

ESTUDO DE TENDÊNCIA DA TEMPERATURA MÍNIMA NOS ESTADOS DE SÃO PAULO E RIO DE JANEIRO

VIRGINIA P. SILVEIRA¹, MANOEL A. GAN², NURI O. CALBETE³

¹ Aluna de Doutorado - CPTEC/INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. silveira@cptec.inpe.br

² Dr. em Meteorologia, Pesquisador, CPTEC/INPE, ³ Técnica em meteorologia, Técnica, CPTEC/INPE

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: Estudos sobre mudanças climáticas mostram um aumento da temperatura do planeta nesses últimos anos. Essa alteração pode afetar diretamente as culturas que necessitam de temperatura mais amenas. Portanto, este trabalho tem por objetivo calcular a tendência da temperatura mínima para os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, por ser uma variável meteorológica importante para a agricultura. Neste trabalho foram usados dados das estações meteorológicas do INMET com período maior que 30 anos. O método usado para o cálculo da tendência foi o teste de tendência de Mann-Kendall. Este teste mostra o sinal da tendência e a significância estatística. Os resultados mostraram um aumento da temperatura mínima média anual e na de verão em todas as estações meteorológicas estudadas. As cidades mais a oeste foram as que tiveram tendência positiva em todas as estações do ano, porém, quando se analisa a máxima e a mínima da temperatura mínima nem sempre se obteve essa tendência.

PALAVRAS-CHAVE: Temperatura Mínima e Teste de Tendência de Mann-Kendall.

STUDY OF TREND OF THE MINIMUM TEMPERATURE IN THE STATES OF SÃO PAULO AND RIO DE JANEIRO

ABSTRACT: Studies on climatic changes show an increase of the planet temperature in the last years. This change in the temperature can affect directly the cultures that need mild temperature. Therefore, this work has for objective to calculate the trend of the minimum temperature of the São Paulo and Rio de Janeiro states, this variable was choose because it is important to agriculture. In this work we have used data of the INMET meteorological stations with a period larger than 30 years. The method used for the calculation of the trend was the Mann-Kendall trend test. This test shows the significance statistics and the signal of the trend. The results have shown an increase of the annual minimum temperature and in all the studied meteorological stations for summer. The western cities of São Paulo state have been positive trend in all the seasons; however, this trend is not always observed when the maximum and minimum of the minimum temperature are analyzed.

KEYWORDS: Minimum temperature and Test of Trend of Mann-Kendall.

INTRODUÇÃO: Estudos sobre mudanças do clima associado ao aquecimento global estão tendo um maior destaque nestes últimos anos. O trabalho mais completo sobre este tema é o “Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) - 2007” que trás previsões sobre mudanças do clima global e suas conseqüências. Neste trabalho, o aquecimento da Terra é estimado (em média) entre 1.8°C e 4°C até o fim deste século. As principais conseqüências

desse aquecimento são: menos dias frios e noites mais quentes, enchentes e secas devastadoras. Este trabalho também enfatiza que há uma grande probabilidade do aquecimento global ser devido à ação do homem, conclusão diferente do relatório de 2000. Contudo, não podemos esquecer dos fenômenos climáticos associados a oscilações naturais da atmosfera e da temperatura das águas dos oceanos, que também podem causar variações na temperatura do ar e por consequência impactos na produtividade de grãos. Nessa linha, Jones et al. (1999) observaram anomalias da temperatura média do globo nas diferentes fases da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). A fase quente da ODP (1925-1946) coincide com tendência positiva de temperatura e a fase fria com tendência negativa (1947-1976). Como vários estudos com modelos numéricos mostram um aquecimento global para os próximos anos, independentes dessas oscilações, estudar a tendência da temperatura regional usando dados de superfície é importante para observar e fundamentar estes estudos. Visto que, no Brasil a agricultura é uma das principais atividades econômica, este trabalho tem como objetivo estudar a tendência da Temperatura Mínima nos estados de SP e RJ.

MATÉRIAS E MÉTODOS: Foram escolhidas cidades dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro com período de dados de Temperatura Mínima maior que 30 anos. Analisou-se os dados de temperatura mínima média mensal ($\overline{T_{\min}}$) de cinco estações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, sendo quatro no estado de São Paulo e uma no Rio de Janeiro. É importante enfatizar que foram usadas somente estas estações por serem séries longas e sem falhas. O nome, número da estação (N), latitude (Lat), longitude (Lon) das estações meteorológicas além do período de estudo (Período) estão na tabela 1.

Tabela 1: Estações usadas no estudo de Tendência, onde N é o número da estação, Lat a latitude, Lon a longitude e Período os anos usados no estudo.

ESTAÇÃO	N	Lat	Lon	Período
Catanduva-SP	83676	21°08'	48°58'	1961-2000
Ecologia Agrícola-RJ	83741	22°48'	43°41'	1966-2000
Presidente Prudente-SP	83716	22°11'	51°38'	1966-2000
São Carlos-SP	83726	22°01'	47°53'	1970-2000
São Paulo-SP	83781	23°30'	46°37'	1961-2000

Para investigar as tendências, a $\overline{T_{\min}}$ foi dividida em: a) anual: média (MED), mínima (MIN), máxima (MAX) e amplitude (AMP, diferença entre a máxima e a mínima da $\overline{T_{\min}}$); e b) sazonal: verão, outono, inverno e primavera.

O Teste de tendência de Mann-Kendall foi usado para analisar as tendências lineares da série. Este teste é não-paramétrico e pode ser usado em séries descontínuas com distribuição desconhecida, com a vantagem de usar a magnitude relativa dos valores da série. Porém, as variáveis precisam ser aleatórias, independentes e identicamente distribuídas (Gilbert, 1983).

No cálculo do Teste de Mann-Kendall, para cada elemento $x_i (i=1, \dots, n)$, calcula-se o número de elementos menores que $x_j (x_i < x_j)$ e que antecedem a ele ($j < i$), portanto, o teste estatístico S

é dado por $S = \sum_{i=j}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_i - x_j)$. Na ausência de tendência (hipótese nula), a distribuição da

função S aproxima-se da distribuição normal quando se faz a seguinte correção $S' = S - \text{sgn}(S)$. Nesse caso, a variância é calculada considerando repetições nos dados:

$$\text{Var}(S) = \frac{\left[n(n-1)(2n-5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right]}{18}$$

onde: g é o número de grupos com dados repetidos e t_p o número de vezes que o dado se repete.

Assim, os cálculos da estatística Z com distribuição normais padrão são dados por:

$$Z = \frac{S-1}{[\text{var}(S)]^{1/2}}, \text{ se } S > 0$$

$$Z = 0, \text{ se } S = 0$$

$$Z = \frac{S+1}{[\text{var}(S)]^{1/2}}, \text{ se } S < 0$$

Para que a hipótese nula seja rejeitada, o valor absoluto da estatística da distribuição normal padrão Z deverá ser maior que $Z_{1-\alpha/2}$, ou seja, $Z > 1.95$ para 95% de significância (significância usada neste estudo). Caso isto ocorra, significa que existe tendência significativa na série e o sinal de S indicará se a tendência é positiva ($S > 0$) ou negativa ($S < 0$). Mais informações sobre este teste pode ser obtido em Gilbert (1983).

RESULTADOS: A Figura 1 mostra a tendência da $\overline{T_{\min}}$ anual (MED, MAX, MIN e AMP) para as cinco estações meteorológicas estudadas. Das cinco cidades estudadas apenas São Carlos não possuem tendência na $\overline{T_{\min}}$ MED. Quando se analisa a tendência da $\overline{T_{\min}}$ MAX, nota-se valores positivos nas estações mais ao norte (Presidente Prudente, São Paulo e Rio de Janeiro). Nas cidades de Catanduva e Presidente Prudente destaca-se um aumento na mínima da $\overline{T_{\min}}$.

A tendência da $\overline{T_{\min}}$ AMP da cidade de Catanduva é negativa, ou seja, está diminuindo a diferença entre a $\overline{T_{\min}}$ Max e MIN, isso se deve ao aumento maior da tendência da $\overline{T_{\min}}$ MIN. Na cidade de São Carlos, o sinal da tendência da amplitude é positiva.

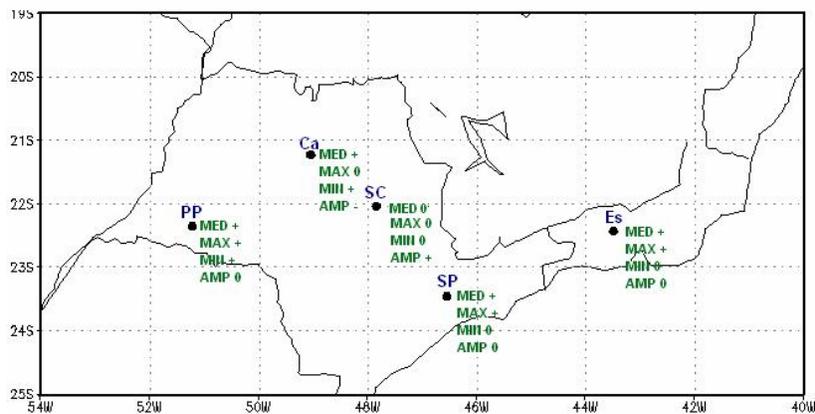


Figura 1: Mostra a tendência da média (MED), máxima (MAX), mínima (MIN) e amplitude (AMP) da $\overline{T_{\min}}$ (média mensal) para as cidades de Catanduva –SP (Ca), Ecologia Agrícola-RJ

(Es), Presidente Prudente-SP (PP), São Carlos-SP (SC) e São Paulo-SP (SP). Tendências da $\overline{T_{\min}}$ significativa (maior que 95%) são indicadas pelo seu sinal e tendência não significativa por 0. A Figura 2 mostra a tendência sazonal da $\overline{T_{\min}}$. Em Catanduva e Presidente Prudente há tendência positiva em todas as estações do ano. No verão, foi observada tendência positiva nas cidades de São Paulo, São Carlos e no Rio de Janeiro. Na cidade de São Paulo, também tem tendência positiva na primavera e no Rio de Janeiro no outono.

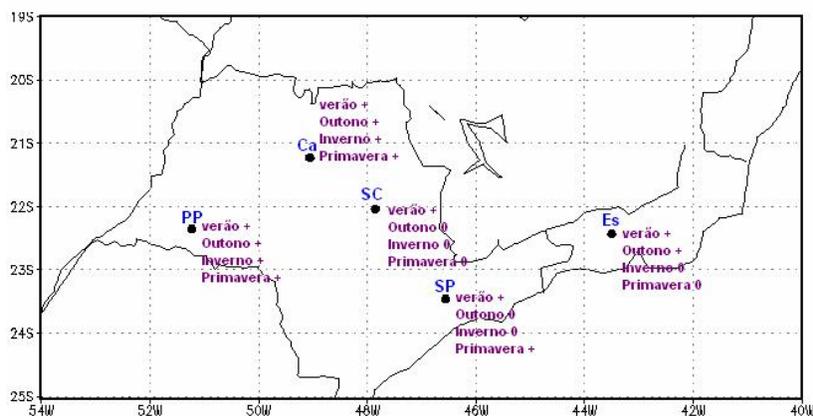


Figura 2: Mostra a tendência sazonal da $\overline{T_{\min}}$ (média mensal) para as cidades de Catanduva – SP (Ca), Ecologia Agrícola-RJ (Es), Presidente Prudente-SP (PP), São Carlos-SP (SC) e São Paulo-SP (SP). Tendências da $\overline{T_{\min}}$ significativa (maior que 95%) são indicadas pelo seu sinal e tendência não significativa por 0.

CONCLUSÕES: Neste trabalho estudamos a tendência da $\overline{T_{\min}}$ para 5 estações meteorológicas de várias regiões do estado de São Paulo e uma estação no estado do Rio de Janeiro. Para uma análise mais detalhada da $\overline{T_{\min}}$, ela foi dividida em: anual (média, máxima, mínima e amplitude) e sazonal (verão, outono, inverno e primavera).

Tendência positiva da $\overline{T_{\min}}$ MED é observada em todas as estações meteorológicas. A $\overline{T_{\min}}$ MAX está aumentando em Presidente Prudente, São Paulo e na estação meteorológica do Rio de Janeiro. Na estação de Catanduva, há uma tendência positiva da $\overline{T_{\min}}$ MIN e uma tendência negativa da amplitude térmica devido ao aumento da mínima e não da $\overline{T_{\min}}$ MAX.

Quando se analisa a tendência sazonal da $\overline{T_{\min}}$, observa-se que há uma tendência positiva em todas as estações do ano nas cidades mais a oeste. Na cidade de São Paulo, apenas no verão e primavera há tendência positiva da $\overline{T_{\min}}$. Em São Carlos, apenas no verão e no estado do Rio de Janeiro no verão e outono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gilbert, R. O. 1983: Statistical methods for environmental pollution monitoring. New York: Van Nostrand Reinhold, 320 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: The Physical Science Basis – Summary for Policymakers, 21pp., Paris, February 2007.

JONES P. D., M. NEW, D. E. PARKER, S. MARTIN, I. G. RIGOR, 1999: Surface air temperature and its changes over the past 150 years. Rev. Geophys., 37, 173-199.