

## TENDÊNCIAS E VARIAÇÕES NA TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO EM MONTES CLAROS E SETE LAGOAS – MG

Lilian Aline Machado  
Universidade Federal de Minas Gerais  
lilian.aline.machado@hotmail.com

Ana Maria Raposo do Carmo  
Universidade Federal de Minas Gerais  
anamrcarmo@hotmail.com

Carlos Henrique Jardim  
Universidade Federal de Minas Gerais  
cjardim@yahoo.com

### O CLIMA DAS CIDADES

**Resumo:** A ocupação urbana produz alterações nas condições naturais e conduz à formação de um novo sistema, fortemente influenciado pelas atividades antrópicas. O “clima urbano” enquanto produto dessas alterações caracteriza-se por modificações nos componentes do balanço de radiação (“ilhas de calor”, desconforto térmico etc.) e do balanço hídrico (pontos de alagamento, supressão das fontes de vapor etc.). Nesse sentido, este artigo propõe-se identificar e avaliar possíveis relações entre o crescimento de cidades de Minas Gerais (Montes Claros e Sete Lagoas) e as variações na temperatura do ar (máxima e mínima) e precipitação. Dada a inconsistência de dados e a limitação de estações meteorológicas pelo território mineiro, as cidades de Sete Lagoas e Montes Claros foram selecionadas considerando a sobreposição temporal de dados meteorológicos e demográficos no período de 1960 a 2010, valendo-se de tratamento estatístico para verificar possíveis tendências. Imagens de satélite ajudaram na análise da expansão urbana no período de estudo. Como resultado verificou-se que existe em ambas as cidades tendência de aumento da temperatura máxima e, principalmente, mínima, enquanto que os índices de precipitação não mostraram tendência de aumento ou diminuição no mesmo período.

**Palavras-chave:** temperatura do ar, precipitação, cidades médias.

**Abstract:** The urban settlement produces changes in natural conditions and leads to the formation of a new system, strongly influenced by anthropogenic activities. The "urban climate" as a product of these changes is characterized by changes in the components of net radiation ("heat islands," thermal discomfort etc.) and water balance (points of flooding, removal of sources of steam etc.). Accordingly, this article proposes to identify and evaluate possible relationships between the growth of cities in Minas Gerais-Brazil (Montes Claros and Sete Lagoas) and changes in air temperature (maximum and minimum) and precipitation. Given the inconsistency of data and the limitations of weather stations across the territory mining towns of Sete Lagoas and Montes Claros were selected considering the temporal overlap of meteorological and demographic data for the period 1960 to 2010, using statistical analysis to check for possible trends. Satellite images helped in the analysis of urban expansion during the study period. As a result it was found that exists in both cities tendency to increase the maximum temperature and, especially, minimal, while the rate of precipitation showed no tendency of increase or decrease over the same period.

**Keywords:** air temperature, precipitation, medium-sized cities.

## Introdução

As transformações econômicas e tecnológicas, sobretudo aquelas ligadas à substituição das atividades agrícolas de subsistência pelas atividades produtoras de exportação, juntamente à industrialização do sudeste, refletiram-se no êxodo rural vivenciado pelo Brasil a partir da década de 50. Este fenômeno alavancou um processo de transição da população, predominantemente rural, até então, para urbana, originando complexos centros urbanos que hoje existem no país. De maneira geral, as cidades brasileiras que abarcam atividades econômicas dinâmicas e atrativas, apresentam padrão de crescimento urbano fortemente vinculado aos componentes de insustentabilidade. Estes estão relacionados à rápida expansão da área urbana, ausência de planejamento adequado e na baixa qualidade de vida nas cidades, reflexos da ocupação desordenada (GROSTEIN, 2001).

Andrade e Serra (1998) apontam em um estudo relacionado ao desempenho das cidades médias no crescimento populacional urbano brasileiro, um acentuado crescimento da população e, conseqüentemente, de sua extensão urbana. Este crescimento, segundo os mesmos autores, está intimamente relacionado com o processo de desconcentração locacional das indústrias, as transformações visíveis no movimento migratório nacional, o fenômeno da periferização das metrópoles, as políticas governamentais voltadas à atração de investimentos para áreas defasadas e à expansão da fronteira agrícola e extração de recursos minerais que movem a economia dos centros urbanos próximos. Assim sendo, o dinamismo econômico gerado, refletido na elevação da oferta de empregos, tem atraído para as cidades médias um contingente populacional significativo e, por vezes, de origem metropolitana. No entanto, suscita-se o debate em torno das conseqüências ambientais advindas do crescimento urbano, por vezes calcado em bases frágeis de planejamento. Diante de tal problemática, a compreensão das relações entre os espaços construídos e naturais podem oferecer instrumentos para o planejamento e minimização de possíveis impactos (DUARTE e SERRA, 2003).

Diferentes densidades construídas nas cidades, bem como o adensamento populacional e a impermeabilização do solo influenciam a resposta dos microclimas e, pelo seu efeito cumulativo, determinam a modificação do mesoclima pela urbanização (DUARTE e SERRA, 2003). Monteiro (1990) identifica tal modificação como o “Sistema Clima Urbano” (SCU), o qual seria, conceitualmente, [...] “um sistema complexo, aberto, adaptativo que, ao receber energia do ambiente maior no qual se insere a transforma substancialmente a ponto de gerar uma produção exportada ao ambiente”. Assim, o clima da cidade é produto da transformação da energia por meio da interação entre a baixa atmosfera e o ambiente urbano construído.

No cerne do balanço de energia das aglomerações urbanas, destaca-se a geometria urbana e o calor antropogênico, oriundo da energia despreendida de diversos processos urbanos e industriais, como determinantes para a adição ou absorção de calor que alteram as condições climáticas locais, gerando camadas atmosféricas distintas sobre o sítio urbano (ALVES e ESPECIAN, 2010; OKE, 1999). OKE (1978) distingue e define tais camadas como: “atmosfera urbana inferior” ou “urban canopy layer”, onde o clima é fortemente influenciado pelas construções e as modificações supracitadas, em que ocorrem as trocas com liberação de calor sensível entre as superfícies e o ar; na camada superior, a denominada “urban boundary layer”, na qual predomina fenômenos de maior escala temporal e espacial e também dependem do tipo de utilização da superfície urbana, podendo estender para além dos limites urbanos formando as “urban plume”.

A partir dessa conceituação é possível situar a análise do clima urbano em níveis escalares considerados inferiores, sem desconsiderar os controles climáticos em escalas superiores. A análise local se justifica na medida em que a cidade é identificada [...] “como o lugar cujo comportamento da atmosfera sobre ele, configura a condição local da observação meteorológica e definição climática” (MONTEIRO, 1990), bem como a análise microclimática que permite investigar e explicar padrões climáticos influenciados por aparatos de escala espacial reduzida, como a interferência de um edifício nas condições climáticas da área em seu entorno. A influência direta dos elementos microclimáticos se restringe à “urban canopy layer” (ANDRADE, 2005). É relevante, ainda, ressaltar o estudo dos topoclimas, sendo eles as unidades climáticas escalares acima dos microclimas. A morfologia do terreno oferece, aos elementos climáticos, obstáculos e condições particulares de exposição aos raios solares, o que gera influências na distribuição e absorção do calor, umidade do ar e na direção e velocidade dos ventos.

## **Justificativa**

Esta pesquisa justifica-se considerando as transformações pelas quais passaram as cidades em análise no período elencado, em relação à expansão e diversificação das estruturas e funções urbanas e possíveis conseqüências desse processo na dinâmica atmosférica local, cujas modificações incluem

alterações no balanço de energia (ilhas de calor, desconforto térmico, etc.) e redução da capacidade de absorver o impacto pluvial.

## **Objetivos**

Pretende-se identificar e avaliar a relação entre o crescimento de cidades médias de Minas Gerais (Montes Claros e Sete Lagoas) com possíveis variações na temperatura do ar (máxima e mínima) e precipitação, no período de 1961 a 2010.

## **Procedimentos Metodológicos**

Em um primeiro momento foi necessário identificar os municípios de Minas Gerais em que se localizam as Estações Meteorológicas de Superfície Convencional, mantidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia, INMET (BRASIL – INMET, s/ data), com série histórica de dados consolidada.

Com essas informações partiu-se para a análise do crescimento populacional desses municípios no período de 1960 a 2010, fundamentada em dados demográficos<sup>1</sup> do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE dos censos de 1960, 70, 80, 91, 2000 e 2010, além das contagens realizadas nos anos de 1996 e 2007 (BRASIL - IBGE, s/ data). A identificação das cidades médias se deu com base no critério definido pelo IBGE que as classifica como aquelas que possuem população entre 100.000 e 500.000 habitantes.

A abundância de dados inconsistentes, associados à pequena quantidade de estações meteorológicas com dados históricos (mais de 30 anos), foi um limitante à escolha dos municípios que se restringiu a apenas dois: Montes Claros e Sete Lagoas.

Com os municípios escolhidos fez-se a tabulação de todos os dados meteorológicos entre 01/01/1961 e 31/12/2010. A fim de balizar a análise, garantindo mais consistência e apartando interrupções diárias, mensais e anuais nos registros dos dados meteorológicos avaliados, descartaram-se anos em que as medições diárias para, pelo menos um mês, correspondiam a menos de 75% do previsto. Há que se destacar que atenção especial foi dada à localização das estações meteorológicas, avaliando se estas eram representativas à área mais adensada das referidas cidades e se haviam sido realocadas em algum momento do período analisado, o que não foi verificado no caso das estações aqui consideradas.

Do computo dos dados meteorológicos, as temperaturas máximas e mínimas de cada ano foram organizadas a partir dos máximos e mínimos mensais, em médias simples anuais, enquanto que

---

<sup>1</sup> A utilização de dados demográficos se justifica na medida em que são representativos da expansão e aglomeração na cidade.

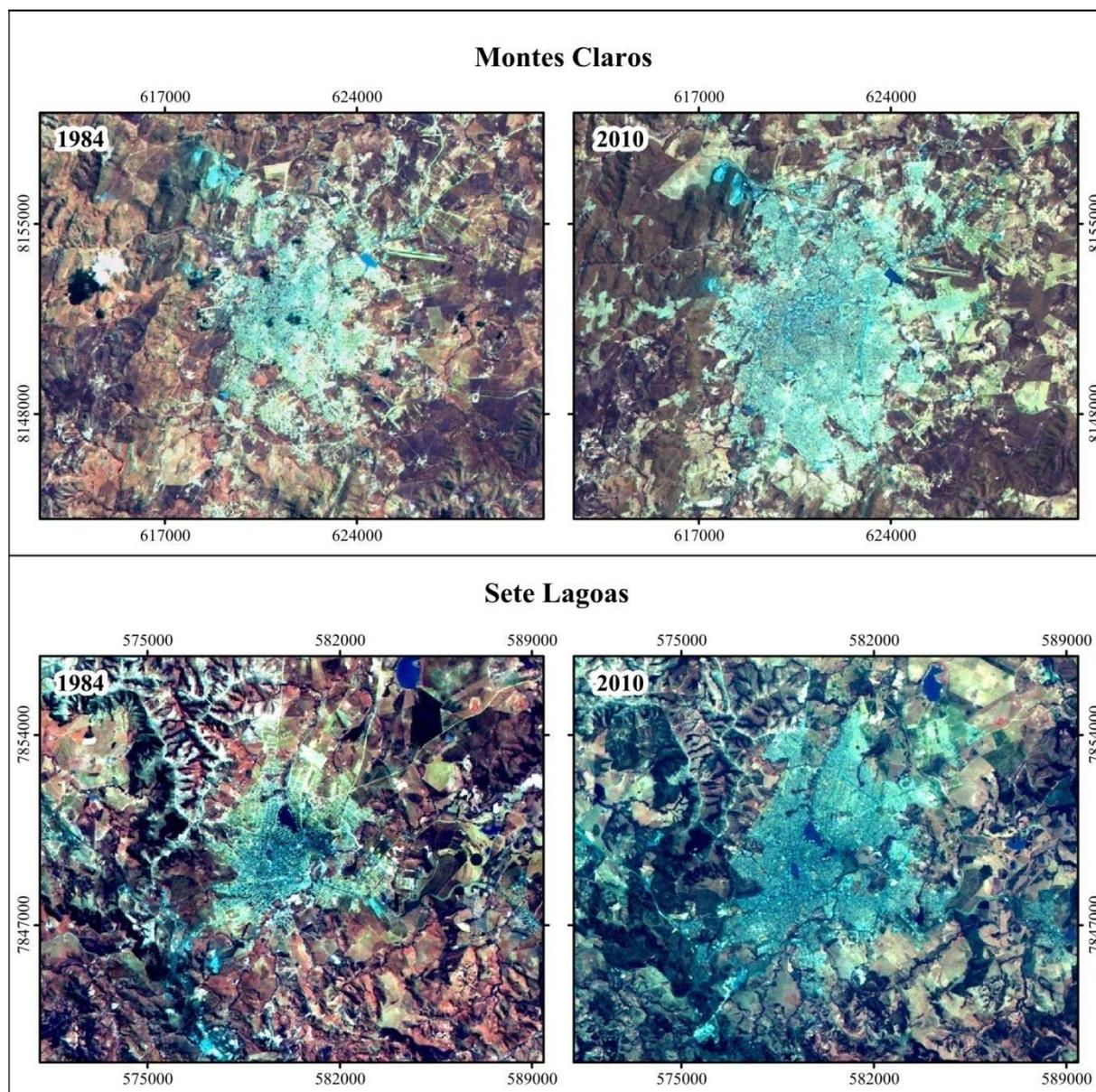
a análise da precipitação foi baseada no acumulado anual. Realizou-se, então, análise estatística de regressão linear simples para verificar a tendência de cada variável em relação ao tempo transcorrido.

Imagens de satélite do período analisado auxiliaram a análise da expansão urbana de Sete Lagoas e Montes Claros. Para tal foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 sensor TM (30 metros de resolução espacial) disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

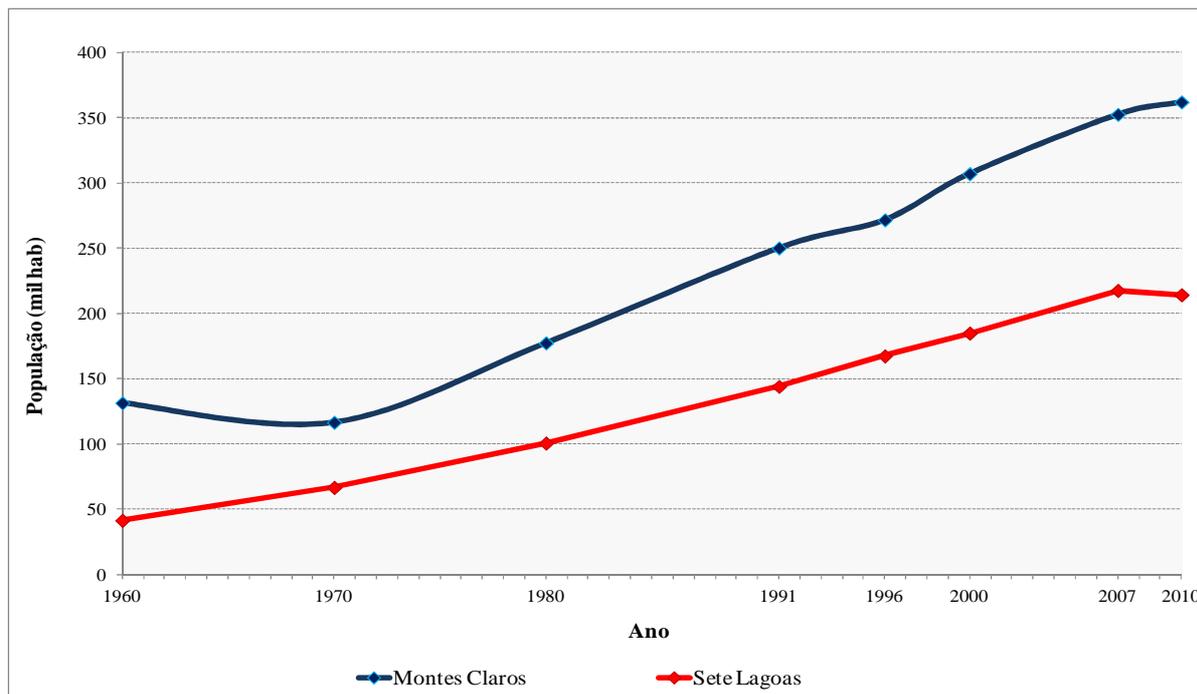
## **Resultados**

Montes Claros, já era, pelos critérios do IBGE, uma cidade média desde 1960, apresentando um contingente populacional que, com exceção ao período 1960/1970, só fez crescer a taxas elevadas. A expansão urbana nas últimas três décadas (Fig. 1 e 2) é reflexo do crescimento demográfico de uma população que é 95,17% urbana (BRASIL - IBGE, 2010), contado, atualmente, com 361.971 habitantes.

Por sua vez, Sete Lagoas, que hoje possui população urbana de quase 98% do total, cresceu à taxa média geométrica muito elevada entre os anos 1960 e 2010, tendo como reflexo a rápida expansão de sua mancha urbana que se mostrou também muito concentrada (Fig. 1 e 2). Tornando-se uma cidade média entre 1970 e 80, o município apresentou em 2010, população total residente da ordem de 214.512 habitantes.



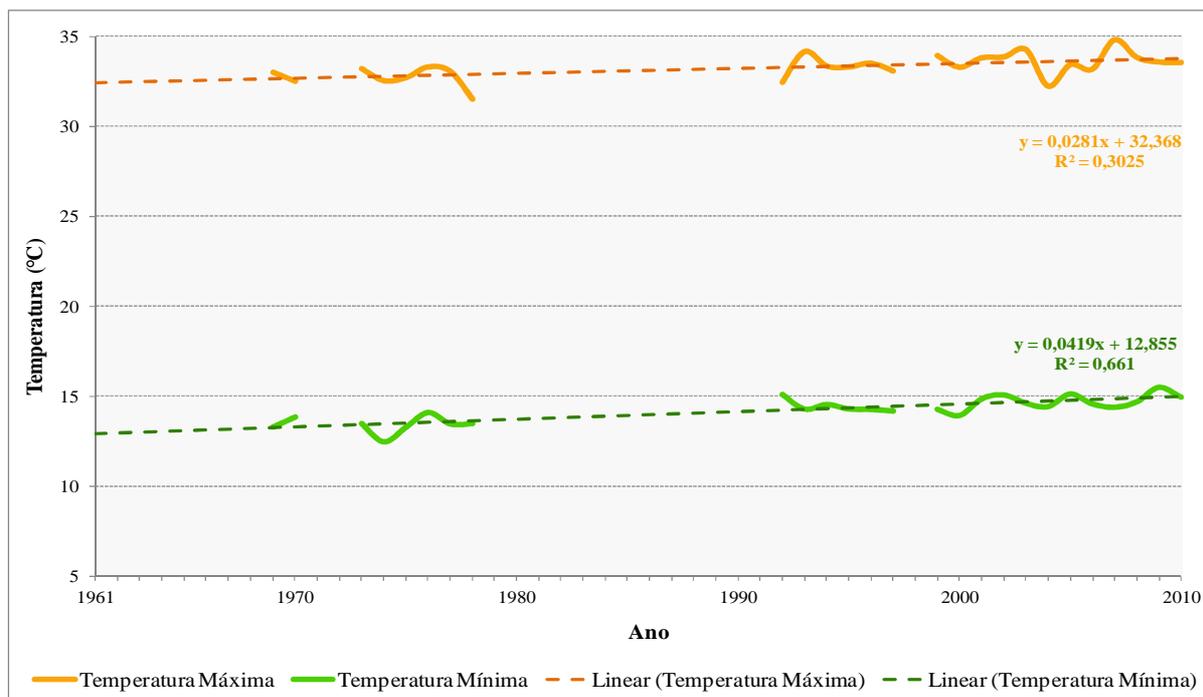
**Figura 1** – Imagens de satélite de 1984, 1994 e 2010 nas cidades de Montes Claros e Sete Lagoas. A mancha urbana é destacada em ciano. Sem correções radiométrica e geométrica - Composição Falsa Cor R5G3B2 com ajustes de brilho e contraste. As imagens foram produzidas a partir de um ponto central com escala, estabelecendo escala de 1:250.000 para validar a comparação.



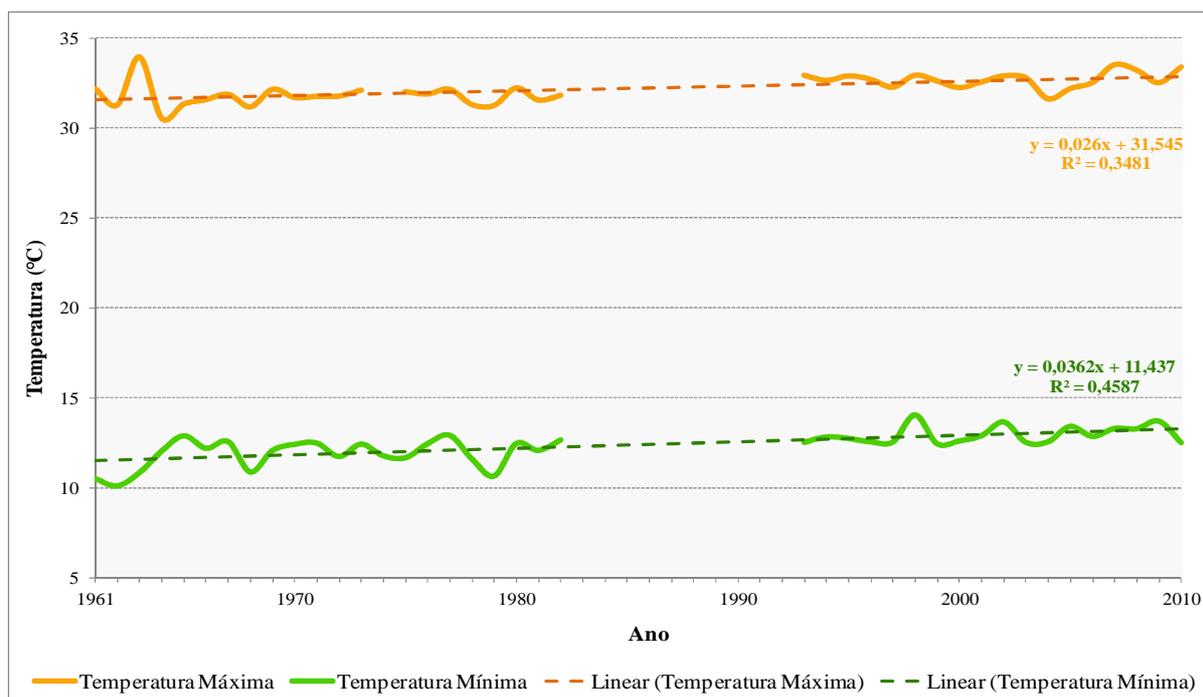
**Figura 2** – Gráfico do crescimento demográfico em Montes Claros e Sete Lagoas no período de 1960 a 2010.

É sabido que as alterações no uso e ocupação do solo são capazes de interferir no equilíbrio natural de um sistema inicial. Essas alterações se refletem na climatologia em nível local e podem, como referendado na introdução, condicionar a existência de um novo sistema para o clima, com características essencialmente urbanas. Tais características serão verificadas, portanto, apenas em áreas em que o grande adensamento populacional, a elevada impermeabilização do solo e a supressão de áreas naturais em detrimento da ampliação de áreas construídas horizontal e verticalmente seja de tal maneira intensa que podendo influenciar no comportamento dos elementos climáticos. Em face de tais considerações é razoável concluir que o tamanho da área urbana construída de uma cidade indicará o quão pronunciado pode ser essa influência no clima local.

Entretanto, na análise do clima, há que se distinguir entre variações de larga escala (global e zonal) daquelas em mesoescala (regional e local) e microescala (topoclimática e microclimática), perceptíveis nos gráficos representativos das localidades em foco (figs. 3 e 4) pelas características da linha de tendência. Em Montes Claros e Sete Lagoas se verifica clara tendência de elevação da temperatura (figs. 3 e 4) indicando relação com variações gerais que afetariam todas as localidades independentemente da localização e dimensão da área urbana.



**Figura 3** – Gráfico de temperaturas máximas e mínimas em Montes Claros no período de 1961 a 2010.



**Figura 4** – Gráfico de temperaturas máximas e mínimas em Sete Lagoas no período de 1961 a 2010.

As variações de temperatura em microescala são observadas, neste caso, pela diferença nas variações da linha de tendência. Em Montes Claros a linha de tendência associada aos valores de temperatura mínima é mais pronunciada (inclinação da reta temp. mín.= 0,0419 e inclinação da reta temp. máx.= 0,0281) do que em relação à linha de tendência representativa dos valores de temperatura

máxima, fato verificado na fórmula de regressão linear simples que indicam a inclinação da reta maior para temperatura mínima em relação à máxima para ambas as cidades (figs. 3 e 4).

Isso se deve ao fato das temperaturas mínimas serem mais sensíveis à influência dos fatores antrópicos:

[...] “A temperatura mínima é extremamente sensível às interferências antrópicas na mudança de uso e ocupação do solo, induzidas pela urbanização e industrialização. Modificações no balanço de energia e na temperatura da camada limite são observadas em curto prazo e tendem a continuar enquanto houver alterações na cobertura superficial. Em Belo Horizonte tal processo deve-se aos reflexos provocados pela rápida expansão da mancha urbana e diminuição progressiva das áreas verdes a partir da segunda metade do século XX [...] Estes resultados apontaram para uma tendência geral de aquecimento da atmosfera belorizontina e um aumento particularmente marcante nas temperaturas médias de inverno, comprometendo aquelas características de amenidade climática verificada no início do século” [...] (ASSIS, 2010, p.120).

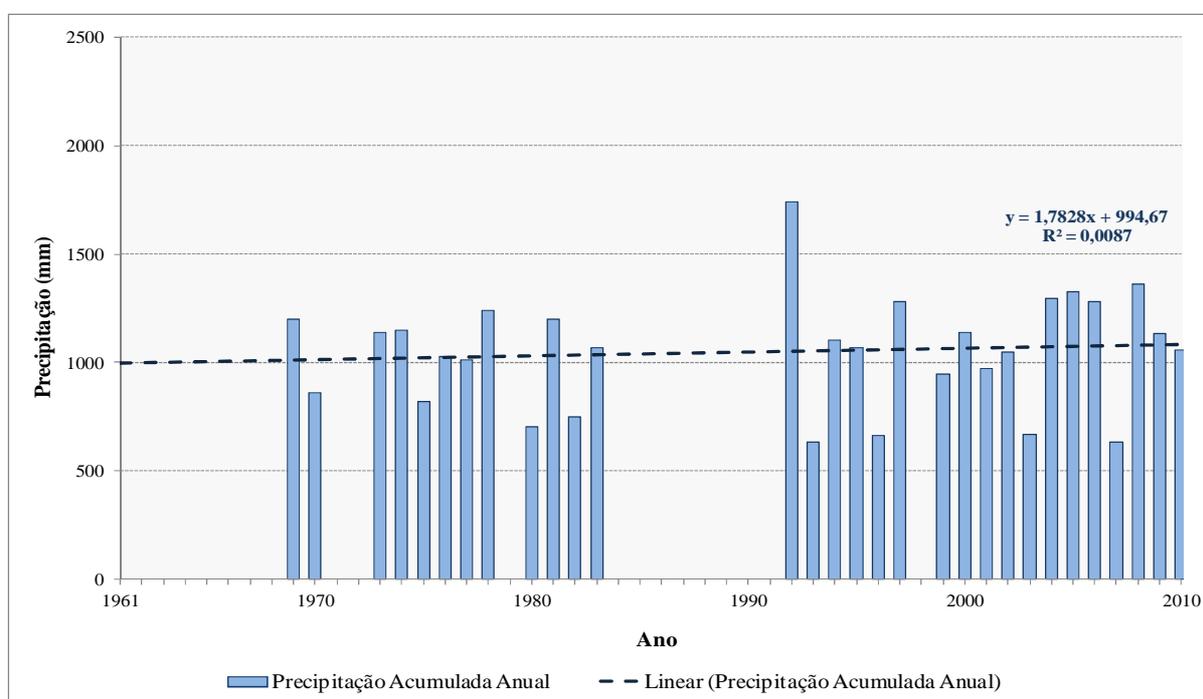
Ao que tudo indica, a tendência geral positiva de variação das temperaturas, apontada pela linha de tendência, guarda relação com as fases de aquecimento e resfriamento do oceano Pacífico (Oscilação Decadal do Pacífico - ODP), representada pela fase fria nos primeiros anos da década de 1970 e atingindo o auge da fase quente no final da década de 1990. A fase quente antecessora ocorreu na década de 1940. Nas fases quentes o excedente de calor é transferido à atmosfera favorecendo a convectividade do ar e, conseqüentemente, a formação de nuvens profundas e precipitantes do tipo cumulonimbus. Molion (2006) e Vianello *et al.* (2008) confirmam a relação entre as variações da chuva e temperatura e as fases de aquecimento e resfriamento associadas à ODP. Por outro lado, as variações menores, embutidas na tendência geral (figs. 3 e 4), guardam relações com as características de uso e ocupação do solo.

Em suma, tanto Sete Lagoas quanto Montes Claros apresentaram tendência ao aumento das temperaturas máximas e mínimas e relativa estabilidade nos totais de precipitação, concomitantemente à rápida expansão da malha urbana dos municípios. Assim sendo, o incremento térmico é verificado em razão não só da maior retenção de calor na atmosfera local, como também em razão do calor produzido pelas atividades humanas, como coloca Molion (2008, p.12):

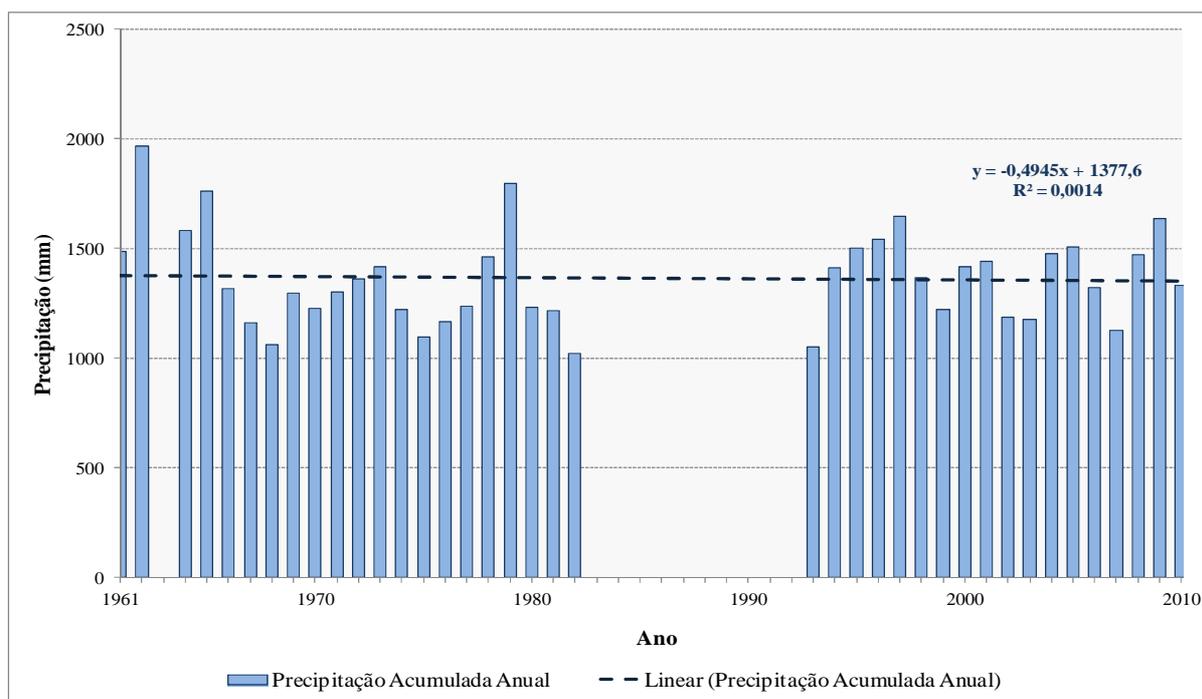
[...] “Com a mudança da cobertura superficial, de campos com vegetação para asfalto e concreto, a evapotranspiração é reduzida e sobra mais calor

para aquecer o ar próximo da superfície, aumentando sua temperatura. Adicione-se, ainda, o calor liberado pelos veículos e pelos edifícios aquecidos, particularmente em regiões fora dos trópicos no inverno. Esse é o chamado efeito de ilha de calor, que faz as temperaturas do ar serem, em média, 3°C a 5°C maiores nos grandes centros urbanos quando comparadas às de suas redondezas.”

Essas variações mostraram-se menos evidentes no caso da chuva. A linha de tendência assinalada para as duas cidades não exibiu tendência apreciável, além de expressar baixo coeficiente de correlação, como pode ser observado nas figuras 5 e 6.



**Figura 5** – Gráfico de precipitação em Montes Claros no período de 1961 a 2010.



**Figura 6** – Gráfico de precipitação em Sete Lagoas no período de 1961 a 2010.

Isso se deve, possivelmente, às características de controle desse atributo atmosférico, ligado, principalmente, a fatores de mesoescala como os sistemas atmosféricos.

### Considerações finais

É notável o comportamento distinto das temperaturas máxima e mínima quanto ao seu incremento tendo, as temperaturas mínimas, registrado um acréscimo mais pronunciado em relação às máximas, o que pode indicar influência da mudança do padrão de uso do solo. Há que se notar, ainda, que os dados de precipitação não indicaram variações significativas que pudessem ser associadas ao adensamento urbano.

Embora haja uma tendência clara de aumento das temperaturas tanto para Montes Claros, quanto para Sete Lagoas, é importante ressaltar que esta pode sofrer influência não somente do crescimento e adensamento urbano, mas também de uma gama de fatores à escala sinótica, como a ODP, já citada, e o ENOS (El Niño - Oscilação Sul).

Ademais, os dados aqui apresentados não são conclusivos, sendo necessário ainda um esforço no sentido de mensurar com maior rigor essa relação, sobretudo em cidades pequenas e médias, e também propor soluções às alterações climáticas vivenciadas na cidade, como forma de regular, por meios antropogênicos, o clima local e unidades menores, escalas nas quais as interferências humanas se fazem sentir.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, T. A., SERRA, R. V. **O recente desempenho das cidades médias no crescimento populacional urbano brasileiro**. In: Crescimento econômico e desenvolvimento urbano. IPEA. Rio de Janeiro, 1998.

ALVES, Elis D. L.; SPECIAN Valdir. **Estudo do Comportamento Termohigrométrico em Ambiente Urbano: Estudo de Caso em Iporá-GO**. Revista Brasileira de Geografia Física, n. 02, p. 87-95, 2010.

ANDRADE, H. **O Clima Urbano - Natureza, Escalas de Análise e Aplicabilidade**. Finisterra, XL, 80, 2005, p. 67 – 91.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espacial**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2010.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Banco de Dados Agregados, Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Censos Demográficos e Contagem da população 1970, 1980, 1991, 1996, 2000, 2007 e 2010**. s/ data. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010CGP.asp>>.

\_\_\_\_\_, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Biblioteca IBGE – **Censo Demográfico de 1960**. IBGE, Rio de Janeiro: 1960. Disponível em: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/CD1960/CD\\_1960\\_MG.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/CD1960/CD_1960_MG.pdf)>.

\_\_\_\_\_, Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP**. s/ data. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>

DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de indicador**. In: Ambiente Construído. V.3, n.2, p7-20, abr. /jun. Porto Alegre, 2003.

GROSTEIN, M. D.. **Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos "insustentáveis"**. São Paulo Perspec. [online]. 2001, vol.15, n.1, p. 13-19.

MOLION, L. C. B. Considerações sobre o aquecimento global Antropogênico. **Informe Agropecuário** (Belo Horizonte), v. 29, p. 7-18, 2008.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, El Niños, manchas solares, vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Climanálise**, n.01, p.1-5, 2006.

MONTEIRO, C. A. F. **Por um instrumento teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil**. GEOSUL. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, n.9, 1990. (Edição especial sobre climatologia urbana).

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978.

OKE, T. R. The energy balance of central Mexico City during the dry season. **Atmospheric Environment**, Oxford, v.33, p.3919-3930, 1999.

VIANELLO, R. L; SEDIYAMA, G. C; FERNANDES, A. S; GEMIACKI, L. Variabilidades climáticas e seus impactos na agricultura de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.29, n.246, p.19-39, set/out/2008.