

VARIABILIDADE DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS CLIMÁTICOS E URBANIZAÇÃO NA REGIÃO DE PIRACICABA, SP.

MAIN CLIMATICS ELEMENTS VARIABILITY AND URBANIZATION IN PIRACICABA'S REGION

PRISCILA P. COLTRI¹
MARIA ANGELA FAGNANI²
LUCILA C.LABAKI³
NELSON J. FERREIRA⁴
VALDEMAR A. DEMÉTRIO⁵

RESUMO

A análise das mudanças climáticas pode ser realizada por monitoramento de elementos climáticos por longos períodos de tempo, permitindo visualizar mudanças direcionais ou periódicas no clima de determinadas regiões. O objetivo do presente trabalho foi realizar uma análise dos principais elementos climáticos, no Município de Piracicaba, SP utilizando dados da Estação Meteorológica da ESALQ/USP entre os anos de 1950 e 2004. Os elementos atmosféricos temperatura, umidade relativa, evaporação e precipitação foram correlacionados com variáveis da urbanização, como população urbana e rural, número de bairros e cobertura vegetal por habitante. Concluiu-se que os elementos temperatura, precipitação, umidade relativa e evaporação tiveram tendência de aumento no período estudado e todos eles foram classificados como tendências climáticas, de acordo com as definições propostas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Entretanto, não é possível afirmar que houve mudança climática. A temperatura apresentou tendência de aumento mais acentuada e se correlacionou positivamente com o aumento da urbanização, sugerindo que esse pode ser um dos fatores responsáveis por seu aumento entre os anos de estudo.

Palavras-Chaves: elementos atmosféricos, urbanização, variação climática.

¹Engenheira Agrônoma, bolsista Cnpq, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Rodovia Presidente Dutra, km40, SP-RJ, 12630-000, Cachoeira Paulista, SP, Brasil. E-mail: pcoltri@cptec.inpe.br

²- Engenheira Agrônoma, Professora Doutora, FEAGRI, UNICAMP.

³- Bacharel em Física, Professora Doutora, Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP.

⁴- Físico, Professor Doutor, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Recebido: Mai/07
Aprovado: Ago/07

ABSTRACT

Climate changes analysis are usually performed by monitoring the climate elements for long periods of time, enabling the visualization of directional or periodical regional changes. In the current study we studied the climate changes in Piracicaba, SP. The main climate elements were studied using data from ESALQ meteorological station for the last 54 years (1950-2004). Temperature, relative humidity, evaporation and precipitation variation were found to be correlated with urban growth parameters such as urban and agricultural population, number of quarters and vegetal covering for inhabitant. The results indicated that temperature, precipitation, relative humidity and evaporation increased during the studied period and have been classified as "climate trends" in accordance with the OMM definitions. However, it is not possible to conclude that there was a climatic change. The temperature presented the greatest increase and it was positively correlated with urban growth. This indicates that urbanization may be the responsible for temperature increase over the studied years.

Keywords: atmospheric elements, urbanization, climate trends.

INTRODUÇÃO

As mudanças e variações climáticas representam na atualidade uma das grandes preocupações da humanidade, principalmente pelos efeitos e repercussões que os elementos do clima exercem sobre a vida na Terra (AYOADE, 1991; SANT'ANNA NETO & ZAVATINI, 2000; SILVA & RIBEIRO, 2004). O clima está em constante alteração e, atualmente, há dificuldades de se encontrar terminologias adequadas para cada acontecimento climático. Nesse sentido, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) propôs, em 1996, um quadro de definições que conceitua as seguintes terminologias: mudança climática, tendência, descontinuidade, flutuação, variação, oscilação, vacilação, periodicidade e variabilidade (OMM, 1996).

Muitos estudos sugerem a relação do crescimento urbano com variações climáticas locais e regionais, uma vez que a urbanização e a troca dos materiais da superfície foram os maiores tipos de mudança no uso e cobertura do solo da

história da humanidade (GOLDREICH, 1995; COSTA, 2004; WENG, 2001; COSTA (2004) destaca parâmetros como população urbana, população rural, número de bairros e cobertura vegetal por habitante, como importantes para identificar o crescimento da urbanização e, portanto, úteis para realizar análises climáticas locais. Considerando que o clima é dinâmico torna-se necessária a observação constante de seus principais elementos por um longo período de tempo a fim de verificar se existem variações e como estas se comportam (AYOADE, 1991). Assim, os objetivos do presente trabalho foram:

- analisar os principais elementos meteorológicos no município de Piracicaba, São Paulo, de 1970 a 2004, com a finalidade de verificar e classificar, de acordo com a definição da OMM, as variações climáticas que ocorreram nesse período; e
- relacionar os elementos que apresentaram tendência climática positiva ou negativa com o crescimento urbano de Piracicaba, São Paulo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do presente trabalho foram utilizadas as séries históricas da Estação Convencional do Posto Agrometeorológico da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no período de 1950 a 2004. Os elementos meteorológicos estudados foram: Insolação (h d^{-1}), Precipitação (mm), Umidade Relativa (%), Temperatura Média ($^{\circ}\text{C}$) e Evaporação (mm).

O município de Piracicaba situa-se entre as coordenadas geográficas de $22^{\circ}42'30''\text{S}$ e $47^{\circ}38'01''\text{W}$, com uma altitude média de 554m. A área total é de 1.370 km^2 e a população é estimada em 355.039 habitantes, sendo que aproximadamente 90% encontram-se na área urbana de Piracicaba (IBGE, 2005). Segundo BARRETO (2004), as principais classes de uso do solo são: cana-de-açúcar (equivalente a 45,5% do total do município); pasto (com área de 25% do total do município); remanescentes florestais (10%); áreas em regeneração (9,5%); floresta exótica (0,5%), uso urbano (6%), água (3%) e outros (0,5%).

O posto Agrometeorológico localiza-se dentro da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, nas coordenadas de $22^{\circ} 42' 30''$ sul, $47^{\circ} 38' 00''$ oeste, 546 metros de altitude. Vale ressaltar que o posto não era localizado no meio urbano até meados de 1980, quando a ESALQ era afastada da área urbana. Com o crescimento urbano, hoje, a Universidade já faz parte da área urbana.

As séries históricas do período foram tabuladas e analisadas. Para cada um dos elementos foram calculadas a média anual, mensal e uma média geral de todos os anos (1950-2004), com o objetivo de comparar se as médias anuais mantinham a média geral ou variavam. As médias mensais foram comparadas às normais climatológicas. A relação entre elementos atmosféricos e o tempo cronológico foi testada através de regressões lineares simples, calculando-se P

(probabilidade da reta ser traçada se y não dependesse de x) através de N (número de observações). O valor de R^2 (reta que explica a variação dos dados) (ZAR, 1999) também foi calculado.

Os elementos que apresentaram alguma tendência climática foram correlacionados aos parâmetros: população urbana, população rural, número de bairros e cobertura vegetal por habitantes (COSTA, 2004), a fim de verificar se as alterações provocadas pelas atividades humanas são perceptíveis no mês o clima da área em estudo.

Insolação

De 1950 a 2004 a insolação (h dia^{-1}) oscilou em torno da média ($6,58\text{ h dia}^{-1}$) sem períodos constantes e definidos. Na análise de regressão linear simples pôde-se observar que não houve tendência de diminuição ou aumento na insolação em função do tempo ($N=55$; $P=0,42$ e $R^2=0,0121$). Diante do fato da insolação não ter apresentado nenhuma tendência, de acordo com a classificação da OMM, o elemento se classificaria em “variação climática”, uma vez que seus valores flutuam sem padrão específico, conforme observado em escalas de décadas. Dados semelhantes foram encontrados por SILVA & RIBEIRO (2004) analisando as tendências das variações climáticas da cidade de Uberlândia, MG, no período de 1981 a 2000. As médias mensais, quando comparadas às normais dia^{-1} são menores, conforme Figura 1.

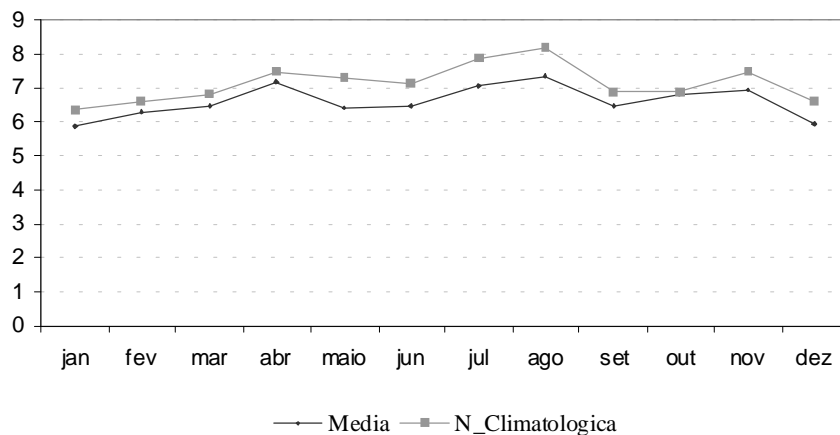


FIGURA 1 - Variação mensal da insolação (h.dia⁻¹) (preto) em comparação à normal climatológica (em cinza).

Precipitação

Os dados pluviométricos coletados pela Estação Meteorológica mostraram oscilação da precipitação em torno da média de 104,86mm. A análise de regressão linear simples demonstrou que a precipitação anual aumentou com o passar dos anos ($N = 55$; $P = 0,003$; $R^2 = 0,1544$), conforme Figura 2. Segundo o quadro de classificações da OMM, a variável precipitação enquadra-se na “tendência climática”. Os resultados sugerem uma tendência de aumento aproximadamente

linear, mas com muita variação da precipitação. A variação das médias mensais em relação à média climatológica também mostrou uma leve tendência de aumento de precipitação ao longo dos meses (6,5 mm). Devido a estes resultados, é de extrema importância que os valores de precipitação continuem sendo monitorados. CONTI (2000) destaca que nas regiões tropicais, a chuva aparece como elemento de maior interesse, uma vez que sua variação tem conseqüências ambientais muito relevantes.

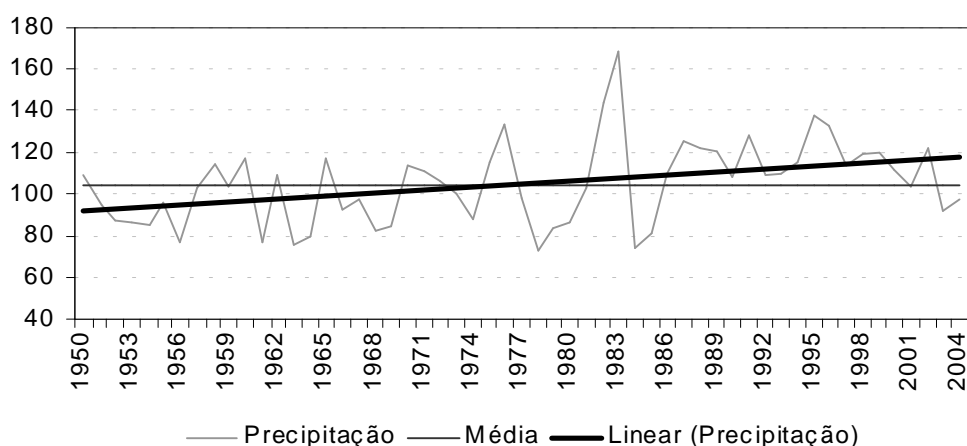


FIGURA 2 - Variação anual da precipitação (mm) (em cinza), em comparação à média geral (preto). A linha preta contínua representa a tendência.

Umidade relativa

A análise dos dados de umidade relativa (%) permite identificar um aumento linear dos dados, já que grande parte do conjunto de dados variou acima da média geral (71,02%). A análise de regressão linear demonstra a tendência de aumento da umidade relativa ao longo da série estudada ($N = 55$, $P < 0,0001$ e $R^2 = 0,6234$). As médias mensais também ficaram acima da normal climatológica e apresentaram valores, em média, 3,7% superiores. Segundo o quadro de variabilidade climática da OMM, a umidade relativa

enquadra-se em “tendência climática” uma vez que foi observado um aumento dos valores médios ao longo da série estudada. Assim como a precipitação, o monitoramento dos valores de umidade relativa é de grande importância. A umidade relativa, segundo HIDORI & OLIVER (1993), faz parte da gama dos elementos climáticos que se relacionam diretamente com o bem estar humano em ambientes construídos.

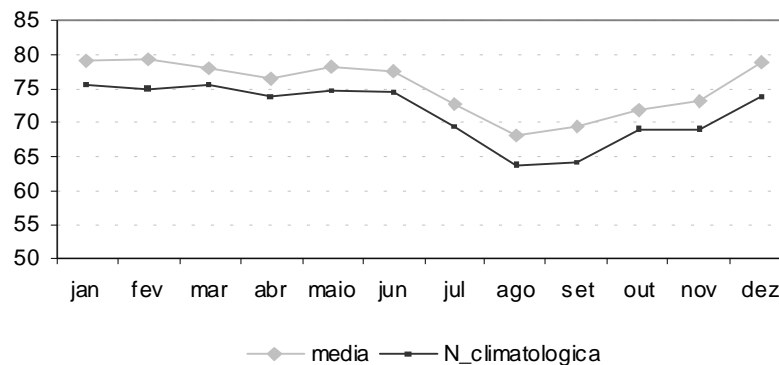


FIGURA 3 - Variação mensal da precipitação (%) (cinza) em comparação à normal climatológica (preto).

Temperatura média

A análise de regressão simples da série histórica da temperatura média demonstra que os valores aumentaram com o passar dos anos, conforme Figura 6 ($N = 54$, $P < 0,0001$, $R^2 = 0,764$). A partir de 1970, praticamente todos os anos apresentaram variação acima da média (20,7°C). A análise do elemento

temperatura mostra que há uma forte tendência climática de aumento, conforme Figura 4. Nas médias mensais a temperatura média também mostrou um acréscimo de aproximadamente 0,3°C em relação à normal climatológica.

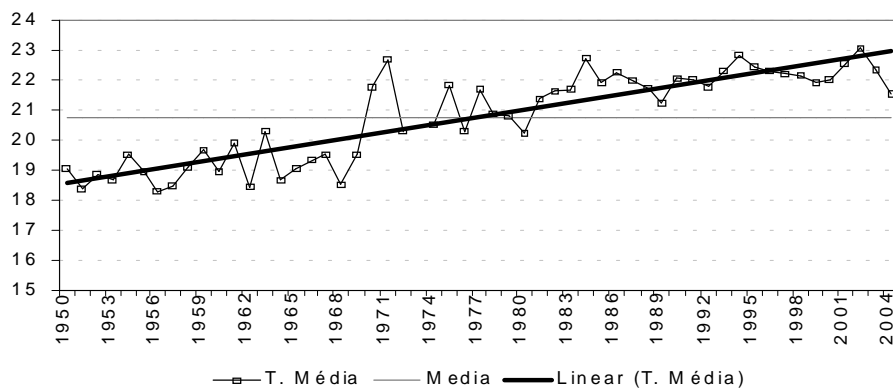


FIGURA 4 - Variação anual da temperatura média (°C) (em preto com quadrados), em comparação à média geral (cinza). A linha preta contínua representa a tendência.

Dos elementos estudados, a tendência de aumento de temperatura é o que mais se destacou. KARL et al. (1996) e QUEVEDO et al (1991) encontraram resultados semelhantes de aumento de temperatura em seus trabalhos. KARL et al. (1996), estudando os dados climáticos dos Estados Unidos de 1900 a 1994, concluíram que a temperatura apresentou substancial incremento ($\sim 0,4^{\circ}\text{C}$) e rejeitaram a hipótese de que as mudanças tenham ocorrido por variações naturais, uma vez que as cidades que tiveram maiores acréscimos foram as mais urbanizadas. QUEVEDO et al. (1991), estudando o clima de São Paulo entre 1946 e 1988, encontraram um aumento significativo nas temperaturas médias ($1,7^{\circ}\text{C}$), máximas ($0,5^{\circ}\text{C}$) e mínimas ($1,6^{\circ}\text{C}$), e relacionaram diretamente essa variação ao processo de expansão urbana.

A relação da troca dos componentes naturais pelos materiais artificiais altera de forma significativa as propriedades aerodinâmicas, radiativas, térmicas e hídricas da superfície (YAMASHITA et al., 1986) e uma das respostas a esse impacto é o aumento da temperatura local.

Evaporação

Os dados analisados correspondentes à evaporação (mm) apresentaram dois períodos bem definidos. O primeiro compreende o período de 1950 a 1971 e caracteriza-se por valores encontrados abaixo da linha da média ($4,43\text{mm}$), exceção feita aos anos de 1963 com valores de $5,21\text{mm}$ e 1968, com $4,63\text{mm}$. Já o segundo período, de 1981 a 2004, ao contrário do primeiro, é caracterizado por todos os valores acima da linha da média geral. A análise de regressão linear permite afirmar que a evaporação aumentou em função do tempo ($N = 55$, $P < 0,0001$, $R^2 = 0,4139$), conforme Figura 5. Os dados da média mensal quando comparados às normais climatológicas, no entanto, só tiveram aumento nos meses de julho a setembro. Vale ressaltar que na série histórica da evaporação, por um erro de estação, faltaram nos arquivos os dados de 1970 a 1980.

A evaporação também seguiu, assim como a temperatura média, a umidade e a precipitação, uma tendência climática de

aumento de seus valores. Esta variável também deve ser monitorada a fim de verificar se esta tendência se confirma e quais fatores podem agravar este aumento.

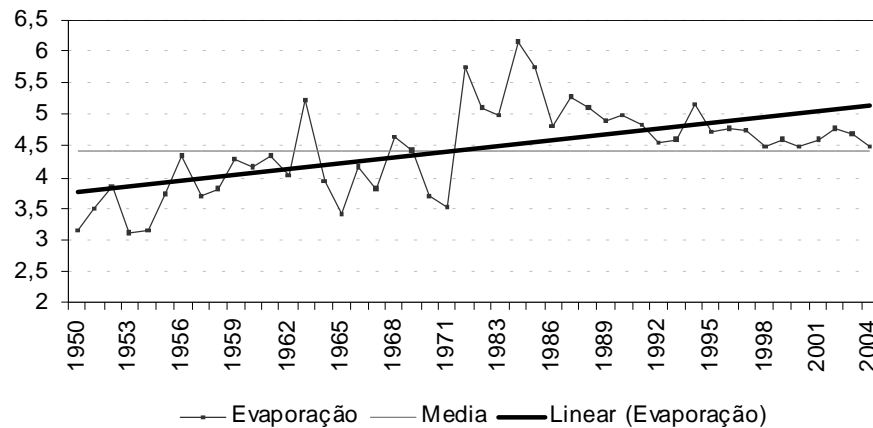


FIGURA 5 - Variação anual da evaporação (em preto com quadrados), em comparação à média geral (cinza com quadrados). A linha preta contínua representa a tendência.

Temperatura média, precipitação, umidade relativa e evaporação X Crescimento da urbanização de Piracicaba.

Muitos estudos relacionam o crescimento urbano com as variações climáticas, mais especificamente às elevações da temperatura (LOMBARDO et al., 1991; GOLDREICH, 1995; BACK, 2001; MONTEIRO e MENDONÇA, 2003). COSTA (2004) realizou um estudo da

evolução urbana e da cobertura vegetal de Piracicaba –SP no período de 1940 a 2000. Na Tabela 1, estão resumidos os principais dados históricos relacionados por COSTA (2004).

Tabela 1- Dados históricos do Município de Piracicaba, SP (COSTA, 2004).

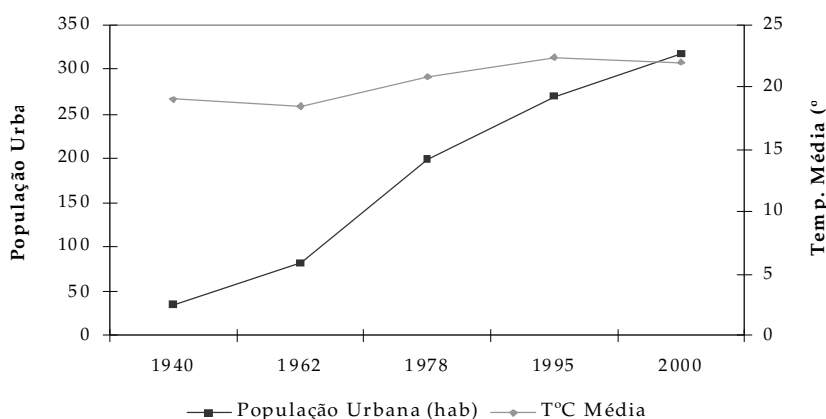
Anos	Bairros	Cob. vegetal	Pop. total	Pop. urbana	Pop. rural
1940	8	39.7	76.416	33.771	42.645
1962	25	21.9	115.403	82.303	33.887
1978	46	6.4	214.295	197.904	16.391
1995	60	4.6	283.833	269.961	13.872
2000	60	5.7	329.158	317.374	11.784

Correlacionando estes dados históricos com as temperaturas médias do município de Piracicaba, descritas anteriormente, encontra-se uma relação direta do aumento da urbanização (traduzido em aumento da população urbana, aumento do número de bairros e diminuição da população rural) com o aumento observado nas temperaturas, conforme Tabela 2.

O período crítico de aumento da temperatura média, foi de 1962 a 1995, período esse de intenso crescimento econômico e urbano não só de Piracicaba, mas também de todo o Brasil. A Figura 6a aponta a relação entre o aumento da população urbana e a temperatura média e, em b, a relação entre o aumento do número de bairros e a temperatura.

Tabela 2 – Dados de População total, rural e urbana (em número de habitantes) e temperatura média (em °C).

Ano	Pop.total (hab)	Pop.urbana	Pop. rural	T°C Média
1940	76,416	33,771	42,645	19,05
1962	115,403	82,303	33,887	18,45
1978	214,295	197,904	16,391	20,84
1995	283,833	269,961	13,872	22,42
2000	329,158	317,374	11,784	22,00



a

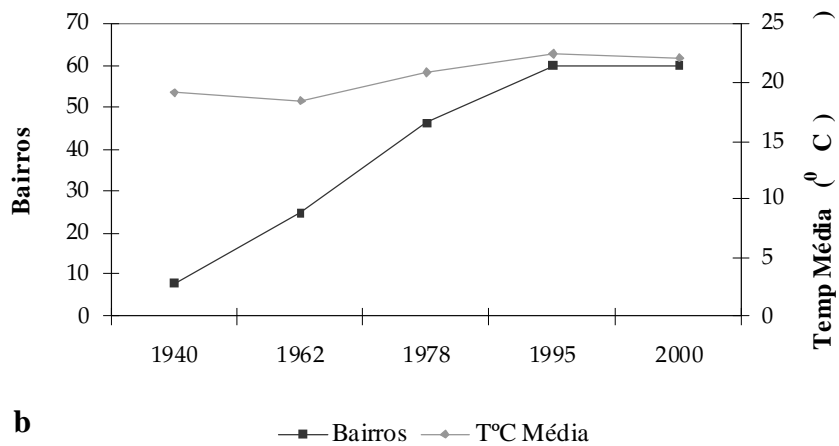


FIGURA 6 - Em a: relação da população urbana (em preto) e Temperatura média (em cinza). Em b: relação do número de bairros (em preto) em Temperatura média (em cinza).

Observando os dados de cobertura vegetal pode-se notar que, com o crescimento da urbanização, refletido no aumento da população urbana e no número de bairros, a cobertura vegetal por habitante foi diminuindo.

Assim, há uma relação inversa entre cobertura vegetal e temperatura, conforme Figura 7. Tal relação torna-se mais clara quando se observa o período de 1995 a 2000.

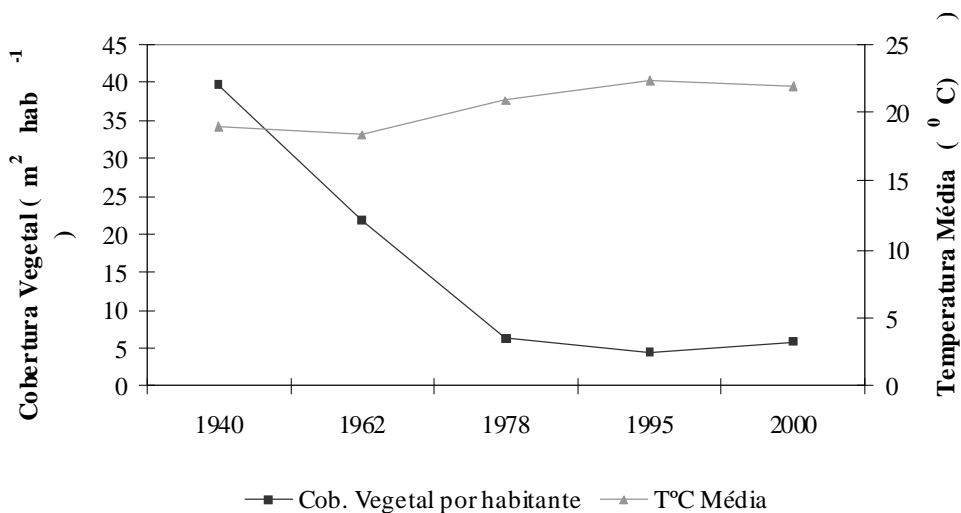


FIGURA 7 – Relação da cobertura vegetal em (em cinza) e da temperatura média (em preto)

Nesta fase, a urbanização estabiliza-se, já que o número de bairros fica estável e a taxa de crescimento da população urbana não é tão acentuada. Pode-se observar um pequeno aumento na cobertura vegetal por habitante e uma diminuição nos dados da temperatura média.

Os benefícios das áreas verdes nos microclimas urbanos já são bastante conhecidos e, dentre as inúmeras vantagens, pode-se destacar o fato de amenizarem a temperatura local. A vegetação utiliza parte da energia recebida em processos como fotossíntese e evapotranspiração, tendo assim, pouca energia para ser liberada no ambiente, daí o fato das temperaturas mais baixas nas áreas vegetadas.

Muitos são os fatores que atuam no microclima urbano e mais especificamente no elemento temperatura. Os fenômenos que ocorrem na interface cidade-atmosfera são extremamente complexos (PEREZ et al., 2001), portanto, é difícil afirmar que somente o aumento da cobertura vegetal ou sua diminuição tenha provocado tal efeito na temperatura. O clima das cidades, muitas vezes, está sujeito à dinâmicas atmosferas muito maiores que as ações antrópicas. JARDIM (2007) ressalta que, por maior que seja o efeito antrópico no aumento das temperaturas das cidades, a entrada de uma frente faz com que as temperaturas caiam imediatamente, em qualquer lugar, em qualquer clima, seja de cidade ou não. No entanto, o fato é que no presente trabalho encontrou-se uma relação direta entre crescimento da população urbana, aumento da malha urbana, diminuição da cobertura vegetal e aumento da temperatura média ao longo da série estudada. A mesma relação foi verificada com a análise da umidade relativa.

No caso da cobertura vegetal, a diminuição de área verde deveria, em princípio, diminuir a umidade relativa do ar (PEREZ et al., 2001; MONTEIRO & MENDONÇA, 2003), fato esse que não ocorreu. Ao contrário, observou-se que houve um aumento da porcentagem de umidade relativa com a diminuição na cobertura vegetal da área verde. É nesse sentido que se volta a afirmar que muitos fatores influenciam no micro clima não havendo a possibilidade de isolar um deles para responder à variação de um elemento. Os aumentos da precipitação trazem como consequência uma maior quantidade de vapor d'água no ar e, tal fato pode ser uma possível explicação para o aumento da umidade relativa do ar.

No caso da análise com os elementos precipitação e evaporação não foram observadas relações diretas com os dados de urbanização selecionados e, portanto, não foi possível estabelecer uma relação clara entre as variáveis escolhidas para representar a urbanização com esses elementos. Nesses casos, seria necessária a análise de outras variáveis urbanísticas para verificar se há alguma relação com estes elementos.

CONCLUSÕES

No presente trabalho pode-se concluir que as variáveis temperaturas máximas e médias, precipitação, umidade relativa e evaporação tiveram tendência de aumento no período de 1950 a 2004 no município de Piracicaba, SP. Todas elas são classificadas como uma tendência climática que vem ocorrendo no município. No entanto, ainda não é possível classificar estas tendências como mudanças climáticas. Também não é possível afirmar, a partir dos dados do trabalho, que essas tendências sejam

causadas exclusivamente por ações antrópicas. O elemento analisado que apresentou maior tendência de aumento foi a temperatura média.

A temperatura média foi o único dos elementos analisados que apresentou clara correlação com as variáveis escolhidas para representar a urbanização (crescimento da população urbana, crescimento da população rural, número de bairros na cidade e cobertura de área verde por habitante). Os demais elementos analisados não se correlacionaram de forma clara à urbanização. O clima da cidade é influenciado por diversos fatores e a análise isolada de alguns desses fatores pode não responder de forma imediata às alterações. Há a necessidade da continuidade desse tipo de estudo utilizando outras variáveis urbanas, como por exemplo, a poluição, o adensamento populacional e a localização exata das ilhas de calor e de frescor.

REFERÊNCIAS

- AYOADE, J.O. *Introdução à climatologia para os tópicos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1991. 332p.
- BACK, A.J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n. 5, p.717-726, 2001.
- BARRETO, A.G.O.P.; SPAROVEK, G.; GIANNOTTI, M. *Atlas Rural de Piracicaba*. Instituto de Pesquisas Florestais (IPEF). 2004. 75p.
- CONTI, J.B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT'ANNA NETO, J.L.; ZAVATINI, J.A. (Org.). Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá/PR: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2000. 259p. p.17-28.
- COSTA, F.P da S. *Evolução urbana da cobertura vegetal de Piracicaba – São Paulo (1940-2000)*. Piracicaba, SP, 2004. 82 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- GOLDREICH, Y. Urban climate studies in Israel – a Review. *Atmospheric Environment*, Elsevier, NY, v.29,n.2, p.467-478, 1995.
- HIDORE, J. J.; OLIVER, J. E. *Climatology – an atmospheric science*. New York: Macmillan, 1993. p.41-248. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. *Base de informações municipais 2005*. Disponível em: < www.ibge.gov.br >
- KARL, T.R.; KNIGHT, R.W.; FASTERLING D. R.; QUAYLE, R.G. Indices of climate change for the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Boston, MA v.77, n.2, p.279-292,1996.
- QUEVEDO NETO, P. S.; LOMBARDO, M.A.; GONÇALVES, J.C. A expansão urbana da cidade de São Paulo e a variação temporal da temperatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 3., Londrina, 1991. *Anais...* Londrina; UEL, 1991.
- MONTEIRO, C.A. de F.; MENDONÇA, F.(Org.). *Clima urbano*. São Paulo: Editora Contexto, 2003. 192p.
- ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL-OMM. *Observando o meio ambiente, clima e água*. Genebra, SUR, v. 1, n. 796, 1996.

- CERVANTES PÉREZ, J.; VARGAS SANCHEZ, M. de los A. ; BARRADAS, V.L. Clima, urbanización y uso del suelo en ciudades tropicales de Mexico. *Revista Ciudades de la Red Nacional de Investigación Urbana*, Puebla, MEX, v. 51, n. 19/24, 2001.
- RIBEIRO, E.L. *Aspectos estruturais da forma urbana: suas influências na concentração de poluentes atmosféricos e nos impactos receptivos-alternativos de planejamento urbano para o caso de São Paulo*. 1993. 430 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SANT'ANNA NETO, J. L. As chuvas no Estado de São Paulo: a variabilidade pluviométrica nos últimos 100 anos. In: SANT'ANNA, NETO, ZAVATINI, J.A. (Org.) *Variabilidade e mudanças climáticas : implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá/PR: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2000. 259p. p. 95-110.
- SANT'ANNA NETO, J.L.; ZAVATINI, J. A. (Org.). *Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas*. Maringá/PR: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2000. 259p.
- SILVA, E.M. da.; RIBEIRO, A.G. As tendências das variações climáticas na cidade de Uberlândia-MG (1981-2000). *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, MG, v.9, n. 2, p.174-190, 2004.
- WENG, Q. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*, Dundee, UK v.22, n. 10, p.1999-2014, 2001.
- YAMASHITA, S.; SEKINE, K.; SHODA M.; YAMASHITA, K.; HARA, Y. On relationships between heat-island and sky view factor in the cities of Tama River Basin, Japan. *Atmospheric Environment*, Elsevier, N Y, v. 20, p.681-686, 1986.
- ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis*. 4 ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 663p.