

ESTUDO CLIMATOLÓGICO DAS CHUVAS NO ESTADO DE SÃO PAULO

Lucas P. de Mendonça⁽¹⁾, Tércio Ambrizzi⁽²⁾ e Bruno Biazetto⁽³⁾

(1)lucmend@yahoo.com.br
(2)ambrizzi@model.iag.usp.br
(3)bruno@master.iag.usp.br

Departamento de Ciências Atmosféricas/IAG
Universidade de São Paulo
C.P. 9638 – CEP 01065-970 – São Paulo – SP

ABSTRACT

This work analyzed the rainfall tendency among raingauge stations over the State of São Paulo. A simple linear regression method was used and the data was divided in two periods, one with 35 years or more and one with 10 years, covering the last decade (1990-1999). The basic idea was to identify possible increase or decrease tendencies in the São Paulo precipitation in the last decades. Preliminary results show a slight positive tendency in the last 35 years, however, for the last decade there is not a clear signal of any tendency.

1. INTRODUÇÃO

O ano de 2001 será destacado na história em função do racionamento de energia pela população brasileira. Uma das principais justificativas do governo foi a falta de chuva no verão do ano 2000/2001, além de especulações quanto a um possível decréscimo da mesma ao longo dos últimos anos.

Recentemente, tem havido muita discussão sobre os fatores responsáveis pela variabilidade climática de longo prazo observada no último século, atribuindo-se às atividades humanas a responsabilidade por parte destas mudanças. No entanto, devemos levar em conta também, uma possível variabilidade climática natural, uma vez que a magnitude do sinal associada á ela nos registros climáticos existentes, ainda não foi bem determinada (IPCC, 1996, 2001). Discute-se que os efeitos antropogênicos sobre o clima, adicionados ao sinal dos processos climáticos naturais, podem de certa forma intensificar seus impactos ou mesmo inibí-los.

Estudos climáticos dependem de dados de registros instrumentais (Houghton et al, 1990) e também de fontes paleoclimáticas, como anéis de árvores centenárias, amostragem de blocos de gelo das calotas polares, etc. Existem atualmente vários estudos sobre variação de temperatura e precipitação a partir do início do século, onde escalas continentais, hemisféricas ou globais foram enfatizadas (p.ex., Jones et al, 1999). Mudanças na precipitação média tem sido apresentadas para diversas regiões do globo, porém não existe ainda substanciais evidências de tendências em escala global (Folland et al, 1992, Vinnikov et al, 1990).

Estudos recentes realizados através da simulação de modelos numéricos tem indicado que o desmatamento da Amazônia afetaria substancialmente o clima da região (Nobre e Gash, 1997). O clima Amazônico ficaria mais quente e menos úmido, onde uma redução anual do volume de chuva poderia chegar a 20% caso a floresta fosse substituída por pastagens.

De todas as variáveis climáticas, a precipitação é a que pode ter um impacto mais favorável ou adverso para a sociedade, pois diversas atividades econômicas, principalmente a agrícola, pecuária e hidroelétrica, são as mais afetadas com a variação de longo prazo.

Numa recente revisão do estado atual das pesquisas em mudanças climáticas no Brasil, Marengo (2002) apresenta vários resultados de simulações numéricas onde diversos tipos de cenários considerando um incremento da quantidade de gás carbônico na atmosfera para os próximos 100 anos foi feito. Os resultados apontam para um possível aumento da precipitação no sul do país e diminuição para o norte e nordeste. No entanto deve-se ressaltar a baixa confiabilidade nestes tipos de modelos, tendo em vista que sua baixa resolução pode não representar corretamente os processos físicos que ocorrem na natureza.

Para o Estado de São Paulo, praticamente não existem trabalhos descrevendo a variabilidade da chuva numa escala temporal de várias décadas. Entre os poucos existentes, pode-se citar o trabalho de Xavier et al (1994), que estudou a variabilidade da precipitação diária na cidade de São Paulo durante o período 1933-1986 usando dados da estação do IAG/USP.

Seus resultados indicaram que (a) há fraca tendência a aumento de precipitação mensal nos meses de fevereiro e maio; (b) acumulações superiores a 30 mm/dia aumentaram nos meses de fevereiro a maio; (c) acumulações inferiores a 2 e 5 mm/dia diminuíram de forma mais significativa em fevereiro, mas ocorreram também em outros meses do ano; e (d) acumulações inferiores a 2 mm/dia diminuíram de forma significativa em todos os meses do ano. Eles sugerem que no caso da cidade de São Paulo, é possível que o efeito urbano tenha contribuído significativamente para a mudança na distribuição da intensidade da precipitação.

Sendo assim, vemos que a precipitação tem um impacto direto e significativo na humanidade, cujas variações e mudanças frequentemente resultam em repercussões econômicas, no meio ambiente, sociais e políticas. Esta importância justifica uma análise mais detalhada de sua variabilidade climática, principalmente no Estado de São Paulo, enfocando as causas de tais variações como um meio para entender futuras mudanças.

2. DADOS E METODOLOGIA

2.1 Dados Pluviométricos

Foram utilizados os dados pluviométricos fornecidos pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). Estes dados podem ser encontrados no site <http://www.daee.sp.gov.br/>.

Do banco de dados do DAEE foram adquiridos mais de 1400 estações com dados pluviométricos espalhados em todo o estado, entretanto somente 336 foram utilizados devido a existência de série de dados incompletas. Para o estudo da última década, apenas 193 estações continham dados ininterruptos no período de 1990 a 1999.

2.2 Procedimentos Metodológicos

Utilizou-se o método de regressão linear simples (Costa Neto, 1977) para se encontrar as tendências pluviométricas das médias anuais para cada estação pluviométrica.

Os cálculos foram feitos em FORTRAN77 e o gráficos no ClimLab 2000. Cada estação teria que conter um período superior ou igual a 35 anos (superior ao recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia(OMM) que é 30 anos), começando no ano de 1950.

Calculou-se, então, os coeficientes angulares da média anual de chuva para cada estação com o período superior ou igual a 35 anos, como também para o período compreendido de 1990 a 1999, pois esta última década tem sido considerada como a mais quente do século passado (Marengo, 2002).

Realizou-se as médias dos coeficientes angulares e calculou-se o coeficiente angular médio para as regiões em estudo.

3. RESULTADOS

Na figura 1, o sinal + indica as estações pluviométricas que possuem coeficientes angulares positivos para o período superior ou igual a 35 anos e o sinal 0 indica coeficientes angulares negativos no período. Observa-se uma tendência positiva intensa, com alguns poucos pontos com tendências negativas, em todo estado.

Na figura 2, o mesmo padrão da figura 1 foi seguido, porém o período é de 1990 a 1999. Nesta figura, verifica-se que o estado de São Paulo pode ser dividido em três regiões distintas, sendo cada região descrita na Tabela 1. Esta divisão foi baseada no comportamento da variabilidade da chuva nesta última década, em conjunto com as Unidades de Gestão de Recursos Hídricos (UGRH) do DAEE.

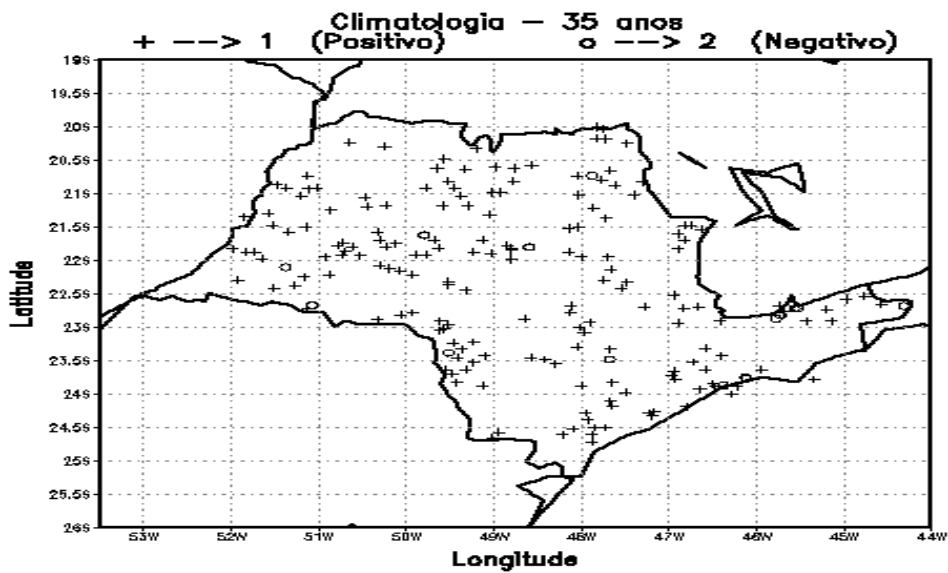


Figura 1: Estações Pluviométricas com coeficientes angulares calculados com um período superior ou igual 35 anos.

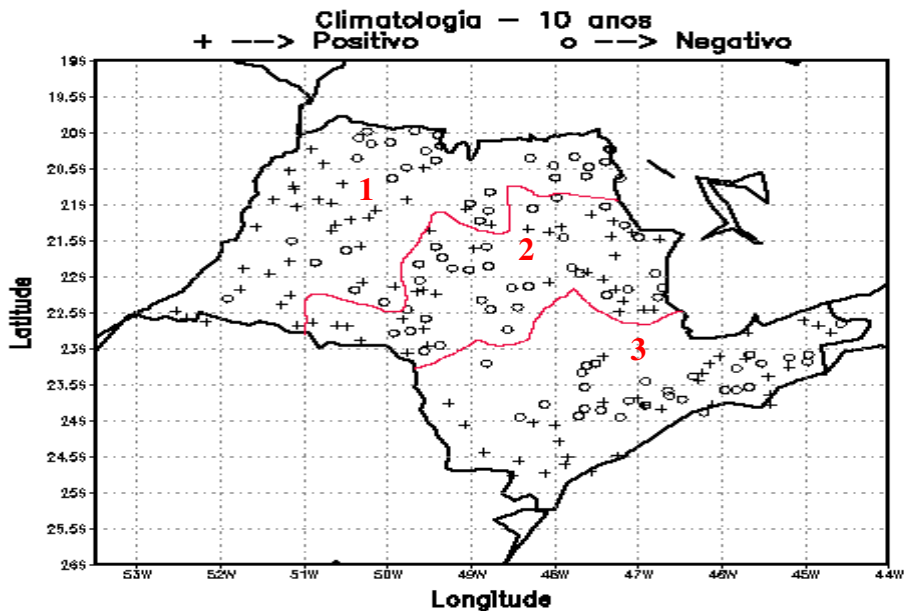


Figura 2: Divisão das Estações Pluviométricas com coeficientes angulares calculados no período de 1990 a 1999.

Tabela 1: Divisão das Regiões

| | |
|----------|-----------------------------------|
| Região 1 | UGRH do Norte-Oeste de São Paulo |
| Região 2 | UGRH do Centro-Norte de São Paulo |
| Região 3 | UGRH do Leste-Sul de São Paulo |

Os gráficos 1, 2 e 3 abaixo, são os histogramas das freqüências dos coeficientes angulares para cada região no período de 1990 a 1999. Estes histogramas foram montados em classes com variação de 1mm/ano entre uma classe e outra, por exemplo, no gráfico 1 a primeira classe inicia-se em -7.24mm/ano e vai até -6.24mm/ano . Utilizou-se, também, a distribuição normal para se verificar se os eventos em torno da média se distribuíam mais positiva ou negativamente.

Assim, no gráfico 1 estão as freqüências dos coeficientes angulares das 68 estações pluviométricas da região 1, o menor valor para a série foi de -7.24mm/ano e o maior de 5.31mm/ano . A média foi de -0.13mm/ano , ou seja, ficou no intervalo de classe entre -0.24mm/ano a 0.76mm/ano . Apesar de uma média negativa para a região, a classe com maior freqüência para os coeficientes angulares foi a compreendida entre 1.76mm/ano a 2.76mm/ano , com 14 coeficientes.

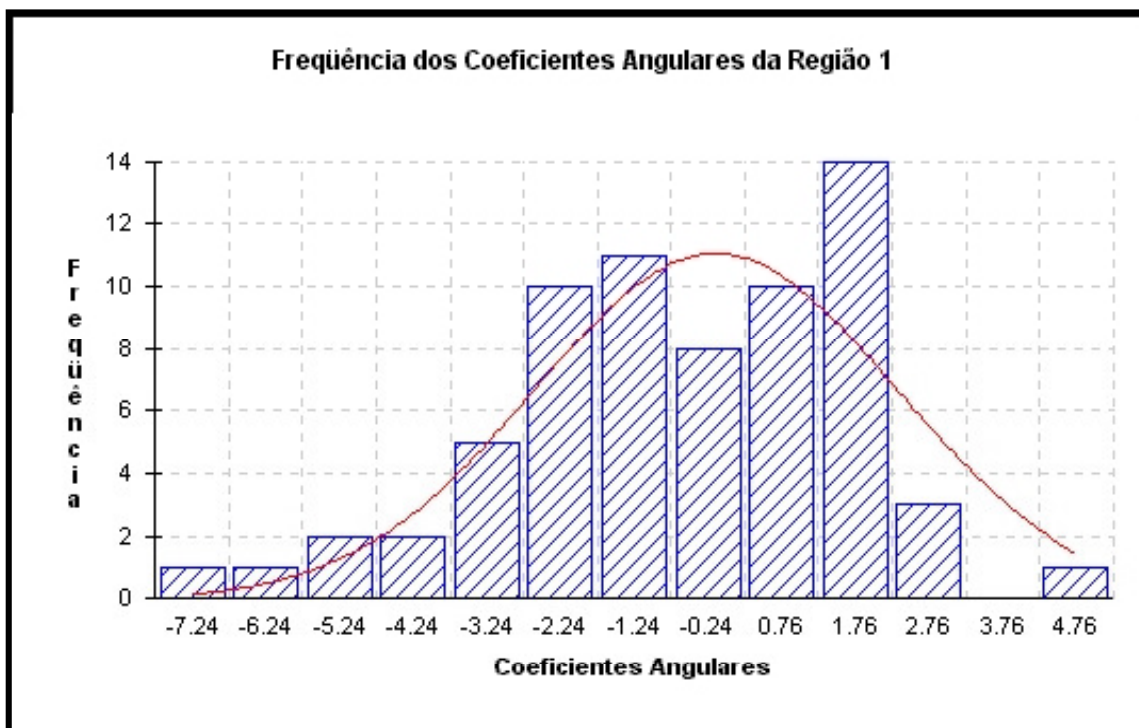


Gráfico 1: Freqüência dos Coeficientes Angulares da Região 1

Com uma série variando de -9.89 a 4.00 mm/ano, o gráfico 2 representando a região 2, possui uma distribuição bem comportada sob a curva da distribuição normal com 59 estações pluviométricas, com exceção do

coeficiente -9.89mm/ano que ficou muito distante das demais. A média calculada ficou em 0.00mm/ano , isso devido a homogeneidade da distribuição. A classe com 14 coeficientes, ou seja, a de maior frequência está no intervalo de -0.89 a 0.11 mm/ano .

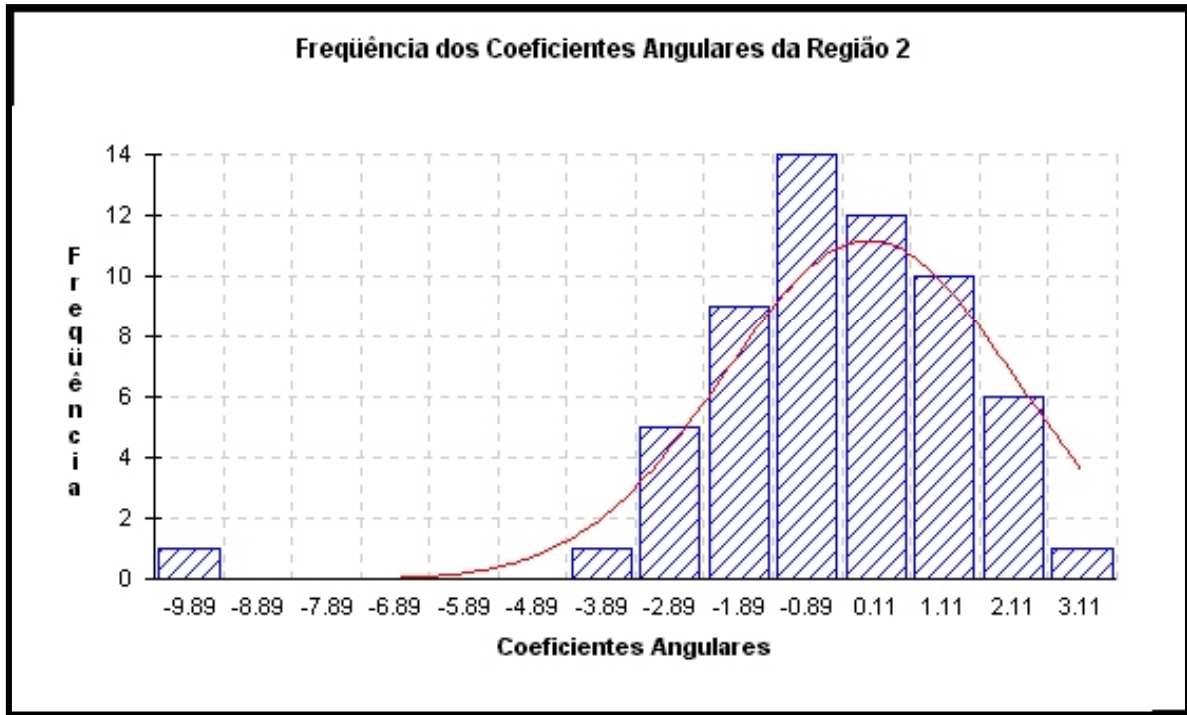


Gráfico 2: Frequência dos Coeficientes Angulares da Região 2

Tendo um total de 66 estações e uma média de 0.55mm/ano compreendida na classe de frequência de 0.70 a 1.70mm/ano com 10 estações, a figura 3 que representa os dados dos coeficientes pluviométricos para a década de 1990 a 1999 da região 3, possuindo uma distribuição ao longo da média com tendências ligeiramente negativas. A maior classe de frequência é a que possui 17 coeficientes variando de -0.30 a 0.70mm/ano . Esta série possui um valor mínimo de -5.30mm/ano e o máximo de 7.28mm/ano .

Na tabela 2, estão resumidas as principais explicações de cada gráfico.

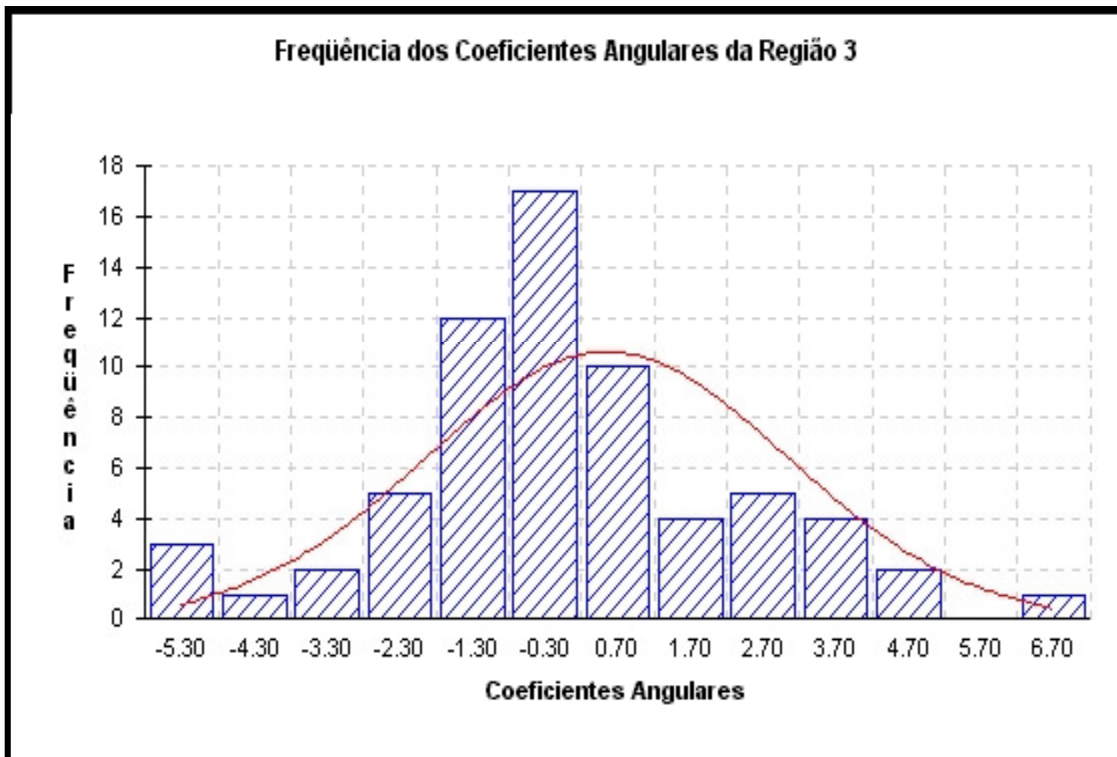


Gráfico 3: Frequência dos Coeficientes Angulares da Região 3

Tabela 2: Descrição da explicações dos Gráficos 1, 2 e 3.

| Região | 1 | 2 | 3 |
|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Total | 68 | 59 | 66 |
| Intervalo (mm/ano) | -7.24 a 5.31 | -9.89 a 4.00 | -5.30 a 7.28 |
| Média (mm/ano) | -0.13 | 0.00 | 0.55 |
| Freq. Máx. | 14 de 1.76 a 2.76mm/ano | 14 de -0.89 a 0.11mm/ano | 17 de -0.30 a 0.70mm/ano |

4. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Apesar de preliminar, o presente estudo já fornece indicações de possíveis variações na tendência de longo período da precipitações. De forma geral, o Estado de São Paulo, tem uma ligeira tendência a aumento de chuva na média de 35 anos. No entanto, quando investigamos apenas a última década, esta tendência não se mostra tão clara, indicando uma grande variabilidade de precipitações em todo o Estado, onde três regiões distintas parecem indicar diferentes tendências.

A causa deste aumento de variabilidade pode estar relacionado com o rápido aumento de temperatura global e seu conseqüente impacto no clima. No entanto, no nosso atual estágio de conhecimento, seria pura especulação creditar a variabilidade da chuva no estado de São Paulo a mudanças climáticas globais. Um estudo estatístico e físico mais completo com os dados ainda é necessário antes que conclusões possam ser obtidas.

Em termos da continuidade deste trabalho, ainda necessitamos proceder a uma análise de distribuição homogênea da precipitação em todo o Estado, afim de definir de forma mais objetiva as regiões com características similares em termos de padrões de chuva. Feito isso, analisaremos os coeficientes angulares para cada mês de todos os postos pluviométricos de cada região, assim como os coeficientes angulares e sazonais. A partir destes resultados, estudaremos quais seriam os possíveis fatores climáticos ou locais que estariam causando as tendências tanto positivas quanto negativas de cada região.

Será realizado também o cálculo do resíduo de cada estação pluviométrica para o ajuste pelo método da regressão linear simples, para verificar se eventos extremos interferem na média, causando tendências nos coeficientes angulares. É importante lembrar que técnicas simples de análises são importantes, antes que métodos estatísticos mais complexos sejam utilizados, pois desta forma, uma idéia inicial dos resultados pode ajudar na interpretação posterior dos mesmos.

A experiência adquirida com este estudo para o Estado de São Paulo poderá ser estendida para outras regiões, em particular para a Bacia do Prata, uma região importante dentro da economia do Mercosul.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IAI pelo suporte parcial deste trabalho através do projeto IAI – CRN055 e também ao colega meteorologista Giovanni Dolif Neto pelas sugestões e apoio. T.A. agradece também ao apoio da FAPESP.

REFERÊNCIA

- Costa Neto, P.L.O, 1977: Estatística. Ed. Edgard Blucher Ltda., 191-196.
- Cressman, G.P., 1959: An operational objective analysis system. Mon.Wea.Rev., 87, 367-374.
- Folland, C.K., T.R. Karl, N. Nicholls, B. Nyenzi, D.E. Parker, K. Vinnikov, 1992: Observed climate variations and change. The Supplementary report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge Univ. Press, 135-170.
- Houghton, J.T., G.J. Jenkins, J. Ephraums, 1990: Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific basis IPCC WG. Cambridge Univ. Press, 881pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 1996: Climate Change 1996: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change. Cambridge Univ. Press.
- Jones, P.D., e K.R. Briffa, 1988: Global surface air temperature variations over the twentieth century: Part I spatial, temporal and seasonal details. Holocene, 2, 165-179.
- Lau, K.H., e P.J. Sheu, 1988: Annual cycle, quase-biennial oscillation and Southern Oscillation in global precipitation. J.Geophys.Res., 93, 10975-10988.

- Marengo, J.A., 2002: Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. Rev.Bras.Meteo., 16, 1-18.
- Nobre, C., e J. Gash, 1997: Desmatamento muda clima da Amazônia. Ciência Hoje, 22, 32-41.
- Vinnikov, K.Y., P.Y. Groisman, K.M. Lagina, 1990: Empirical data on contemporary global climate changes (temperature and precipitation). J. of Climate, 3, 662-677.
- Xavier, T.M.B.S., A.F.S. Xavier, e M.A.F. Silva Dias, 1994: Evolução da precipitação diária num ambiente urbano: o caso da cidade de São Paulo. Rev.Bras.Meteo., 9, 44-53.