

VARIABILIDADE TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR EM CAMPINAS, SP: ANÁLISE DE TENDÊNCIAS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Gabriel Constantino Blain¹, Glaucio Rolim², Paulo Cesar Sentelhas³ e Jorge Lulu⁴

1 Eng. Agrícola, PqC-I, Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Instituto Agronômico, Campinas, Fone:(19)32425230, gabriel@iac.sp.gov.br

2 Eng. Agrônomo, PqC-I Doutor, Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Instituto Agronômico, Campinas

3 Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Ciências Exatas, Universidade de São Paulo, Piracicaba

4 Eng. Agrícola, Doutorado, Departamento de Ciências Exatas, Universidade de São Paulo, Piracicaba

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

Resumo: O objetivo do trabalho foi detectar tendências contínuas ou descontinuidades na variabilidade das temperaturas máximas e mínimas no município de Campinas entre os anos de 1890 a 2006. A variabilidade temporal desse elemento meteorológico foi analisada na escala anual, por meio de média móvel; na escala decendial, empregando-se o método da regressão linear e os testes T e F; e na escala diária, utilizando-se a função auto-correlação. Não foram detectadas mudanças de ordem climática na série de temperatura máxima. As avaliações da temperatura mínima revelaram, em média, tendência de aumento linear entre os anos de 1890 a 2006. O estudo evidenciou também que a maior taxa de elevação ocorreu entre os anos de 1977 a 2005, o que se deve, provavelmente, à intensificação da ação antropogênica na variabilidade temporal da temperatura mínima.

Palavras chaves: clima, temperatura mínima, temperatura máxima.

TEMPORAL VARIABILITY OF THE AIR TEMPERATURE IN CAMPINAS, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL: TENDENCY ANALYSIS AND CLIMATIC CHANGES

ABSTRACT: The aim of this study was to detect continuous tendencies or discontinuities in the maximum and minimum temperatures series in Campinas between 1890 and 2006. The temporal variability of this meteorological variable was analyzed at annual scale, using moving average; at ten-day period using the linear regression analyses, and T and F tests. At the daily scale, variability was evaluated using the auto-correlation function. No climatological change was detected in the maximum temperature series. The evaluation of minimum temperature series showed a linear tendency of increase between 1890 and 2006. The study also revealed that the largest minimum temperature average elevation rate occurred from 1977 to 2005, due to the intensification of anthropogenic action.

Key words: climate, minimum temperature, maximum temperature.

INTRODUÇÃO

Uma etapa essencial de qualquer análise científica é definir especificamente o tema a ser investigado. Entretanto, o estudo sobre o clima, é exceção a essa regra. De acordo com PITTOCK et al. (1978), as manifestações dinâmicas ou termodinâmicas da atmosfera podem ser avaliadas instantaneamente (tempo) ou em períodos mais longos (clima). Não há, entretanto, divisão exata entre quando termina o estudo do tempo e começa o do clima.

Nesse aspecto, o relatório do IPCC (2007) indica, em escala regional, fortes evidências de aumento na temperatura média do planeta. Porém, a incerteza na conceituação do clima/tempo demonstrada anteriormente, dificulta a definição do termo mudança climática. PITTOCK et al. (1978) afirma que uma alteração climática deve conter tendências contínuas ou descontinuidades na variabilidade de alguns elementos meteorológicos. Nesse aspecto, deve ser considerado que o conceito de adversidades meteorológicas está intimamente ligado

à atividade sob estudo. Como exemplo, pode-se ressaltar que os estudos dos impactos da seca devem considerar os diferentes graus de dependência hídrica que cada atividade possui. Dessa forma, torna-se evidente que a avaliação das “mudanças climáticas” está também ligada à dependência de cada região em relação aos eventos climáticos. Nesse aspecto, países como o Brasil apresentam grande vulnerabilidade às flutuações/modificações atmosféricas, o que evidencia a necessidade de estudos sobre variabilidade climática no território brasileiro. Portanto, o objetivo do estudo foi detectar tendências contínuas ou descontinuidade na variabilidade das temperaturas máxima e mínima no município de Campinas, entre os anos de 1890 e 2006.

MATÉRIA E MÉTODOS

Foram utilizados dados diários de temperatura do ar do posto meteorológico representativo do município de Campinas, SP (22°54'S; 47°05'W; 669m) pertencente ao Instituto Agrônomo da Secretaria de Agricultura e Abastecimento. A variabilidade temporal das temperaturas máxima e mínima foi inicialmente analisada na escala anual, por meio de média móvel (período de 10 anos). Posteriormente, com dados decenais, os valores de temperatura foram divididos em quatro períodos: 1890 a 1918 (P1), 1919 a 1947 (P2), 1948 a 1976 (P3) e 1977 a 2005 (P4), os quais foram determinados com base na série disponível de dados (117 anos) e na recomendação da Organização Meteorológica Mundial quanto ao intervalo de tempo mínimo necessário para a caracterização climática de uma região (30 anos). O ano de 2006 foi, nessa análise, desconsiderado a fim de se utilizar períodos homogêneos de vinte e nove anos. Foram efetuadas análises de regressão linear entre P1 e P2; P1 e P3; e P1 e P4. Os testes T (student) e F foram utilizados, respectivamente, para verificar se as retas geradas pelas regressões são paralelas e coincidentes a 1% de significância. A divisão dos cento e dezesseis anos de dados em quatro períodos (P1, P2, P3 e P4) foi também realizada na escala diária a fim de se avaliar alterações no grau de persistência dos valores de temperatura máxima e mínima. Esse estudo foi feito por meio da função auto-correlação para os “lags” (dias) de 1 a 21.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em estudos relativos ao tema “mudança climática” é importante ressaltar que a subjetividade na definição do termo clima se faz presente, por consequência, em análises estatísticas relativas a este tema. Na análise de uma longa série de temperatura, é possível, por exemplo, detectar-se diferenças nos valores médios das leituras entre dois períodos distintos. Entretanto, determinar um patamar exato que estabeleça se tais diferenças são relativas à variabilidade natural das condições climáticas da região ou se são relativas às alterações no ritmo esperado dos elementos em análise é praticamente inviável.

Desta maneira, as análises realizadas neste estudo também possuem o grau de subjetividade que os termos clima e mudanças climáticas apresentam. Ainda nesse sentido, deve-se lembrar que o município de Campinas encontra-se em zona de transição tropical/subtropical sofrendo influência de sistemas tropicais e polares. Com isso, a separação entre variabilidade e alteração climática torna-se ainda mais imprecisa. Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as variabilidades anuais das temperaturas máxima e mínima em Campinas entre 1890 e 2006.

Na Figura 1, nota-se que no período de 1890 a 1889 a temperatura máxima média permaneceu ao redor dos 27,2°C, ao passo que no período de 1997 a 2006 a temperatura ficou ao redor dos 28°C. Apesar desse ligeiro aumento, nota-se que a década de 1960 apresentou temperaturas máximas médias mais elevadas do que as atuais. Assim, baseando-se na afirmação de PITTOCK et al. (1978), de que uma alteração climática deve conter tendências contínuas na variabilidade do elemento meteorológico em estudo, torna-se difícil afirmar a existência de

registros de alteração na variabilidade dos dados de temperatura máxima, em escala anual, na região de Campinas entre os anos de 1890 e 2006.

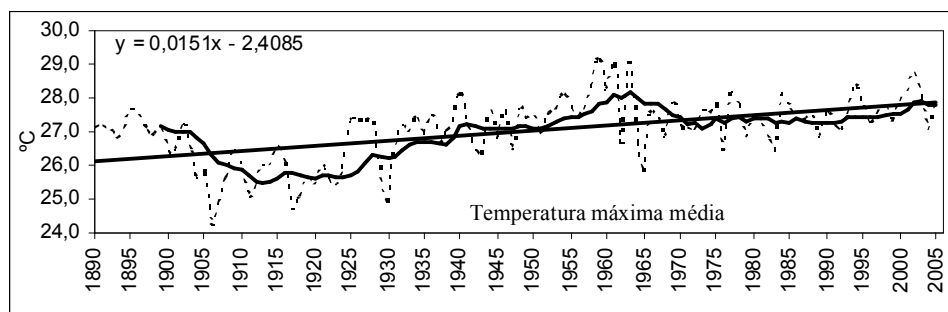


Figura 1 - Variação anual, média móvel (ordem 10) e tendência da temperatura máxima média anual em Campinas, SP, de 1890 a 2006.

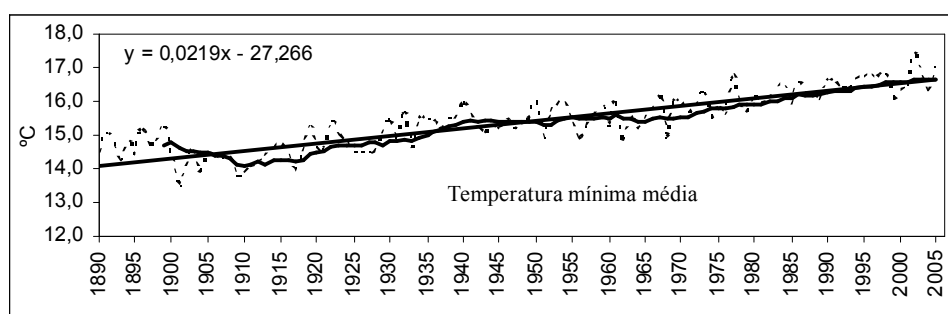


Figura 2 - Variação anual, média móvel (ordem 10) e tendência da temperatura mínima média anual em Campinas, de 1890 a 2006.

Na Figura 2, nota-se que no período de 1890 a 1889 a temperatura mínima média permaneceu ao redor dos 14,8°C, ao passo que no período de 1996 a 2005 a temperatura atingiu valor ao redor de 16,8°C. Verifica-se, também, forte tendência contínua de elevação dos valores ao longo da série, demonstrando, com isso, mudança da temperatura mínima média anual em Campinas, SP, entre os anos de 1890 e 2006. O aumento mais expressivo na temperatura mínima se deve provavelmente à intensificação do efeito estufa, o qual tem sido apontado como o causador do aquecimento global, por alterar o balanço de ondas longas, isto é, restringir a perda de calor pela superfície terrestre, afetando especialmente a temperatura do ar durante a noite.

As análises de regressão linear entre P1 e P2; P1 e P3 e; P1 e P4 relativas às séries decendiais das temperaturas máximas e mínimas são apresentadas na Figura 3. Considerando-se o elevado número de dados em análise e a elevada dinâmica das diversas condições do tempo que a região de Campinas apresenta, nota-se que as regressões lineares das temperaturas mínimas apresentam baixo grau de dispersão ($R^2 > 0,6$). Dessa forma, a análise das equações geradas por esse método pode fornecer informações consistentes sobre a variabilidade temporal dessa variável meteorológica. O coeficiente angular permaneceu relativamente constante nas três regressões (P1 e P2; P1 e P3; P1 e P4) indicando a possibilidade das retas (se não forem coincidentes) serem paralelas. A elevação contínua do intercepto (3,5; 4,8; e 5,7) pode indicar que o aumento médio da temperatura mínima tem ocorrido de forma linear. Em outras palavras, as regressões lineares, relativas à temperatura mínima, resultaram em três retas paralelas não coincidentes com maior taxa de elevação registrada nos últimos vinte e nove anos (intercepto igual à 5,7). A Tabela 1 comprova essa hipótese (1% de significância) por meio dos testes T e F. O alto grau de dispersão dos dados de temperatura máxima (R^2

baixo) indica baixa representação das retas médias geradas pelas regressões entre P1 e P2; P1 e P3; P1 e P4. Dessa forma, o estudo de paralelismo e coincidência não será apresentado.

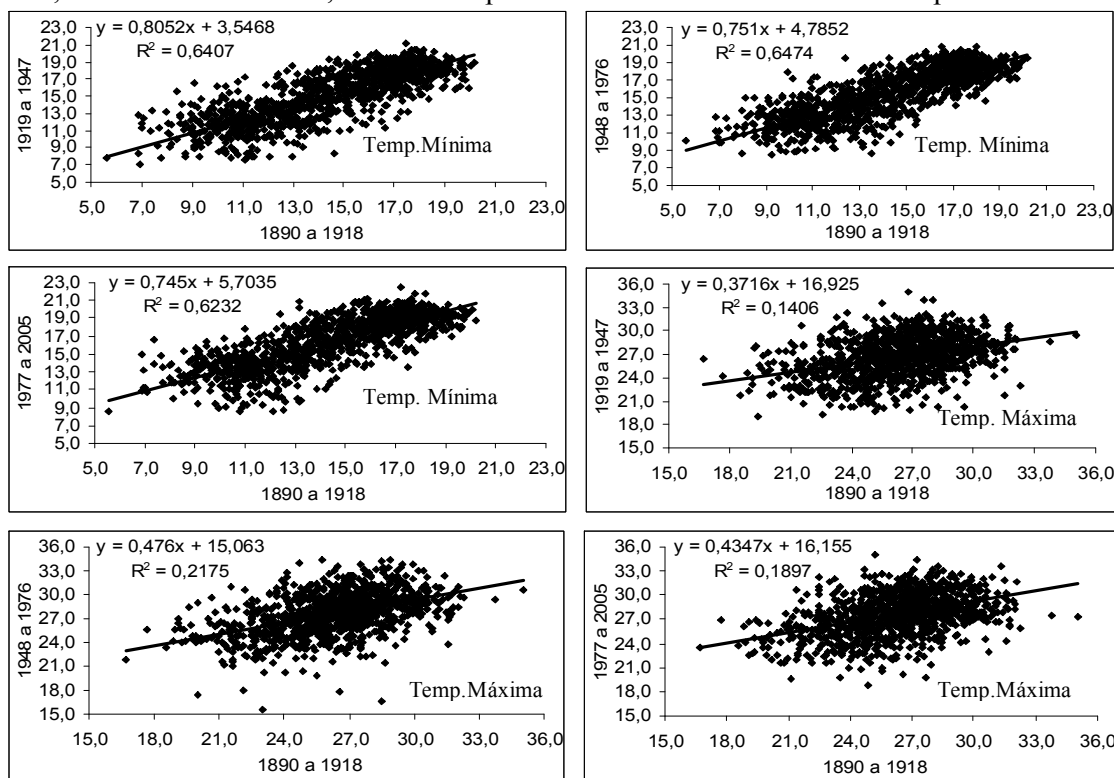


Figura 3 - Análises de regressão linear entre os anos de 1890 a 1918 e 1919 a 1947; 1890 a 1918 e 1948 a 1976 e; 1890 a 1918 e 1977 a 2005 relativas às séries decenciais de temperaturas máximas e mínimas, em Campinas, SP.

Tabela 1 - Valores dos testes T e F efetuados com os dados de temperatura mínima, na escala decencial, entre os períodos de 1890 a 1918 (P1) e 1919 a 1947 (P2), 1890 a 1918 (P1) e 1948 a 1976 (P3) e, 1890 a 1918 (P1) e 1977 a 2005 (P4).

Períodos	Teste F	Teste T	Interpretação (1% de significância)
	coincidência	Paralelismo	
P1 x P2	114,390	1,935	Não coincidentes e paralelas
P1 x P3	121,472	2,654	Não coincidentes e paralelas
P1 x P4	127,560	0,232	Não coincidentes e paralelas

Na Figura 3 é apresentada a análise da persistência dos valores diários das temperaturas máximas e mínimas. Verifica-se que não houve mudanças significativas no grau de persistência dos dados diários de temperatura máxima e mínima entre os anos de 1890 a 1918, 1919 a 1947, 1948 a 1976 e 1977 a 2005. Outro aspecto que pode ser observado na Figura 3 é a forte queda que a função auto-correlação apresenta para a temperatura máxima. No lag 1 registrou-se o valor 0,7, indicando, em média, 70% de influência entre duas observações subsequentes. No lag 2 essa influência cai para 50% e no lag 10 torna-se inferior à 30%. Esse baixo grau de persistência explica a forte dispersão dos dados decenciais de temperatura máxima apresentados na Figura 2.

De maneira oposta, o estudo da temperatura mínima revelou alto grau de persistência. No lag 1 registrou-se, em média, a influência de 87% entre observações subsequentes. No lag 2 essa influência permaneceu próxima à 80% e no lag 10 próxima à 67%. Esse alto grau de

persistência dos valores diários explica a pequena dispersão dos dados decenais de temperatura mínima apresentados na Figura 2. Os resultados da função alto-correlação, relativos à temperatura mínima, também corroboram com a conclusão de que o aumento médio da temperatura mínima decenal, entre 1890 e 2005, ocorreu de forma linear.

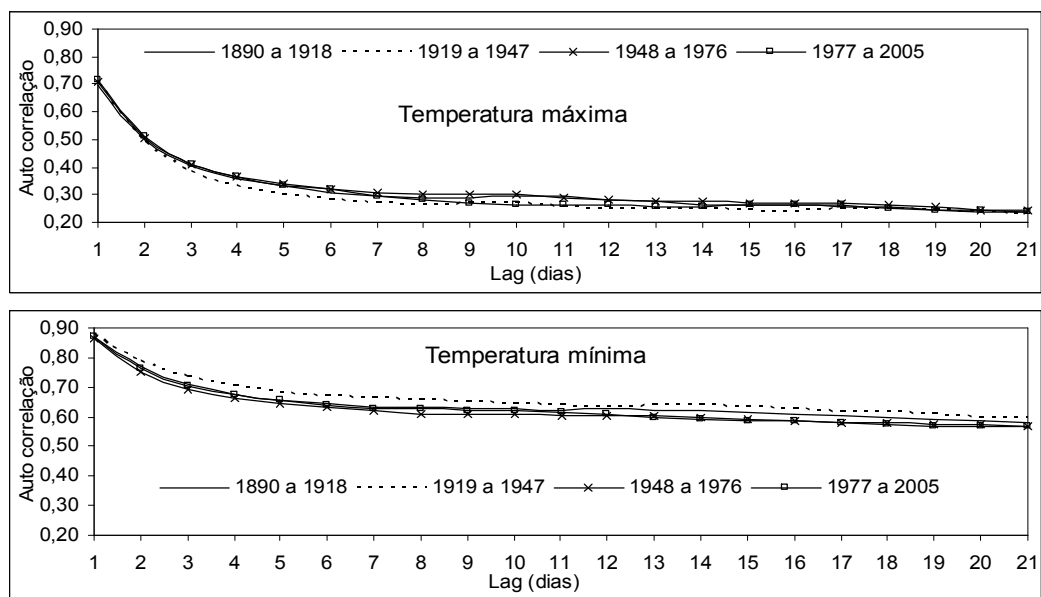


Figura 3 Função auto-correlação das observações diárias das temperaturas máxima e mínima entre os períodos de 1890 a 1918, 1919 a 1947, 1948 a 1976 e 1977 a 2005, em Campinas, SP.

CONCLUSÃO

O estudo da variabilidade temporal da temperatura máxima não demonstrou a existência de mudanças de ordem climática na série de temperatura máxima do município de Campinas entre os anos de 1890 a 2006.

O estudo da variabilidade temporal da temperatura mínima demonstrou, na escala anual, tendência contínua de elevação (a temperatura mínima média dos últimos dez anos foi, aproximadamente, 2°C superiores a observada entre 1890 a 1899). Na escala decenal, observou-se, em média, aumento linear e constante. Dessa forma, pode-se indicar a existência de mudanças de ordem climática na série de temperatura mínima do município de Campinas entre os anos de 1890 a 2006. As avaliações decenais indicaram também que a maior taxa de elevação ocorreu entre os anos de 1977 a 2005, o que se deve provavelmente à intensificação da ação antropogênica na variabilidade temporal da temperatura mínima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IPCC, **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. ed. Houghton, JT. (Ed.). Cambridge University Press, 2007.

PITTOCK, A.B., FRANKS, L.A., JESSEN, D., PETERSON, J.A., ZILLMAN J.W., **Climatic change and variability: a southern perspective**. Cambridge, University press, 1978. 455p