

A VARIABILIDADE TÊMPORO-ESPACIAL DAS CHUVAS NO ESTADO DE SÃO PAULO NO PERÍODO DE 1971 A 1993

João Lima SANT'ANNA NETO¹

RESUMO

A partir dos dados mensais de precipitação de 394 postos pluviométricos distribuídos pelo território paulista no período de 1991 a 1993, são analisadas a variabilidade temporal, espacial e sazonal das chuvas. Utilizando-se técnicas quantitativas tradicionais (médias, regressões e desvios) demonstrou-se a enorme irregularidade do comportamento das chuvas no Estado de São Paulo, como subsídio ao planejamento agrícola regional.

PALAVRAS-CHAVE: Regime pluvial; variabilidade pluvial; Estado de São Paulo

INTRODUÇÃO

De todos os elementos do clima, as precipitações pluviais são as que assumem a maior importância para a análise da organização do espaço agrícola, pelo menos em regiões tropicais, como é o caso da maior parte do território brasileiro.

Responsável pelo insumo de água no sistema agropecuário e controlador do balanço hídrico, as chuvas se caracterizam pela forte irregularidade temporal e distribuição espacial. Desta forma, as disponibilidades hídricas para as atividades agrícolas estão diretamente associadas ao regime e comportamento mensal e sazonal das chuvas. Como este tipo de análise está intimamente ligada ao fator tempo, o conhecimento da variabilidade da pluviosidade é fundamental, tanto para o planejamento agrícola, quanto para o acompanhamento dos calendários agrícolas.

Considerando que as regiões localizadas em áreas de transição climática, como é o caso do Estado de São Paulo, além do Mato Grosso do Sul e do Paraná, sofrem maior irregularidade das chuvas por causa dos aspectos ligados à dinâmica atmosférica, que em última análise controla a sucessão dos tipos de tempo e do clima, os estudos sobre a variabilidade deste fenômeno, se tornam imprescindíveis.

Setzer (1946), apresentou uma extensa análise dos dados de informação meteorológica de superfície que culmina com uma proposta de divisão climática do Estado de São Paulo baseada na classificação de Köppen e compara duas normais de chuvas (1900-20 e 1920-40) demonstrando que o intenso processo de desmatamento do território paulista estaria provocando uma diminuição dos totais de chuvas.

¹ Doutor, Professor Adjunto. Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá e do curso de Pós-Graduação da Unesp/Campus de Pres. Prudente. Rua Macapá, 56 – 87010-010, Maringá/PR. Fone (044)226-01963. E-mail: joaolima@wnet.com.br

Monteiro (1973), mais preocupado com a gênese das precipitações, realizou um interessante trabalho de reconhecimento dos tipos de tempo e domínios dos sistemas atmosféricos correlacionando regime e ritmo através da análise de anos-padrão, em busca do conhecimento das excepcionalidades e suas repercussões no espaço. Elaborou uma classificação das células regionais dos climas que agem no território paulista e suas articulações com a dinâmica atmosférica.

Sant'Anna Neto (1995), realizou uma análise geográfica das chuvas no segmento temporal de 1888 a 1993 buscando avaliar a ciclicidade, periodicidade e tendências deste fenômeno, propondo uma classificação de unidades pluviais para o Estado de São Paulo, através de uma abordagem geográfica dirigida a aplicações agrárias e urbanas.

No presente trabalho analisa-se a variabilidade espacial e temporal das chuvas no Estado de São Paulo para o período de 1971 a 1993, objetivando a comprovação da enorme irregularidade pluviométrica; o reconhecimento da sucessão de períodos secos e chuvosos; e a tendência de aumento dos totais de chuvas.

MATERIAL E MÉTODO

O universo de análise da presente pesquisa corresponde ao Estado de São Paulo. Sobre uma base cartográfica foi construída uma malha quadrada representada por quadrículas de 15' por 15', equivalentes às cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:50.000, totalizando 394 quadrículas. Para cada uma destas, foi montado um banco de dados pluviométricos com os valores mensais de chuvas para o período de 1971 a 1993. A partir destes dados, calcularam-se as médias e desvios mensais, sazonais e anuais dos 394 postos escolhidos para o período analisado, utilizando-se o programa Excel^R e representados cartograficamente no programa DrawPerfect^R.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variabilidade Espacial

De todos os fatores geográficos de localização, nenhum parece ter maior influência na distribuição espacial das chuvas, no território paulista, do que a altimetria. Mesmo considerando a pluviosidade mais elevada encontrada na zona costeira com altitudes obviamente mais baixas, este fato está intimamente condicionado à presença das serras do Mar e de Paranapiacaba, que chegam a ultrapassar os 1.000 metros e provocam concentração orográfica das chuvas.

De maneira geral, as precipitações no Estado de São Paulo diminuem de sudoeste para noroeste, ou seja, do litoral para o interior, demonstrando o efeito da continentalidade, que só é anulado pela presença das formações mais elevadas do relevo como aquelas da linha de *cuestas*, as localizadas, a nordeste, na região de Franca e a Serra da Mantiqueira.

Observando a figura 01, que representa a média pluviométrica dos 394 postos selecionados no período de 1971/1993, constatam-se três grandes conjuntos quanto à distribuição espacial das chuvas. No primeiro, caracterizado pela maior quantidade de chuva, superior a 2.000 mm anuais, estão o litoral (à exceção da área de Caraguatatuba) e o fronte da Serra da Mantiqueira, na região de Campos do Jordão, totalizando 6,3% da área do Estado de São Paulo.

O segundo grupo, com pluviosidade média anual entre 1.500 e 2.000 mm, é representado pelo rebordo da Serra da Mantiqueira, desde Bragança até Tapiratiba, pela Serra de Paranapiacaba, pelo Planalto de Franca e Batatais, pela linha de cuestas (Fartura, Botucatu, São Pedro, São Carlos e Cássia dos Coqueiros- Altinópolis e pela Serra dos Agudos, na região de Marília, compreendendo cerca de 26,2% do território paulista.

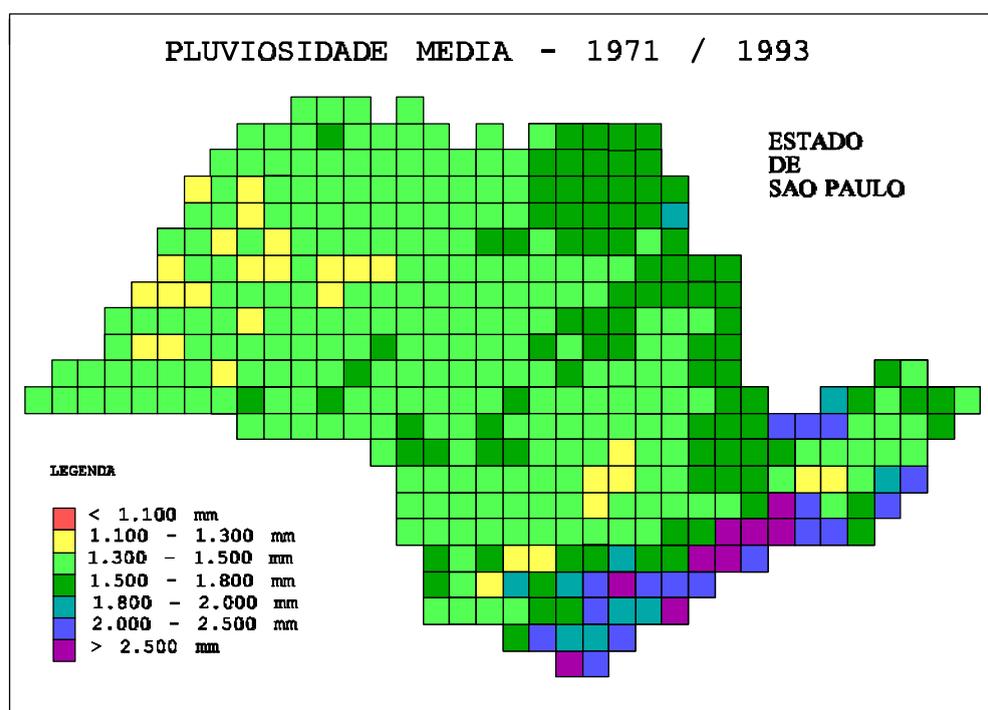


Figura 1 – Pluviosidade média do período 1971/93 para os 394 postos do Estado de São Paulo

O terceiro conjunto, o mais abrangente e extenso do Estado, é aquele que recebe entre 1.100 e 1.500 mm anuais de chuvas e que corresponde a todo o oeste paulista (à exceção das áreas acima mencionadas), a depressão periférica desde Rio Claro e Piracicaba até Sorocaba e todo o sudoeste, de Itapetininga até atingir a região de Itaporanga, além da borda interior da Serra do Mar voltada para o Vale do Paraíba, incluindo-o e todo o Vale da Ribeira até Eldorado. Este conjunto abrange cerca de 2/3 do Estado de São Paulo ou, aproximadamente, 67,5% de sua área.

Variabilidade Temporal

São reconhecidas as anomalias características do fenômeno pluvial que, pelo caráter de tropicalidade e de transição climática do território paulista, aí assumem variações bastante

significativas. Uma complexa relação de fatores, desde aqueles de escala global e regional pertinentes a circulação atmosférica e à dinâmica climática, até outros de expressão local como aqueles de localização e até mesmo as interferências do homem que provocam alterações antrópicas, é responsável pelas flutuações sazonais e anuais das precipitações pluviais.

A análise dos 23 anos, que corresponde ao segmento temporal de 1971/1993 apresentou (com base na análise do desvio-padrão) apenas nove anos que podem ser considerados normais (39%), enquanto cinco (22%) se caracterizaram como extremamente chuvosos ou tendentes a chuvosos e os demais, nove anos (39%), foram extremamente secos ou com tendência a secos.

A tabela 1 resume como se deu a distribuição espacial das variações pluviais ocorridas neste período e os aspectos mais importantes desse processo e permite avaliar que houve uma tendência de anos com pluviosidade de normal a seca.

Tabela 1 - Variabilidade temporal das chuvas no período de 1971/1993

ANO	ÁREAS CHUVOSAS	ÁREAS SECAS
1971		Mantiqueira, cuestras e Norte
1972	Cuestras, Norte, Centro-Oeste, Sudoeste	Leste e Litoral Norte
1973	Litoral, Norte e Sudoeste	
1974	Oeste	Litoral, Leste, Mantiqueira, cuestras e Norte
1975		Leste, Mantiqueira, Depr., Norte, Oeste
1976	Todo o Estado de São Paulo	
1977		Leste, Norte e Mantiqueira
1978	Norte e Noroeste	Litoral Leste, Mantiqueira, Depr., Centro-Oeste
1979		Leste, Depressão, Cuestras, Centro e Sudoeste
1980	Cuestras e Norte	Região Central
1981		Depressão, Norte e Oeste
1982	Todo o Estado de São Paulo	
1983	Todo o Estado de São Paulo	
1984		Todo o Estado de São Paulo
1985		Todo o Estado de São Paulo
1986		Norte e Oeste
1987		Mantiqueira, Norte e Oeste
1988	Litoral e Leste	Cuestras, Norte, Oeste e Sudoeste
1989	Oeste e Sudoeste	Litoral
1990	Oeste e Sudoeste	Litoral Leste, Mantiqueira, Cuestras, Depr, Norte
1991	Depressão, Cuestras, Leste e Norte	Oeste, Noroeste e Litoral Sul
1992	Nordeste, Litoral Central e Leste	Litoral Sul e Central e Vale do Paraíba
1993	Litoral Norte, Depressão e Sudoeste	Litoral Sul e Central e Oeste

Calculando os totais anuais dos 394 postos pluviométricos representativos das quadrículas do Estado de São Paulo e aplicando técnicas estatísticas referentes às medidas de tendência central, aos cálculos de desvio padrão e coeficiente de variação, pode-se estabelecer um gráfico da variabilidade temporal das chuvas. Considerou-se, para efeito desta análise, a média de precipitação dos postos pluviométricos selecionados contida no período de 1971/1993 e, a partir destes cálculos temos os seguintes resultados: média do período - 1.512 mm; anos chuvosos - acima de 1.780 mm; anos tendentes a chuvosos - entre 1.650 a 1.780 mm; anos normais (habituais) - entre 1.390 a 1.650 mm; anos tendentes a secos - entre 1.240 a 1.390 mm; anos secos - abaixo de 1.240 mm.

Com base nos dados acima, construiu-se um gráfico demonstrativo da variabilidade temporal para o período 1971/1993, que permite constatar que dos 23 anos analisados, três podem ser classificados como excepcionalmente chuvosos (**1976, 1982 e 1983**). Apenas dois anos apresentaram tendência chuvosa (**1972 e 1989**), enquanto nove anos foram considerados como normais (**1973, 1974, 1977, 1980, 1986, 1987, 1991, 1992 e 1993**).

Os anos normais, os anos cujos totais pluviais foram inferiores ao desvio padrão, também totalizaram nove anos, dos quais dois foram excepcionalmente secos (**1984 e 1985**) e sete se caracterizaram como tendentes a secos (**1971, 1975, 1978, 1979, 1981, 1988 e 1990**).

Obviamente, esta é uma análise puramente quantitativa, mas que revela em seu conjunto as anomalias pluviais para o Estado de São Paulo, apesar de ser reconhecido que sua variabilidade, tanto espacial quanto temporal, é bastante complexa. De qualquer maneira, a título introdutório, a figura 2, mostrado a seguir é suficientemente elucidativo para demonstrar estas variações.

Variabilidade Sazonal

Em função da circulação atmosférica e do caráter transicional do clima no Estado de São Paulo e considerando a disposição geográfica do relevo e da continentalidade, conforme já havia observado Monteiro (1973), cerca de 70% a 80% das chuvas têm sua gênese associada aos sistemas extra tropicais, notadamente às invasões polares, através da ação da Frente Polar atlântica.

Desta forma, os maiores ou menores totais pluviais, tanto anuais quanto sazonais, estão intimamente relacionados à maior ou menor quantidade de passagens e/ou permanência dos sistemas frontais. É reconhecido o fato de que a distribuição sazonal das chuvas, no território paulista, apresenta sua maior concentração entre outubro e março e o período de menor pluviosidade é aquele correspondente aos meses de abril a setembro. Especialmente, observa-se, na figura 3, que o trimestre mais chuvoso ocorre em três épocas nas diversas regiões do Estado.

A área do Pontal do Paranapanema e as vertentes voltadas para a calha do Rio Paraná têm o trimestre mais chuvoso no período de novembro a janeiro por serem as primeiras atingidas quando das invasões polares, que provocam as situações frontais e em geral se movimentam em um eixo de noroeste => sudeste, em forma de um arco que avança pela bacia do Rio Paraná e pelo litoral.

Esta mesma situação, porém explicada por outra ordem de fatores, ocorre no extremo norte do estado e nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, a nordeste, mais associados à concentração de chuvas em função da dissipação das frentes. Na área metropolitana da Grande São Paulo e no litoral sul e central, entretanto, o trimestre mais chuvoso acontece entre os meses de janeiro a março pois, como estão próximos da zona costeira, sofrem as influências das águas oceânicas que, por funcionarem como um termostato retardam a elevação da temperatura no verão.

COMPORTAMENTO DA PLUVIOSIDADE NO ESTADO DE SÃO PAULO - 1971/1993

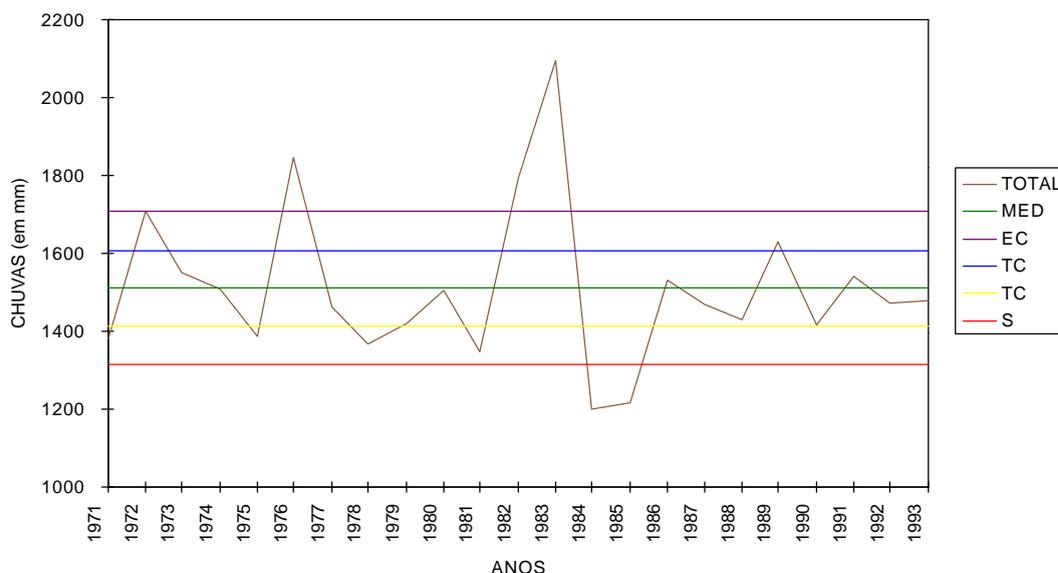


Figura 2 – Totais anuais médios de chuvas do Estado de São Paulo para o período 1971/1993
 EC = ano excepcionalmente chuvoso; TC = tendente a chuvoso; TS = tendente a seco;
 ES = excepcionalmente seco

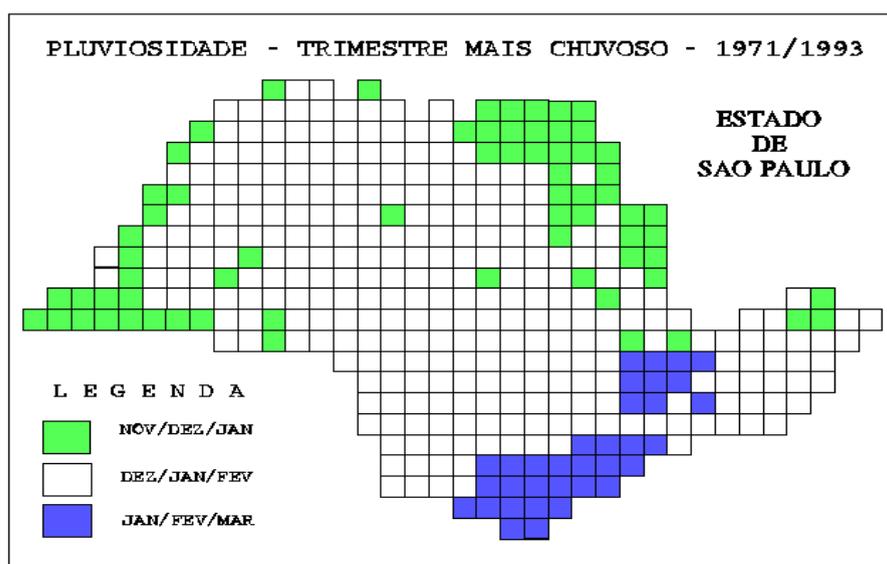


Figura 3 – Trimestre mais chuvoso no Estado de São Paulo no período de 1971/1993

Convém lembrar que, em novembro e dezembro, o anticiclone tropical atlântico ainda se encontra mais ao norte, atrai a massa polar e, conseqüentemente, as perturbações frontais para aquela área. Com o fortalecimento de tal sistema atmosférico, a partir de janeiro, na altura do litoral paulista aumentam significativamente os episódios pluviais provocando aumento da precipitação.

Em todo o resto do território do Estado os meses de dezembro a fevereiro se caracterizam como o trimestre mais chuvoso. Este fato pode ser observado através do cartograma representativo da pluviosidade sazonal. Se a distribuição concentrada das chuvas em três meses consecutivos

apresenta uma situação de certa complexidade, quando se analisa o trimestre mais seco, observamos maior homogeneidade. Na figura 4 observa-se que praticamente todo o Estado de São Paulo apresenta o trimestre de junho a agosto como o de menor pluviosidade, pois, o domínio da massa polar atlântica provoca situações de estabilidade do tempo e a frontólise, área de dissipação das frentes, se desloca para o nordeste do país, além de caminhar mais pelo oceano.

Apenas a região metropolitana da Grande São Paulo e parte da Baixada Santista apresentam o trimestre mais seco com um mês de retardamento, entre julho e setembro, tal qual ocorre no verão quando do trimestre mais chuvoso. Este fato parece estar associado a fatores, de ordem local, explicados tanto pela configuração geográfica destas áreas, quanto pela ação antrópica que originou processos particulares de interferência na baixa atmosfera, como já observara Lombardo (1985).

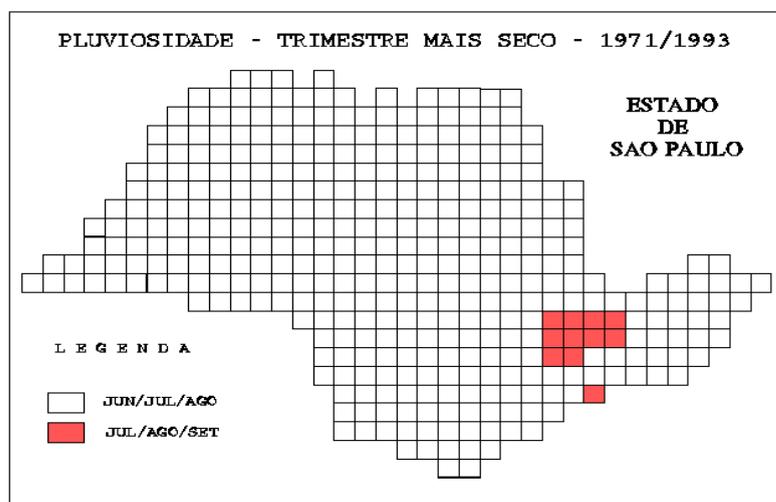


Figura 4 – Trimestre mais seco no Estado de São Paulo no período de 1971/1993.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos apontam, de um lado, que a nestes últimos 23 anos a irregularidade das chuvas foi acentuada, tanto temporal quanto espacialmente. Que a sucessão de anos secos e chuvosos demonstra maior tendência para a ocorrência de anos secos e tendentes a secos, entretanto, as médias do período indicam aumento geral de pluviosidade, o que pode ser explicado pelo aumento da intensidade das precipitações nos anos chuvosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LOMBARDO, M.A.;** Ilha de calor nas metrópoles. São Paulo, Hucitec, 1985.
- MONTEIRO, C.A. de F.;** A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo. São Paulo, USP/Igeog/FAPESP, 1973.
- SANT'ANNA NETO, J.L.;** As chuvas no Estado de São Paulo. São Paulo, USP/FFLCH, 1995. 239 p. Tese de Doutorado em Geografia Física.
- SETZER, J.;** Distribuição normal das chuvas no Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.3-69, 1946