que: a) os anos com precipitação acima da média são os anos de 1983, 1989, 1996; e b) os anos com precipitação abaixo da média são os anos de 1984, 1990 e 1997. Nos demais anos, os totais de precipitação mantiveram-se no intervalo da média ($\pm 15\%$ da média). Na Figura 2 é mostrada esta variabilidade em termos dos desvios normalizados.

Ainda na Tabela 2, observa-se que o ano com menor precipitação é o ano de 1984, com 853,5 mm e o ano com maior precipitação é o ano de 1989, com 1686,9 mm. A baixa precipitação em 1984 deveu-se a pouca chuva que ocorreu durante o período chuvoso (janeiro até março que precipitou apenas 233,5 mm para um valor normal de 673,1 mm) e também um período muito seco no inverno (precipitação do trimestre junho-julho-agosto de 52,0 mm para um valor normal climatológico de 100,4 mm). No caso do ano de 1989, a precipitação do período chuvoso (trimestre jan-fev-mar foi de 819,1 mm) e o inverno também

foi bastante úmido, com total de precipitação de 249,1 mm). Segundo Oliveira (2001), em ambos os anos (1984 e 1989) houve a ocorrência do evento La Nina. Além disso, segundo Lemos (2000), no inverno do ano de 1989 houve um número muito grande de passagem de frentes frias no Vale do Paraíba (18 casos comparado com a média que é de 12 casos), provocando uma precipitação (Tabela 2) no trimestre de 249,1 mm em relação a normal climatológica (Tabela 1) de 100,4 mm). Estes dois casos são indicativos de que a influência do evento La Niña no Vale do Paraíba pode não ser tão forte como no caso de eventos El Niño.

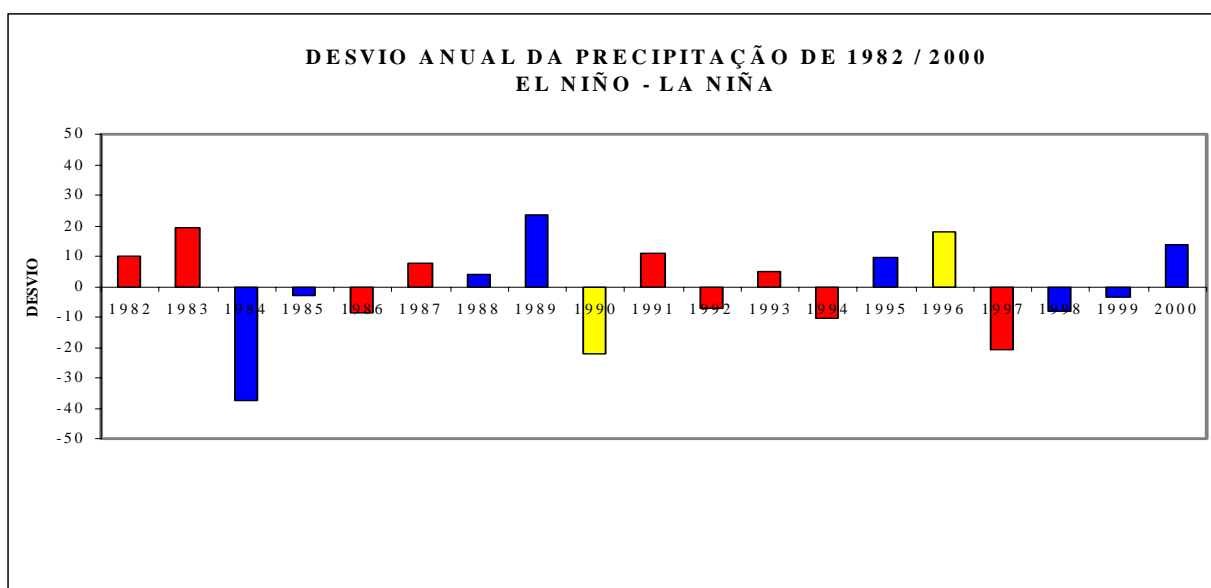


Figura 2: Série temporal dos desvios da precipitação. Os valores em azuis correspondem a anos normais, em vermelho para anos de El Niño e em amarelo para anos de La Niña.

O evento La Niña reduz os índices de precipitação na Região Sudeste, causando efeito oposto ao do El Niño (OLIVEIRA, 2001). Os últimos eventos de La Niña que ocorreram dentro do período analisado foram segundo Oliveira (2001): setembro/1984 a junho/1985 (10 meses), maio/1988 a junho/1989 (14 meses), setembro/1995 a março/1996 (7 meses), setembro/1998 a abril/2000 (20 meses).

É interessante notar que existem anos que fogem à regra como é o caso do ano 2000 que foi ano de ocorrência do evento La Niña e que apresentou uma precipitação média de 1552,3 mm, com um desvio positivo de 14,8% em relação à normal climatológica (Tabela 1). O número de ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) foi de 5 casos no verão 2000, o que certamente contribuiu para estes ín-

dices altos (FERREIRA; SANCHES; DIAS, 2004). Este número de casos (5) foi o maior número observado em uma análise de 20 anos (1980-2000). Entretanto, estes autores não conseguem comprovar uma associação direta da ZCAS com El Niño ou La Niña.

A Tabela 3 mostra que a associação dos eventos El Niño ou La Niña com o total anual de precipitação não é muito boa, pois os eventos não têm época certa para iniciar e o total anual de precipitação depende muito da estação chuvosa do ano em particular. Em outras palavras, um ano de El Niño ou La Niña não necessariamente será um ano chuvoso ou seco no Vale do Paraíba. Grimm e Ferraz (1998) alertam para o fato de que a resposta dos eventos El Niño e La Niña na região sudeste possa não ser tão linear quanto nos extremos sul e norte do Brasil, uma vez que a região sudeste tem uma alta correlação com as anomalia-

malias de temperatura da água do mar do Atlântico Sul. Na Tabela 3 foram listados apenas os anos em que os totais anuais foram “acima” ou “abaixo”

da média climatológica, conforme a metodologia escolhida. A intensidade do evento El Niño ou La Niña foi extraído de Berlato e Fontana (2003).

Tabela 3: Comparativo entre a variabilidade anual e eventos de El Niño e La Niña.

ANO	DESVIO POSITIVO	DESVIO NEGATIVO	EVENTO
1983	+19,1		EL-NIÑO FORTE
1984		-37,5	LA NIÑA FRACO
1989	+23,5		LA NIÑA FORTE
1990		-21,9	NORMAL
1996	+17,8		LA NIÑA MODERADO
1997		-20,5	EL NIÑO FORTE

Variabilidade Intra-Anual ou Sazonal: O ritmo de disponibilidade de água durante o ano também é muito importante, principalmente para o planejamento agrícola. Tendo em vista os resultados do item anterior (3.1 – Variabilidade interanual) de que não há boa correlação entre os totais anuais e os eventos El Niño e La Niña, investigou-se uma possível correlação sazonal.

O ciclo sazonal de precipitação é bem marcante e apresenta dois períodos bem definidos e distintos: o verão (trimestre dez. – jan. – fev.) é bastante chuvoso com 44 % da precipitação anual e o inverno (trimestre jun. – jul. – ago.) é seco (apenas 8%). Segundo Fisch (1995), no trimestre de inverno o balanço hídrico mostra que as perdas de água (evapotranspiração) são superiores as entradas de água (precipitação), caracterizando um período seco. As chuvas que ocorrem no verão são predominantemente convectivas originárias do próprio aquecimento da superfície terrestre (convecção livre ou natural) e as que ocorrem no inverno são, em sua maioria, de origem frontal, devido à penetração de uma frente fria (FISCH, 1999). A primavera (24%) e o outono (25%) apresentam totais de precipitação bastante semelhantes, embora as origens destas chuvas sejam diferentes: convectivas na primavera e frontais no outono. Mesmo sendo de origem convectivas as chuvas da primavera, o mecanismo físico que determina a transição entre o final da estiagem para o início da estação chuvosa no Vale do Paraíba é a passagem de uma frente fria intensa, que provoque chuvas fortes e permita que haja uma grande quantidade de água no solo para evaporar posteriormente. Fisch (1999) determina o início da estação chuvosa na região como sendo na segunda pentada do mês de outubro (por volta do dia 10 de outubro), estendendo-se até o final de março do ano seguinte.

A) VERÃO (*trimestre dezembro-janeiro-fevereiro*)

Analisando os dados coletados no trimestre verão (Tabela 2), os mais altos totais de precipitação ocorrem nos anos de 1989, 1999 e 2000; os mais baixos valores de precipitação nos anos de 1984, 1986, 1990, 1992, 1997 e 1998 e nos demais anos o total pluviométrico manteve-se na média (Tabela 4). A precipitação média no período durante o verão foi de 599,5 mm que representa 43,9 % da precipitação total anual no mesmo período (Tabela 2). No ano de 1999, a precipitação foi de 929 mm, ou seja, 47,9 % acima da normal climatológica que é 628,3 mm. No ano de 1984, a precipitação foi de 327,5 mm, ou seja, 47,9 % abaixo da normal climatológica. Este ano de 1984 foi analisado por Nunes e Lombardo (2000) como sendo um ano anormalmente seco em todo o estado de SP na época de verão, de uma série temporal de 1956-1990. Estes são os anos de valores extremos. Em 1999 não ocorreu o fenômeno El Niño e em 1984 ocorreu um evento de La Niña fraco. Na Figura 3a é apresentada a série temporal do desvio no período de 1982-2000. De certo modo, os eventos de La Niña provocaram chuvas mais intensas no verão e eventos de El Niño provocaram redução da precipitação.

B) OUTONO (*trimestre março-abril-maio*)

O total mensal de precipitação no outono foi de 342,2 mm, valor este correspondente a 25,1% do total anual de precipitação (Tabela 2). O outono é uma estação com quantidade de precipitação inferior à do verão, mas apresenta ainda altos índices de precipitação.

Analisando a Tabela 2, observa-se que os anos de 1983, 1986, 1987, 1988, 1989, 1991, 1993 e 1996 apresentaram totais de precipitação acima da média; os anos de 1990, 1997, 1999 apresentaram valores de precipitação abaixo da média, e os demais anos (1985,

1992, 1995 e 1998) apresentam totais de precipitação dentro da média (342,3 mm) (Tabela 5).

Interessante salientar que o ano de 1987, 1991 e 1993, que apresentaram altos valores de precipitação foram anos em que ocorreu o fenômeno El Niño. O ano de 1999 que apresentou o mais baixo total de precipitação (140,1 mm) foi o ano do evento La Niña. De certo modo, nota-se que em anos de El Niño há uma tendência de ocorrer desvios positivos da chuva. Por exemplo, como observado por Xavier, Dias e Xavier

(1995) analisando a série temporal (totais mensais) de precipitação para o estado de SP no período de 1935-1991, os meses de maio de 1983 e 1987 apresentaram alta precipitação, associando este comportamento de desvio positivo como sendo devido a teleconexão do evento El Niño. Não se pode generalizar nada para os desvios negativos, pois ocorreram somente 2 casos sendo 1 de El Niño e outro de La Niña. Na Figura 3b é apresentada a série temporal do desvio no período de 1982-2000.

Tabela 4: Comparativo entre a variabilidade sazonal (verão) e eventos de El Niño e La Niña.

ANO	% de variação	El Niño/La Niña
1989	+21,9	LA NIÑA FORTE
1999	+47,9	LA NIÑA FORTE
2000	+18,9	LA NIÑA MODERADO
1984	-47,9	LA NIÑA FRACA
1986	-16,3	NORMAL
1990	-39,5	NORMAL
1992	-32,1	EL NIÑO FORTE
1997	-33,9	NORMAL
1998	-19,5	EL NIÑO FORTE

Tabela 5: Comparativo entre a variabilidade sazonal (outono) e eventos de El Niño e La Niña.

ANO	% de variação	El Niño/ La Niña
1983	+26,0	EL NIÑO MODERADO
1986	+37,4	NORMAL
1987	+72,1	EL NIÑO MODERADO
1988	+55,2	EL NIÑO FRACO
1989	+45,4	LA NIÑA FORTE
1991	+54,7	EL NIÑO FRACO
1993	+61,3	EL NIÑO MODERADO
1996	+49,2	NORMAL
1990	-23,3	NORMAL
1997	-48,5	EL NIÑO MODERADO
1999	-53,0	LA NIÑA MODERADO

C) INVERNO (trimestre junho-julho-agosto)

O inverno com uma precipitação média de 102,5 mm apresenta apenas 7,5 % do total anual de precipitação que é de 1365,5 mm (Tabela 2). Como o inverno é uma estação de seca no Vale do Paraíba, encontram-se anos com precipitação muito baixa no período, como é o caso do ano de 1985 com 22 mm de precipitação e o ano de 1988 com 31 mm. Analisando-se o desvio de precipitação em relação à normal climatológica, em 1985 choveu 78,1% abaixo da nor-

mal climatológica e no ano de 1989 choveu 148,1% acima. Embora os números relativos a variação sejam altos, eles representam pouca chuva (ou água) pois os totais mensais são da ordem de 30 mm/mês. Interessante lembrar que 1985 foi ano do evento La Niña. Em 1983, durante o ano de El Niño mais intenso, também choveu muito acima da média (114,6%). Da Tabela 2 observam-se os anos de 1982, 1983, 1987, 1989, 1990 e 2000 apresentaram totais de precipitação acima da média; os anos de 1984, 1985, 1988,

1991, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998 e 1999 apresentaram valores de precipitação abaixo da média e os demais apresentaram totais de precipitação dentro da média (Tabela 6).

Não é possível generalizar-se uma associação de evento El Niño/La Niña com aumento ou redução de precipitação. Na Figura 3c é apresentada a série temporal do desvio no período de 1982-2000.

Tabela 6: Comparativo entre a variabilidade sazonal (inverno) e eventos de El Niño e La Niña.

ANO	% de variação	El Niño/ La Niña
1982	+85,8	EL NIÑO MODERADO
1983	+114,6	EL NIÑO MODERADO
1987	+41,4	EL NIÑO FORTE
1989	+148,1	NORMAL
1990	+48,4	EL NINO FRACO
2000	+52,5	NORMAL
1984	-48,2	NORMAL
1985	-78,1	NORMAL
1988	-69,1	LA NIÑA FRACO
1991	-43,4	EL NIÑO MODERADO
1993	-41,3	EL NIÑO MODERADO
1994	-38,0	EL NIÑO MODERADO
1995	-16,4	NORMAL
1996	-46,1	NORMAL
1998	-64,8	LA NIÑA FRACO
1999	-15,8	LA NIÑA FRACO

D) PRIMAVERA (trimestre setembro-outubro-novembro)

Na Tabela 2 pode-se ver que nos anos de 1983, 1992, 1995, 1996, 1997, 1998 e 2000 a precipitação foi acima da média; nos anos de 1984, 1986, 1987, 1988, 1989, 1994 e 1999 a precipitação foi abaixo da média e nos demais anos a precipitação se manteve próxima da média.

É interessante notar que na primavera não encontramos anos de extremos (precipitação muito acima

ou muito abaixo da média). Sendo a média de precipitação no período 321,4 mm (Tabela 2), o ano em que mais choveu foi 1996 com um índice de 462,8 mm e no que menos choveu foi o ano de 1999, com um total pluviométrico de 162,9 mm. No ano de 1999, tivemos o fenômeno La Niña influenciando clima e precipitação na nossa região, mas também não é possível generalizar uma associação. Na Figura 3d é apresentada a série temporal do desvio no período de 1982-2000.

Tabela 7: Comparativo entre a variabilidade sazonal (primavera) e eventos de El Niño e La Niña

ANO	% de variação	El Niño / La Niña
1983	+31,2	LA NIÑA FRACO
1992	+38,5	EL NIÑO FRACO
1995	+30,6	LA NIÑA FRACO
1996	+42,2	NORMAL
1997	+29,1	EL NIÑO FORTE
1998	+28,6	LA NIÑA MODERADO
2000	+15,0	LA NIÑA FRACO
1984	-36,2	LA NIÑA FRACO
1986	-39,3	EL NIÑO MODERADO
1987	-26,2	EL NIÑO MODERADO
1988	-20,4	LA NIÑA FORTE
1989	-26,6	NORMAL
1994	-29,3	EL NIÑO MODERADO
1999	-49,9	LA NIÑA MODERADO

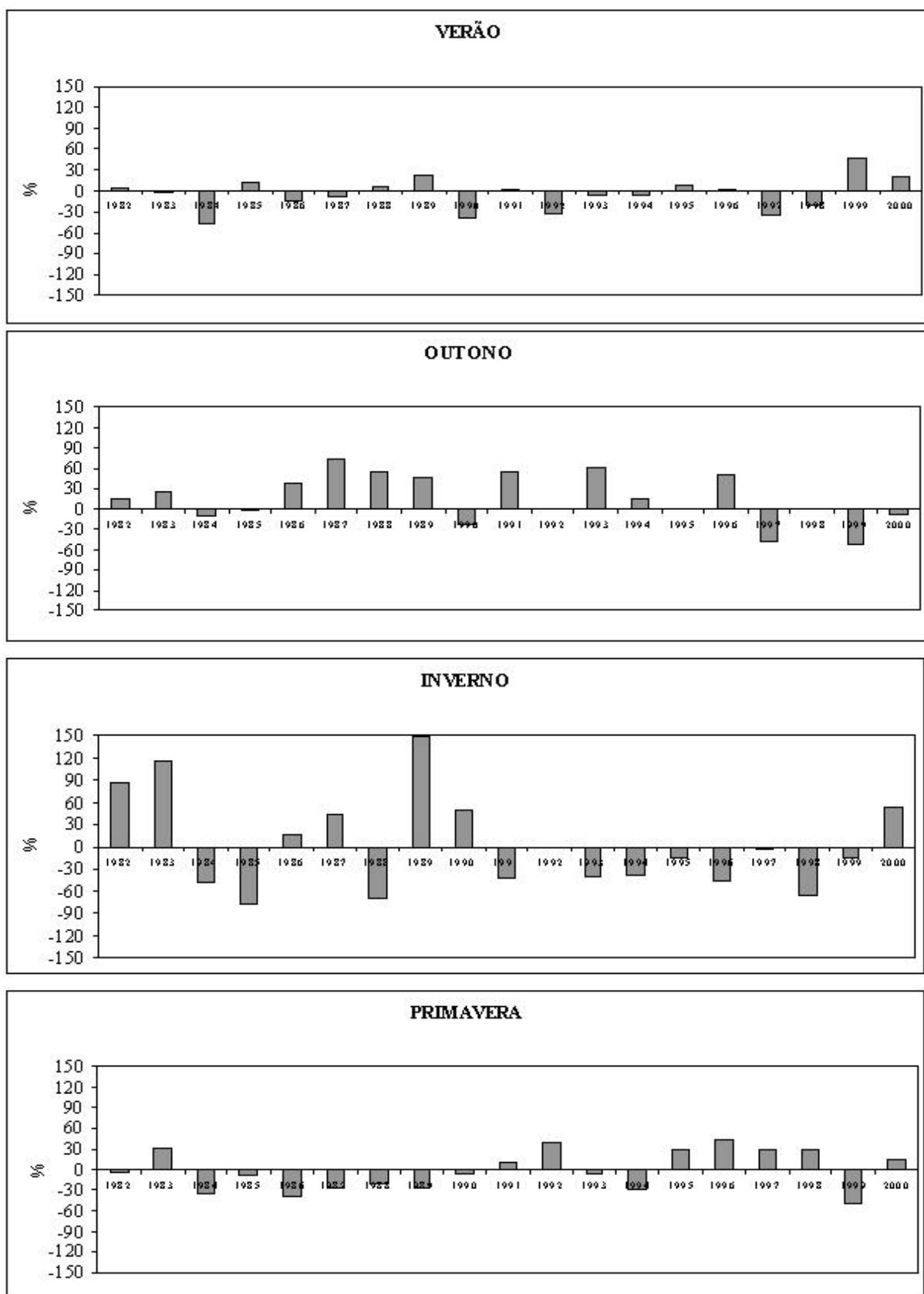


Figura 3: Desvios normalizados da precipitação para as estações de verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d).

CONCLUSÃO

Apesar dos grandes avanços tecnológicos alcançados pelo Homem, o seu bem-estar econômico e social continua dependendo fortemente do clima e é bem provável que esta associação continue, cada vez mais, no futuro. Esta dependência não se manifesta tão somente na produção de alimentos, mas também com respeito a outros fenômenos, tais como inundações, secas ou temperaturas extremas, que afligem fortemente as comunidades urbanas, prejudicam a agricultura, a indústria e o comércio, ameaçando o desenvolvimento econômico e social. Os recentes episódios do ciclone CATARINA (em 2004) e o aparecimento de tornados mostram como a sociedade brasileira atual é suscetível a estes infortúnios climáticos. A variabilidade climática é alta e não deve ser uma preocupação exclusiva de cientistas e pesquisadores ou mesmo de autoridades do Governo, mas de toda a sociedade. Este tema é bastante atual e tem merecido uma atenção especial da população e governantes, principalmente depois do ano de 2001, quando o país sofreu o impacto da crise energética (denominada popularmente de APAGÃO) que, inicialmente e de forma errônea, foi atribuída à falta de precipitação. A partir deste problema foi criado, em nível ministerial, um grupo de gestão das águas para fins de geração de energia elétrica, preocupando-se com as informações hidrometeorológicas. As principais informações sobre hidrometeorologia podem ser encontradas no "portal da energia" no CPTEC/INPE (www.cptec.inpe.br/energia).

Estudando a variabilidade inter e intra-anual da precipitação em Taubaté, pode-se concluir que não há uma correspondência direta de eventos de El Niño correlacionado com um aumento da precipitação e casos de La Niña com a redução. Em todos os períodos analisados, quer seja considerado o total anual ou total trimestral (por estação), há casos em que esta associação é verdadeira e outros casos completamente ao contrário. Isto pode ser um indicador de que o Vale do Paraíba não possui uma teleconexão forte com os fenômenos do Oceano Pacífico, tendo, por outro lado, uma forte associação com as características locais (convecção livre durante o período chuvoso no verão). Outro aspecto que merece ser melhor estudado é que quando há um ano com anomalias positivas na precipitação, o ano seguinte apresentará uma anomalia negativa de precipitação. Este fato se con-

cretizando poderá otimizar o uso da água para fins agrícolas e gerenciamento de recursos hídricos.

ABSTRACT

This study analyzed the inter and intra-annual rainfall variability in Vale do Paraíba-SP associated with El Niño and La Niña events. It was used monthly data for the period from 1982 up to 2000. There is no strong connection between the events in the Pacific (El Niño or La Niña) considering either yearly or seasonally rainfall. The rainfall distribution seems to be more associated with the local convection, especially during the summer.

KEYWORDS

ENSO. Rainfall variability. Rainfall deviations.

REFERÊNCIAS

- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. *El Niño e La Niña*. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2003. 110 p.
- CONTI, J. B. *Clima e meio ambiente*. São Paulo: Atual, 1999. 125 p.
- FERREIRA, N. J.; SANCHES, M.; DIAS, M. A. F. S. Composição da zona de convergência do Atlântico Sul em períodos de El Niño e La Niña. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 19, n. 1, p. 89-98, 2004.
- FISCH, G. Caracterização climática e balanço hídrico de Taubaté (SP). *Revista Biociências*, v. 1, n. 1, p. 81-90, 1995.
- _____. Distribuição da precipitação em Taubaté, Vale do Paraíba (SP). *Revista Biociências*, v. 5, n. 2, p. 7-11, 1999.
- GRIMM, A.M.; FERRAZ, S. T. Sudeste do Brasil: uma região de transição no impacto de eventos extremos de oscilação Sul? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1998, Brasília. *Anais...* Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. 1 CD-ROM.
- KAYANO, M. T.; MOURA, A. D. O El Niño de 1982-83 e a precipitação sobre a América do Sul. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 4, n. 2, p. 201-214, 1986.
- LEMOS, C. F. *Caracterização e variabilidade climática no Vale do Paraíba*. 2000. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)-Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2000.

NUNES, L. H.; CALBETE, N. O. Variabilidade pluviométrica no Vale do Paraíba Paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000. 1 CD-ROM.

NUNES, L. H.; LOMBARDO, M. A. The impact of the warming process of the tropical Atlantic on the rainfall in the state of São Paulo, Brazil. *Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science*, v. 52, n. 1, p. 45–48, 2000.

OLIVEIRA, G. S. *O El Niño e você: o fenômeno climático*. São José dos Campos: Transtec, 2001. 116 p.

VALÉRIO, M. C.; FISCH, G. Por que os lagos artificiais do Vale do Paraíba estão secando?: Um estudo sobre a influência da precipitação. *Revista Biociências*. Submetido em janeiro de 2005.

XAVIER, T. M. B. S.; DIAS, M. A. F. S.; XAVIER, A. F. S. Impact of ENSO episodes on the autumn rainfall patterns near São Paulo, Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 15, n. 5, p. 571–584, 1995.

XIE, P.; ARKIN, P. A. Global precipitation: a 17 year monthly analysis based on gauge precipitation, satellites estimates and numerical outputs. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, n. 11, p. 2539–2558, 1997.

Gilberto Fisch
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Departamento de Ciências Agrárias - UNITAU
Endereço: Rua Itatiba nº 220
CEP: 12228-904 São José dos Campos - SP
e-mail: gfishch@uol.com.br

Matheus Cesário Valério
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Departamento de Ciências Agrárias - UNITAU
Endereço: Rua Sebastião de Abreu nº 242
CEP: 12070-240 -Jd. Ana Emília
Taubaté - SP
e-mail: matheuscezario@ig.com.br

TRAMITAÇÃO

Artigo recebido em: 15/03/2004
Aceito para publicação em: 22/03/2005