

# Análise preliminar para limitação das estações do ano sobre a cidade de São Paulo

Bruno Miranda de Brito<sup>1</sup>, Manoel Alonso Gan<sup>1</sup>, Sérgio Henrique Franchito<sup>1</sup>,  
Bruce Francisco Pontes da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Av. dos Astronautas, 1.758,  
Jardim da Granja – São Jose dos Campos - SP, CEP: 12227-010.

<sup>2</sup>Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG/USP.

<sup>1</sup>E-mails: bruno.miranda@cptec.inpe.br e manoel.gan@cptec.inpe.br

XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET) 2010 Belém-PA

**ABSTRACT: Preliminary analysis for seasons limitation over Sao Paulo city.** In the temperature and precipitation data analysis obtained from the *Instituto Nacional de Meteorologia* (INMET) for the period of 20 years (1989 to 2008) were observed in preliminary analysis, the dates of the four season onset. Thus, for precipitation was found that the wet season is between October to March months and the dry season between April and September. For  $T_m$ , the warmest period started between January 6 and 9 and ended between March 10 and 16. The coldest period was found from May 24 to August 6.

**Palavras-Chave / Keywords:** estações do ano, variáveis meteorológicas / seasons, meteorological variables.

## 1. INTRODUÇÃO

Historicamente, as estações do ano foram inicialmente definidas por dois períodos distintos, sendo um quente (dividido em 3 partes: verão, tempo de frutificação e tempo de estio) e um frio (dividido em 2 partes: tempo de ocaso e período mais frio do ano) e, posteriormente, passou-se a ter quatro estações, para ajustar-se às posições exatas dos equinócios e solstícios. Com isto, hoje existem as seguintes definições: *astronômica*, baseada em critérios estabelecidos em função da posição da Terra em relação ao Sol; a do *calendário*, que determina para o Hemisfério Sul: verão (dezembro a fevereiro), outono (março a maio), inverno (junho a agosto) e primavera (setembro a novembro); e a *meteorológica*, que é determinada pelas variáveis meteorológicas de temperatura e precipitação, além dos fenômenos atmosféricos (Pielke et al, 1987; Maheras, 1989; Liebmann et al., 2001; Gan et al, 2004; Alves et al., 2005). Segundo Alves et al. (2005) o início da estação chuvosa no Sudeste do Brasil (SEB) está vinculado a uma intensificação do fluxo de noroeste na faixa latitudinal entre 10°-22°S, na baixa troposfera, mostrando um intenso transporte de umidade atmosférica da região Amazônica em direção a região subtropical. Li e Fu (2006) verificaram que durante o período de transição da estação seca para a chuvosa, geralmente em outubro e novembro, a precipitação é reforçada devido à passagem de Sistemas frontais (SF) sobre o SEB, e que essa intrusão de ar frio pode ser um gatilho para o início da estação chuvosa se a atmosfera for termodinamicamente instável. Já Raia e Cavalcanti (2008) estudaram as influências dos SF de agosto a dezembro sobre o SEB, durante o início dos sistemas de monção da AS, e observaram as seguintes características: aumento da umidade da atmosfera, da umidade do solo e do fluxo de calor latente, e diminuição do

fluxo de calor sensível, devido à passagem de SF sobre o SEB. Um dos enfoques que vem sendo dado é o melhor entendimento das condições atmosféricas associadas ao início e fim das estações chuvosa e seca, que são aspectos de extrema relevância do clima. Tais estudos cooperam com os vários setores de produção, como a agricultura, onde o crescimento das diferentes culturas depende do período em que as chuvas efetivamente se iniciam (Stewart, 1990), e também ao planejamento hídrico para geração de energia elétrica. O objetivo desse estudo é definir, em caráter preliminar, as datas do início e fim das quatro estações do ano, além dos períodos chuvoso e seco para a cidade de São Paulo.

## 2. DADOS E METODOLOGIA.

Utilizou-se a série de dados da estação meteorológica do mirante de Santana, obtida através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a qual está instalada sobre a cidade de São Paulo, durante o período de 20 anos (1989 a 2008). Com esses dados, foram realizadas análises para delimitar as quatro estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), através das variáveis meteorológicas de precipitação e temperatura.

As análises preliminares feitas para a precipitação foram: precipitação total e média de todo o período em estudo, para a estação meteorológica escolhida. Também foi determinada a frequência das precipitações mensais nos seguintes limiares: 0 ou valores insignificantes, < 100, >= 100 e < 200, >= 200 e < 300, >= 300 e < 400, e > 400 mm.

Com a análise da série de temperatura média diária ( $T_m$ ), em análise preliminar definiram-se as datas aproximadas do início e fim das estações do ano para a cidade de São Paulo. O verão foi o período com as  $T_m$  mais elevadas e, no inverno, foi quando ocorreram as menores  $T_m$ . A primavera será considerada durante o período de aumento da  $T_m$ , e o outono de queda, isto em uma escala temporal de mais de 30 dias.

Como os dados do INMET para temperatura não são de hora em hora, calculou-se a  $T_m$ , a qual foi determinada de acordo com o proposto pela FAO (*Food and Agriculture Organization*), ou seja, como sendo a média entre as temperaturas máximas e mínimas (Equação 1).

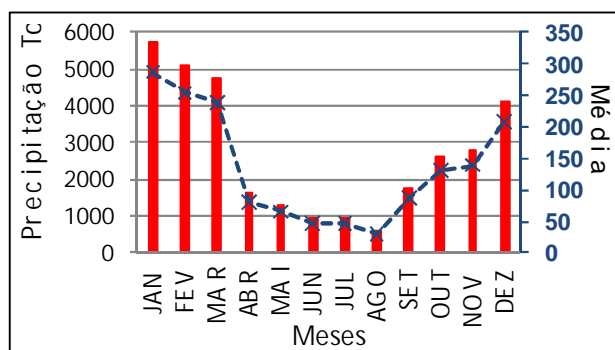
$$T_m = (T_{\max} + T_{\min}) / 2 \quad (1)$$

Onde  $T_{\max}$  é a temperatura máxima e  $T_{\min}$  a temperatura mínima.

## 3. RESULTADOS

Com os dados de precipitação do INMET para o período de 20 anos (de 1989 até 2008), foi analisada a variabilidade da precipitação na cidade de São Paulo em cada ano de estudo. Com isso, verificou-se um período chuvoso entre os meses de outubro a março (em média > 150 mm/mês, na estação de São Paulo) e um período seco entre abril e setembro (média < 100 mm/mês) (Fig. 1). A ocorrência mensal de precipitações que satisfizeram o limiar de >= 400 mm por mês foi encontrada em 5 meses (marços de 1991, 1996 e 2006 e, fevereiro de 1995 e 1998). A ocorrência de meses sem precipitação foi observada em 14 meses no período em estudo, sendo encontrados principalmente nos meses de julho e agosto (Tabela 1). A Tabela 1 foi construída pelas análises do total de precipitação mensal em cada ano (não mostrado). Nesta tabela nota-se um período de maiores valores de precipitação (acima de 300 mm/mês) entre os

meses de dezembro a março (verão) e período com menores índices pluviométricos de abril a agosto (inverno). Na Figura 1, a média mensal climatológica mostra um período com maiores índices pluviométricos entre janeiro e março e, em abril, observa-se grande redução das precipitações, atingindo o período mais seco de junho a agosto, com um mínimo neste último. Depois do período seco verifica-se a uma transição entre os meses de setembro a novembro, estendendo-se até dezembro.



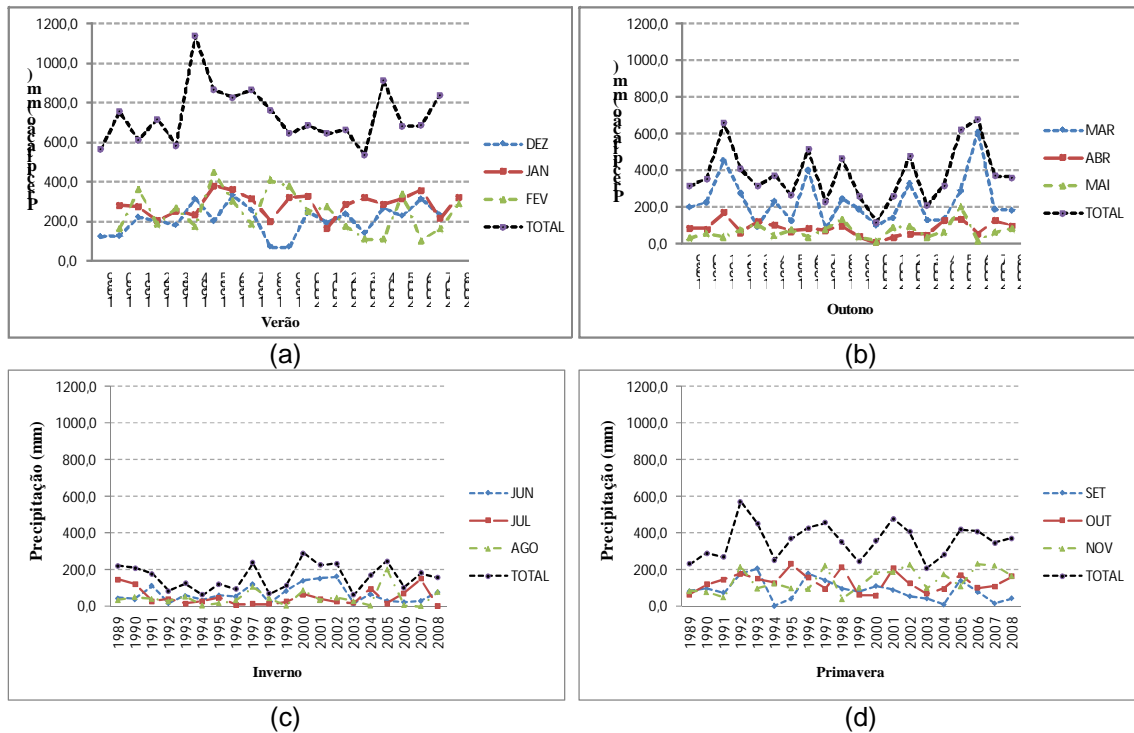
**Figura 1** – Precipitação total e média para a cidade de São Paulo-SP, no período de 20 anos (de 1989 até 2008).

**Tabela 1** - Número de meses relacionado com cada limiar durante o período de 20 anos (1989-2008).

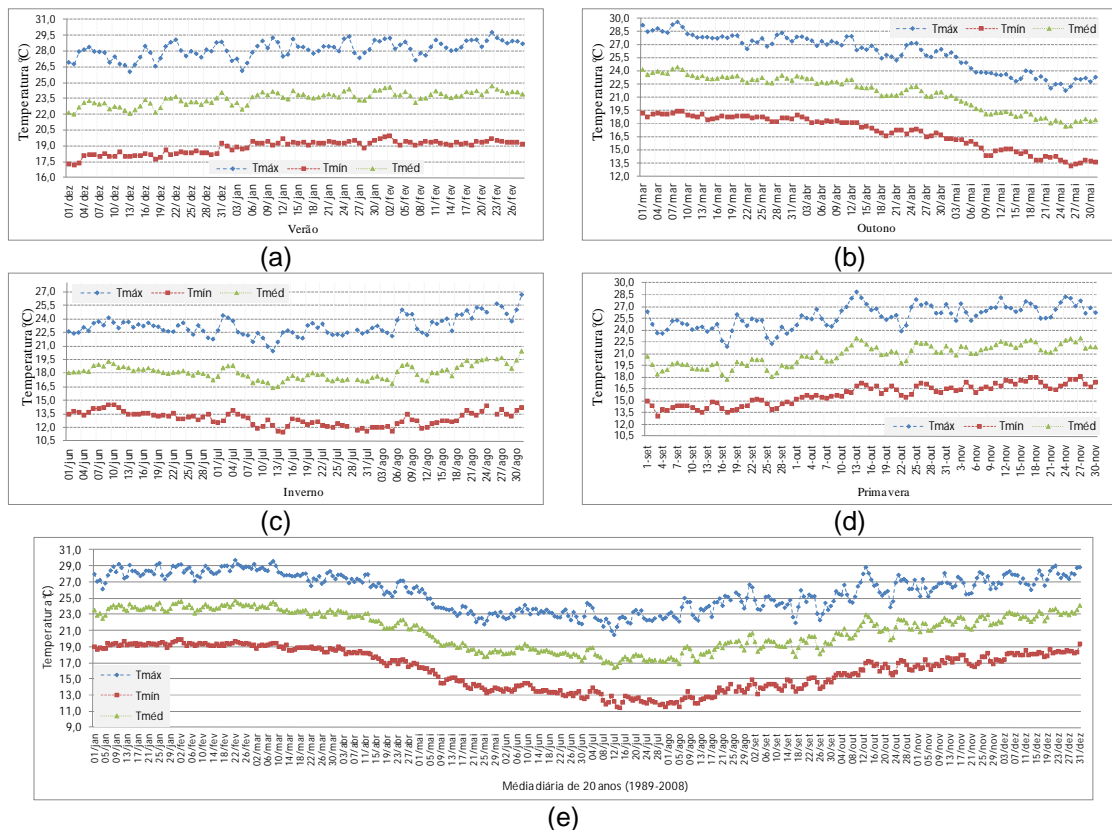
Meses/ Limiars	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>0 ou (insignificante)</b>	0	0	0	1	1	2	4	6	0	0	0	0
<b>&lt;100</b>	0	0	1	11	15	16	12	14	12	4	4	2
<b>&gt;=100 e &lt;200</b>	1	8	8	8	3	2	4	0	7	13	11	5
<b>&gt;=200 e &lt;300</b>	9	5	6	0	1	0	0	0	1	3	5	10
<b>&gt;=300 e &lt;400</b>	10	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>&gt;=400</b>	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A análise sazonal da precipitação durante os 20 anos em estudo, para o município de São Paulo pode ser vista na Figura 2. Nas estações do ano de verão, inverno e primavera, foram verificados, ao longo desses 20 anos, quantidades de precipitação em cada trimestre muito próximas. No outono, o mês de março aproxima-se do total trimestral, sendo que abril e maio apresentam valores abaixo do total. Em março, os totais pluviométricos são maiores do que os do mês de dezembro.

A Figura 3 mostra a média diária climatológica da temperatura máxima, média e mínima para a estação meteorológica da cidade de São Paulo. Nessa figura, observa-se pela temperatura média anual que o período mais quente do ano iniciou-se entre os dias 6 e 9 de janeiro e teve seu final próximo aos dias 10 e 16 de março. Após o fim do período mais quente, tem-se uma transição que inicia entre, aproximadamente, 10 e 16 de março e vai até próximo do dia 24 de maio. O período mais frio encontrado se estende do dia 24 de maio até 6 de agosto, com duração de cerca de 60 dias. O período de transição entre o período mais quente e o mais frio tem início próximo ao dia 12 de agosto, com término entre 6 e 9 de janeiro.



**Figura 2** - Precipitação mensal e total para o verão (a), outono (b), inverno (c) e primavera (d), no período de 20 anos, para a cidade de São Paulo.



**Figura 3** – Temperatura ao nível da estação meteorológica para o verão (DJF) (a), outono (MAM) (b), inverno (JJA) (c) e primavera (SON) (d) e o ciclo anual (e), para a cidade de São Paulo - SP.

#### 4. CONCLUSÕES

Nas análises dos dados de precipitação e temperatura do INMET para o período de 20 anos (de 1989 até 2008) foram observadas em caráter preliminar as datas próximas do início de cada estação do ano.

Através da precipitação, o período chuvoso foi verificado entre os meses de outubro e março e, o período seco, entre abril e setembro. A média mensal climatológica mostrou que o período com maiores índices pluviométricos esteve entre janeiro e março e, em abril, observa-se grande redução das precipitações, atingindo o período mais seco entre junho e agosto. O período de transição encontra-se entre os meses de setembro e dezembro.

No campo da  $T_m$ , notou-se que o período mais quente do ano apresentou início entre os dias 6 e 9 de janeiro e término próximo aos dias 10 e 16 de março. O período mais frio encontra-se perto do dia 24 de maio e se estende até 6 de agosto. Com isso, os períodos de transição foram marcados entre os períodos quente e frio.

**AGRADECIMENTOS:** O presente trabalho teve o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

#### 5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ALVES, L. M; MARENGO, J. A; CAMARGO, J. H; CASTRO, C. Início da Estação Chuvosa na Região Sudeste do Brasil: Parte 1 - Estudos Observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, p. 385-394, 2005.

GAN, M. A; KOUSKY, V. E; ROUPELEWSKI, C. F. The South America Monsoon Rainfall over West-Central Brazil. **Journal of Climate**, usa, v. 17, n. 1, p. 47-66, 2004.

LIEBMANN, B; MARENGO, J. The Seasonality and Interannual Variability of Rainfall in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v.14, p.4308-4318, 2001.

LI, W; FU, R. Influence of Cold Air Intrusions on the Wet Season Onset over Amazonia. American Meteorological Society- AMS. v. 19. p. 257-275, 2006.

MAHERAS, P. Delimitation of the Summer-Dry Period in Greece According to the Frequency of Westther-Types. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 39, n. 3, p.171-176, 1989.

PIELKE, R. A; GARSTANG, M; LINDSEY, C. GUSDORF, J. Use of a Synoptic Classification Scheme to Define Seasons. **Theoretical and Applied Climatology**, v.38, no.2, p. 57-68, 1987.

STEWART, J. I. Effective Rainfall Analysis to Guide Farm and Predict Yields. In: **Annual General Meeting of the Soil Science Societ of East Africa**, 1980, Arusha. **Proceedings...** Arusha, p.247, 1990.

RAIA, A; CAVALCANTI, I. F. A. The Life Cycle of the South American Monsoon System. **Journal of Climate**. 21:23, p. 6227-6246, 2008.