



Homogeneidade de séries climatológicas em Minas Gerais

**Roziane S. dos Santos¹, Gilberto C. Sedyama²,
Robson A. Oliveira³ & Gabriel M. Abrahão⁴**

RESUMO

Os dados climáticos são de extrema importância nas diversas atividades humanas, por fornecerem muitas informações relativas ao meio ambiente e aos impactos nele decorrentes. Portanto, há necessidade de informações meteorológicas estatisticamente homogêneas visto que uma série temporal não homogênea pode comprometer a análise e a interpretação desses dados. Assim, este trabalho teve como objetivo estudar metodologias para avaliar a homogeneidade de séries de dados de temperaturas máximas e mínimas no Estado de Minas Gerais. A análise de homogeneidade foi feita por meio de três testes de identificação de pontos de descontinuidade nas séries temporais: Teste de Homogeneidade Normal Padrão (SNHT), teste de Pettitt e teste Buishand. Os testes apresentaram resultados muito similares sendo que a maior parte das séries mensais de temperatura foi considerada homogênea. As heterogeneidades ocorreram na década de 1990, principalmente em torno de 1997.

Palavras-chave: série temporal, teste de Pettitt, teste Buishand

Homogeneity of climatological series in Minas Gerais

ABSTRACT

Climatic data are extremely important in many human activities; they provide much information about the environment and its impacts. So there is a need for weather data information, statistically homogeneous, because heterogeneity can compromise any time series analysis and interpretations of such data. Thus, this work aimed to study methodologies for assessing the homogeneity of data sets of maximum and minimum temperatures in the state of Minas Gerais, Brazil. The analysis of homogeneity was carried out by means of three tests for the identification of points of discontinuity in the series: Standard Normal Homogeneity Test (SNHT), Pettitt test and the Buishand test. The results of the tests were very similar, with most of the monthly series of temperature were considered homogeneous. Heterogeneities occurred in the 1990s, especially around 1997.

Key words: time series, Pettitt test, Buishand test

¹ DME/UNIR, Campus Ji-Paraná - Rua Rio Amazonas, 351, Jardim dos Migrantes, CEP 76900-726, Ji-Paraná, RO. Fone: (69) 3421-3595. E-mail: roziane.dsantos@gmail.com; roziane@unir.br

² DEA/UFV, Av. P.H. Rolfs, s/ nº, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899-1905. e-mail: g.sedyama@ufv.br

³ DEA/UNIR, Ji-Paraná, RO. E-mail: robson.oliveira@unir.br

⁴ DEA/UFV, Viçosa, MG. Fone: (31) 3899-2737. E-mail: eridor1@gmail.com

INTRODUÇÃO

Para garantir a confiabilidade de muitos estudos climáticos, especialmente dos que analisam a variabilidade do clima, são necessários dados confiáveis e homogêneos tendo em vista que os resultados das análises com dados não homogêneos, podem implicar em conclusões contraditórias e errôneas. A identificação de alterações nos registros meteorológicos é de grande importância para diversos estudos que utilizam as séries históricas.

As séries de elementos climáticos (como temperatura) são consideradas homogêneas se as variações ocorrem apenas em função das condições do tempo e do clima (Longobardi & Villani, 2010; Pandžia & Likso, 2010; Martínez et al., 2011). Entretanto, muitos fatores não climáticos afetam a variação da temperatura tornando os dados pouco representativos da variação do clima atual, reduzindo a qualidade e comprometendo a homogeneidade das séries climáticas (Peterson et al., 1998; Aguilar et al., 2003; Auer et al., 2005; Brunet et al., 2006).

A presença de não homogeneidades e/ou descontinuidades nas séries temporais climatológicas pode afetar a caracterização da variabilidade climática de uma região tornando-se necessário focar estudos em séries de dados climáticos consistentes e homogêneas. As não homogeneidades podem ser alterações causadas, por exemplo, pelo crescimento de vegetação ou pela urbanização na proximidade das estações ou, ainda, por mudança na localização ou descalibração nos instrumentos de medida e até mesmo por hábitos de observação (Aguilar et al., 2003; Caussinus & Mestre, 2004; Brunet et al., 2006; Costa & Soares, 2009; Beaulieu et al., 2010; Pandžia & Likso, 2010; Rienzner & Gandolfi, 2011).

Pesquisadores como Peterson et al. (1998); Aguilar et al. (2003); Caussinus & Mestre (2004); Auer et al. (2005) e Brunet et al. (2006) destacam que uma parte das mudanças observadas tem origem não climática. Tanto mudanças abruptas como a tendência gradual nos dados causam não homogeneidades nas séries climáticas.

Diferentes testes estatísticos são usados para detectar mudanças artificiais ou não homogeneidades nas propriedades estatísticas das variáveis climáticas. Esses testes podem ser classificados em dois grupos: testes de homogeneidade absolutos, que consideram somente a série a ser testada, e testes relativos, aqueles que carecem de uma série de referência, comprovadamente homogênea, para compará-los com a série a ser testada (chamada de série candidata). Pandžia & Likso (2010) destacam a impossibilidade dos testes absolutos fazer uma distinção entre a não homogeneidade e uma variação regional do clima. Uma revisão e comparação dos diferentes métodos de homogeneização de séries climáticas são apresentadas por Peterson et al. (1998); Aguiar et al. (2003); Ducré-Robitaille et al. (2003); De Gaetano (2006) e Reeves et al. (2007).

Nos últimos anos muitos estudos estão sendo focados na detecção de mudanças na temperatura do ar, os quais têm utilizado diferentes escalas temporais e espaciais e diversas abordagens analíticas para avaliar a qualidade e a homogeneidade dos dados, com destaque para consistência e coerência dos padrões temporais de aquecimento,

principalmente na segunda metade do século XX (Brunet et al., 2007).

Em diferentes locais as séries de temperatura do ar têm apresentado tendências. Blain (2010) verificou, utilizando testes estatísticos paramétricos e não paramétricos, elevações consideráveis nas séries anuais de temperatura mínima no Estado de São Paulo. Silva (2004) encontrou tendência de aumento nas temperaturas média, máxima e mínima do ar no Nordeste do Brasil. Minuzzi (2010) identificou tendência de aumento entre os anos 1988 a 1991 para temperatura mínima e tendência de decréscimo na temperatura máxima entre 1995 a 1998, em Santa Catarina. Minuzzi et al. (2010) verificaram descontinuidades na década de 1990 em séries de temperatura máxima e de temperatura mínima no Estado de Minas Gerais. Martínez et al. (2009) encontraram tendência de aumento nas temperaturas máximas e mínimas diárias, na Catalônia, Espanha.

Begert et al. (2005) ressaltam a importância da confiabilidade dos dados nas análises de variação da temperatura e da precipitação para a atual discussão sobre mudança climática. Somando a relevância desses elementos climáticos às atividades humanas, especialmente nas econômicas e sociais, torna-se evidente a necessidade de estudos de consistência e homogeneidade de séries temporais climáticas. Nos últimos 30 anos diferentes grupos de pesquisadores se têm esforçado em produzir um banco de dados homogêneo e com alta qualidade para a temperatura em diferentes escalas de tempo (Brunet et al., 2006). Sendo assim, este estudo objetiva aprofundar o conhecimento da dinâmica das séries climáticas de temperatura no Estado de Minas Gerais, detectando e classificando as séries quanto à homogeneidade. Pretende-se melhorar o conhecimento sobre mudanças no Estado da temperatura média em escala regional fornecendo uma base de dados, com informações mais consistentes de homogeneidade, relacionada às séries mensais de temperatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas séries mensais de temperaturas máximas e de temperaturas mínimas do ar de 24 estações meteorológicas convencionais de superfície, pertencentes à rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no Estado de Minas Gerais. Do total de estações estudadas 88% têm, no mínimo, 20 anos de dados recentes (1990-2010) observados e registrados. A Figura 1 apresenta a distribuição geográfica e as distâncias entre as estações estudadas.

Em todos os meses das séries de temperaturas máxima e mínima do ar das 24 estações, foram aplicados três testes de homogeneidade, que permitem identificar os pontos de descontinuidade nas séries temporais: são eles: Teste de Homogeneidade Normal Padrão (SNHT, Standard Normal Homogeneity Test) para um único ponto (Alexandersson & Moberg, 1997), teste de Pettitt (Pettitt, 1979) e o teste Buishand (Buishand, 1982). Tais testes foram selecionados com base nas diferentes sensibilidades que apresentam para localização do ponto de mudança e por serem amplamente utilizados para testar homogeneidade em séries climatológicas.



Figura 1. Distribuição geográfica e as distâncias entre as estações estudadas

Os testes estabelecem como hipótese nula que a variável é independente e identicamente distribuída e, sob a hipótese alternativa, assumem um desvio na média. O SNHT é mais sensível em detectar descontinuidades no início e no final da série enquanto os testes de Pettitt e Buishand são mais sensíveis às não homogeneidades localizadas no meio da série (Martínez et al., 2009).

Begert et al. (2005) destacam a importância do uso combinado de diferentes métodos estatísticos para se ter resultados mais confiáveis. Toreti et al. (2011) afirmam que a comparação de vários testes de detecção de pontos de mudanças é uma boa estratégia, principalmente quando não se tem disponível toda a informação histórica da estação, chamada metadado. O metadado de cada estação é importante para verificar a acurácia dos dados; ele fornece informações sobre mudança na localização, no ambiente, nos instrumentos, nas práticas de observações, manutenção e calibração dos instrumentos, etc. Os metadados completos são necessários para garantir que o usuário final não tenha qualquer dúvida sobre as condições em que os dados foram registrados, coletados e transmitidos, de forma a extrair as conclusões precisas a partir de sua análise (Sahin & Cigizolu, 2010).

Na sua forma mais simples a estatística do teste SNHT é o valor máximo da função $T(k)$ em que:

$$T(k) = k(\bar{z}_1)^2 + (n - k)(\bar{z}_2)^2 \tag{1}$$

em que:

z_1 e z_2 - médias aritméticas de Z_i de 1 a k e de $k+1$ até n anos da série padronizada, respectivamente

O valor de k , que correspondente ao valor máximo de $T(k)$, é o ano mais provável da mudança; se o valor de $T(k)$ está acima de certo nível crítico, rejeita-se a hipótese nula de homogeneidade ao correspondente nível de significância.

O teste de Pettitt é um teste não paramétrico cuja formulação matemática é baseada no número de ordem correspondente à

ordenação crescente dos valores ou elementos da série. A estatística do teste é definida para cada ponto da série e é obtida por:

$$U_k = 2 \sum_{i=1}^k O_i - k(n + 1) \tag{2}$$

em que:

O_i - ordem da i -ésima observação, quando os valores da série Y_1, \dots, Y_n são ordenados em ordem crescente

A estatística $K(t)$ do teste de Pettitt será, então:

$$K(t) = \max_{1 \leq k \leq n} |U_k| \tag{3}$$

O teste Buishand é definido por:

$$S_k = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \tag{4}$$

em que:

Y_i - série em teste
 \bar{Y} - média aritmética da série; $k= 1, 2, \dots, n$

A estatística Q do teste Buishand é dada por:

$$Q = \max_{1 \leq k \leq n} |S_k| \tag{5}$$

Se há uma ruptura ou quebra na série no ano k , então S_k terá um máximo (deslocamento negativo) ou um mínimo (deslocamento positivo) nas proximidades do ano $k = K$.

Para efeito de classificação das séries testadas quanto à homogeneidade, utilizou-se o critério proposto por Wijngaard et al. (2003), empregado também por Costa & Soares (2009), Morauro et al. (2010) e Sahin & Cigizoglu (2010). As séries foram agrupadas em três classes distintas, tendo-se por base o número de testes de homogeneidade que rejeitam a hipótese de nulidade para um nível de significância de 5%, resultando em três classes distintas:

Classe 1 (U): úteis (série homogênea) - quando nenhum teste rejeita a hipótese nula

Classe 2 (D): duvidosas, quando um ou dois testes rejeitam a hipótese nula

Classe 3 (NH): séries não homogêneas, quando todos os testes rejeitam a hipótese nula

Esta classificação confere credibilidade ao uso de séries de dados climáticos em estudos de variabilidade, tendência e extremos climáticos. Assim, considera-se que nas séries classificadas ‘úteis’ não foi detectado qualquer sinal evidente de não homogeneidade e/ou descontinuidade e então as séries podem ser usadas em estudos de tendência e de variabilidade climática. Logo, os estudos baseados na utilização de séries rotuladas como ‘duvidosas’ devem ser interpretados com cautela uma vez que os resultados de alguns dos testes indicam a presença de não homogeneidades. Contudo, Domonkos (2006)

avalia que ainda existem algumas dúvidas sobre a eficiência dos testes e não é possível selecionar um método com perfeita capacidade de detecção de não homogeneidade.

Procurou-se analisar a média mensal de temperatura máxima e mínima do ar, com exceção dos locais onde não havia dados disponíveis para estudo. A Tabela 1 apresenta a relação entre as estações e os meses com falhas nas séries de dados (que

Tabela 1. Relação entre as estações e os meses com falhas na temperatura máxima (Tmax) e temperatura mínima (Tmin)

Estações	Meses com dados insuficientes para análises	
	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Araçuaí	Jul	Jul
Arinos	Ago, Set, Out	Ago, Set, Out
Diamantina	Fev, Jul	Jul
Espinosa	Ago, Set, Out	Ago, Set, Out
Janaúba	Ago, Set, Out, Nov	Todos
Patos de Minas	Abr	Abr
Pedra Azul	Todos	Jan, Ago, Set, Out
São Lourenço	Jan	Jan
Unai	Ago, Set, Out	Set, Out

não apresentam dados suficientes para a análise) na temperatura máxima (Tmax) e temperatura mínima (Tmin).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto aos resultados dos testes de homogeneidade (Tabela 2A e 2B), 78% das séries mensais de temperatura máxima, foram consideradas homogêneas pelos três testes e classificadas úteis, 9% classificadas duvidosas e em 13% das séries foi detectada, por mais de dois testes, uma mudança significativa, classificada não-homogênea (Figura 2A). Para as séries mensais de temperatura mínima a classificação foi muito similar com 75, 8 e 17% classificadas úteis, duvidosas e não-homogêneas, respectivamente (Figura 2B).

Em todas as análises os três testes apresentaram concordância na detecção do ano de mudança (quebra) nas séries. Quando dois dos três testes detectaram o mesmo ano, este ano foi assumido como o ano de ruptura. Existem apenas algumas séries para as quais os três testes indicaram diferentes anos sendo que, em geral, as discrepâncias se apresentavam

Tabela 2. Classificação das séries mensais de temperatura máxima (A) e de temperatura mínima (B)

Estações	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
A. Temperatura máxima													
Aimorés	U	U	U	U	U	U	U	NH 1996*	U	U	U	U	U
Araçuaí	U	U	U	U	U	U	DF	D 1992*	U	U	U	U	DF
Araxá	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF
Arinos	U	U	U	U	U	U	U	DF	DF	DF	U	U	DF
Belo Horizonte	U	U	U	U	U	U	U	NH 92/93**	U	D 1999*	U	U	U
Capinópolis	NH 99/02**	D 97/99*	NH 1998**	NH 2002**	NH 99/00**	D 96/00*	NH 96/99*	NH 96/98**	D 1998*	D 00/02*	NH 1997**	NH 96/99**	NH 96/99**
Carbonita	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Diamantina	U	DF	U	U	U	U	DF	NH 92/93*	U	U	U	U	DF
Espinosa	U	U	U	U	U	U	U	DF	DF	DF	U	U	DF
Frutal	U	U	U	U	U	U	U	D 1993*	U	U	U	U	U
Janaúba	D 1992**	D 1992*	U	U	U	U	U	DF	DF	DF	DF	D 1992*	DF
Juiz de Fora	U	U	NH 2000*	NH 2000*	NH 1999**	NH 1999**	U	U	U	U	U	U	NH 99/00*
Montes Claros	D 1992*	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Paracatu	U	U	U	U	U	U	U	U	NH 1999*	U	U	U	NH 2003**
Patos de Minas	U	U	U	DF	U	U	U	U	U	U	U	U	D 1992**
Pedra Azul	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF	DF
Pirapora	U	U	U	U	U	U	U	D 1991*	U	U	U	U	U
Pompéu	U	U	U	U	D 1998*	NH 1998*	U	NH 93/01**	U	U	U	U	NH 92/94*
Salinas	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
São Lourenço	DF	U	U	D 2002*	NH 95/98**	U	U	U	U	U	D 1997*	NH 1997**	DF
Sete Lagoas	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Uberaba	D 1997*	NH 93/97*	NH 97/00**	NH 1997**	NH 99/01**	NH 1997**	NH 97/05**	NH 1993*	NH 93/02*	D 1993*	U	NH 1996*	NH 1997**
Unai	U	D 1993*	U	U	U	D 1997*	U	DF	DF	DF	U	U	DF
Viçosa	U	U	U	NH 1985**	U	U	D 1992*	NH 1994**	NH 1992**	D 76/92*	U	U	NH 1992**

Continua na próxima página

Continuação da Tabela 2

Estações	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
B. Temperatura mínima													
Aimorés	D 1993*	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Araçuaí	U	U	U	U	U	U	DF	U	U	D 1992*	U	U	DF
Araxá	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	D 1993*
Arinos	D 1997*	NH 1997*	D 2004*	U	U	U	U	DF	DF	DF	U	U	DF
Belo Horizonte	U	U	U	U	U	U	D 1989*	U	U	U	U	U	NH 96*/97**
Capinópolis	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Carbonita	U	D 2003*	U	NH 2003*	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Diamantina	D 1993*	U	U	U	U	U	DF	U	U	NH 91/03/04*	U	U	DF
Espinosa	U	U	U	U	U	U	D 2002*	DF	DF	DF	U	U	DF
Frutal	U	U	U	NH 2000*	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Juiz de Fora	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
Montes Claros	U	U	U	U	U	U	U	U	U	NH 2003*	NH 2002*	U	D 2000*
Paracatu	NH 2005*	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	NH 2003*	NH 2005*
Patos de Minas	U	U	U	DF	NH 1995*	U	U	U	U	U	U	U	DF
Pedra Azul	DF	NH 95/97**	NH 1994*	U	U	U	U	DF	DF	DF	NH 94/95**	NH 94/95**	DF
Pirapora	NH 93/94/ 01**	D 1997*	U	U	U	U	U	U	D 1995*	NH 2003*	U	D 1992*	NH 1997*
Pompéu	D 1994*	U	NH 1997*	U	U	NH 1997*	D 1998*	NH 1997*	NH 1996*	NH 1999*	NH 2000**	NH 92/96**	NH 1997**
Salinas	U	D 2003*	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
São Lourenço	DF	U	U	D 2002*	NH 95/98**	U	U	U	U	U	D 1997*	NH 1997**	DF
Sete Lagoas	U	U	U	U	U	U	U	U	U	D 2003*	U	U	D 1997*
Uberaba	NH 1996**	NH 1997**	NH 1997**	NH 2000**	U	D 1997*	D 1997*	U	NH 1996**	NH 96/97**	NH 1999**	NH 2001**	NH 1997*
Unai	U	U	U	U	U	U	U	U	DF	DF	U	U	DF
Viçosa	NH 79/84**	NH 1982**	NH 1980**	NH 82/86**	NH 73/78**	U	D 1989*	U	U	NH 81/03*	NH 1999**	NH 78/94/95*	NH 79/81**

U: Úteis; D: Duvidosas; NH: Não-Homogênea; * significantivo a 0,05 e ** significantivo a 0,01

em anos próximos. Martínez et al. (2009) também verificaram esta concordância entre os testes, estudando a média anual diária de temperaturas máximas e mínimas.

De maneira geral não existe uma relação clara entre as mudanças significativas encontradas para a temperatura máxima e para a temperatura mínima em determinada estação. Por outro lado, Uberaba se configura como uma exceção, ou seja, com o ano de 1997 sendo o principal ano de mudança na média para os meses de fevereiro, março, junho e julho; este último foi significativo tanto para temperatura máxima como para temperatura mínima (Figura 3).

Para a estação de Capinópolis, situada na mesma região geográfica de Uberaba, todos os meses apresentaram mudanças significativas entre o fim da década e 1990 e início de 2000 na temperatura máxima, com destaque para o ano de 1999, porém para a temperatura mínima todos os meses foram considerados homogêneos.

Observou-se, em estações vizinhas e altamente correlacionadas que, em geral, não existe boa concordância

entre os pontos significativos de mudança. Contudo, para a temperatura mínima o ano de 2000 foi significativo no mês de abril para Frutal e Uberaba e o ano de 2003, no mês de outubro, para Montes Claros e Pirapora; já para a temperatura máxima o ano 1992 foi significativo em janeiro para Janaúba e Montes Claros. Esses resultados similares em estações pertencentes à mesma região climática, podem indicar uma mudança regional no clima. Por outro lado, quando um ponto de descontinuidade é observado somente em uma estação e não detectado pelas outras estações próximas, é um indicativo de que esta não homogeneidade seja provocada por fatores não climáticos. No entanto, para averiguar essas hipóteses é indispensável o conhecimento de todo o histórico de cada estação, o metadado.

Pelo fato de que os conjuntos de dados analisados neste estudo não continham informações de metadados, fazer qualquer inferência definitiva se as não homogeneidades encontradas foram causadas por fatores não climáticos, torna-se tarefa difícil; não é aconselhável, também, identificar e justificar os anos em que ocorreram tais mudanças.

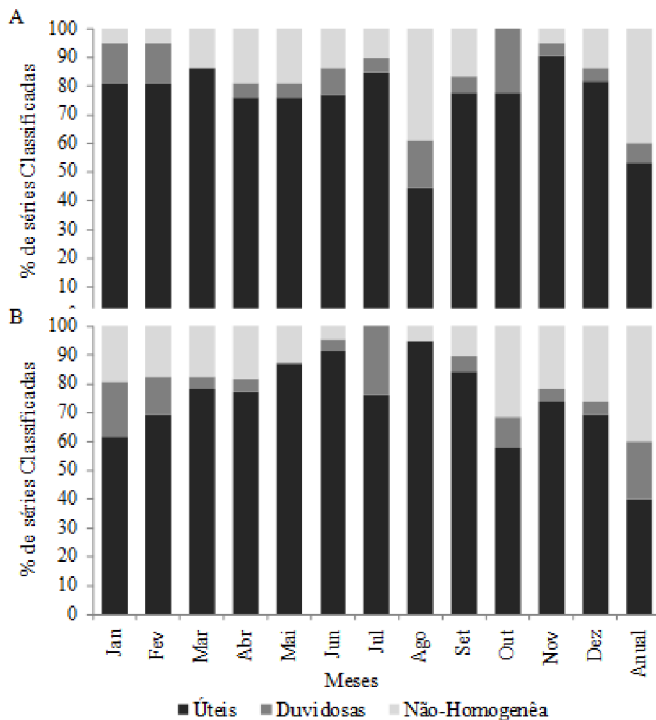


Figura 2. Porcentagem de classificação das séries mensais de temperatura máxima do ar (A) e de temperatura mínima do ar (B)

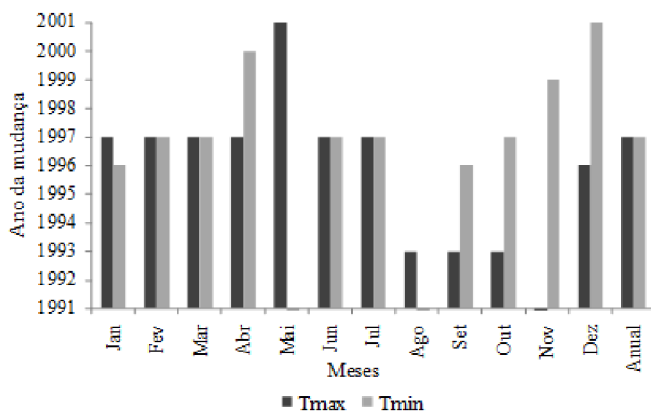


Figura 3. Mês e ano de mudança na estação de Uberaba

A maioria das mudanças significativas ocorreu entre os anos de 1992 a 1999, com destaque para o ano de 1997, com o maior número de mudanças detectadas tanto na temperatura máxima quanto na mínima (Figura 4). Apesar de não haver uma ferramenta estatística para poder avaliar as mudanças causadas por procedimentos de observação, instrumentação ou localização da estação devido à falta de metadados, é muito pouco provável que essas alterações ocorram ao mesmo tempo para a maioria das estações. As mudanças detectadas no ano de 1997 podem estar relacionadas ao fenômeno El Niño de 1997-98, que tem sido apontado como um dos mais significativos. Desta forma, esses testes estatísticos se configuram como uma importante ferramenta metodológica, pois apresentaram boa concordância com um fenômeno real mas sem os metadados não se pode afirmar com segurança.

Considerando os resultados dos testes em base mensal para a temperatura máxima, no mês de agosto, houve um número

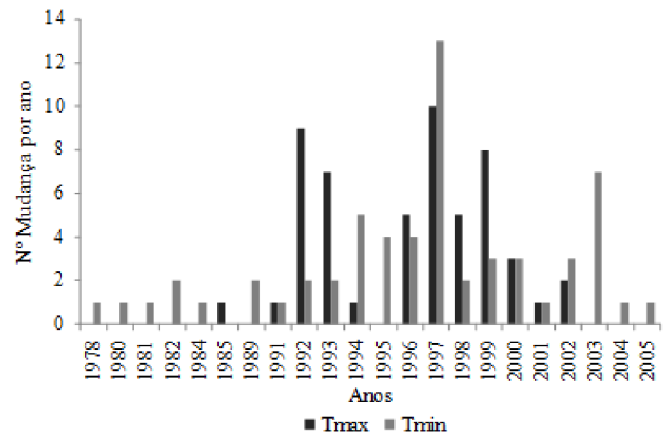


Figura 4. Distribuição do número de mudanças significativas por ano para temperatura máxima (Tmax) e temperatura mínima do ar (Tmin)

maior de estações com mudanças significativas, principalmente nos anos de 1992 e 1993. Para a temperatura mínima ocorreram, em vários meses, mudanças nas estações; no entanto, no mês de agosto apenas uma estação (Pompéu) apresentou não homogeneidade (Figura 5).

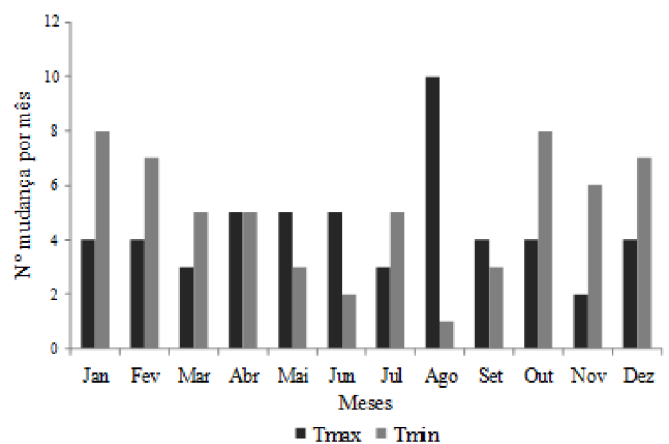


Figura 5. Distribuição do número de mudanças significativas por mês para temperatura máxima (Tmax) e temperatura mínima do ar (Tmin)

Todas as análises foram feitas com séries curtas, com aproximadamente 20 anos de dados mais recentes. Em consequência, previa-se que houvesse pouca não homogeneidade, pois se espera que em anos mais recentes a confiabilidade dos dados seja maior. Contudo, Costa & Soares (2009) verificaram que o uso de testes absolutos sem informações de metadados, torna difícil determinar se as mudanças ou a falta de mudanças em uma estação são resultado de não homogeneidades na série temporal ou simplesmente de mudanças abruptas no clima regional; apesar disto, Martínez et al. (2011) recomendam o teste SNHT absoluto, juntamente com os testes Buishand e Pettitt, quando se objetiva apenas avaliar a homogeneidade climática, como neste estudo.

De maneira geral, a falta de dados confiáveis e acessíveis tem sido o principal problema que continua a dificultar o conhecimento sobre as mudanças de longo prazo, em Minas

Gerais, sobremaneira no que se refere aos extremos do clima, o que dificulta o entendimento e a compreensão das mudanças observadas na média, com tendências ao longo dos anos; mesmo assim, estudos com este enfoque podem melhorar o conhecimento sobre os dados existentes com os quais são feitas análises climáticas.

CONCLUSÕES

1. Os testes apresentaram boa concordância entre si; a maioria das séries mensais de temperatura foi classificada útil; as mudanças estatisticamente significativas (quebra nas séries) ocorreram na década de 1990, principalmente em torno de 1997.

2. Para a temperatura máxima o mês de agosto apresentou o maior número de estações, em que os testes detectaram não-homogeneidade.

3. Quanto aos dados de Uberaba, cujas séries climatológicas são, geralmente, consideradas referências, verificou-se que, em sua maioria, as séries mensais são não-homogêneas, com os anos de 1996, 1997 e 1999, estatisticamente indicados pelos testes como anos de mudanças.

4. Não foi possível identificar as causas das não homogeneidades encontradas tendo em vista que as séries analisadas são relativamente muito curtas e sem a disponibilidade de metadados.

5. Não foi possível proceder à análise de testes de homogeneidade relativos devido à falta simultânea de dados em estações próximas e ao tamanho das séries contínuas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados meteorológicos.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, E.; Auer, I.; Brunet, M.; Peterson, T. C.; Wieringa, J. Guidelines on climate metadata and homogenization. World climate programme data and monitoring n.53. WMO-TD No. 1186, Geneva: WMO, 2003. 52p.
- Alexandersson, H.; Moberg, A. Homogenization of swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, v.17, p.25–34, 1997.
- Auer, I.; Böhm, R.; Jurkovic, A.; Orlik, A.; Potzmann, R.; Schöner, W.; Ungersböck, M.; Brunetti, M.; Nanni, T.; Maugeri, M.; Briffa, K.; Jones, P.; Efthymiadis, D.; Mestre, O.; Moisselin, J.-M.; Begert, M.; Brazdil, R.; Bochnicek, O.; Cegnar, T.; Gaji C- Capka, M.; Zaninovic, K.; Majstorovic, Z.; Szalai, S.; Szentimrey, T.; Mercalli, L. A new instrumental precipitation dataset for the greater alpine region for the period 1800–2002. *International Journal of Climatology*, v.25, p.139-166, 2005.
- Beaulieu, C.; Ouarda, T. B. M. J.; Seidou, O. A bayesian normal homogeneity test for the detection of artificial discontinuities in climatic series. *International Journal of Climatology*, v.30, p.2342-2357, 2010.
- Begert, M.; Schlegel, T.; Kirchhofer, W. Homogeneous temperature and precipitation series of Switzerland from 1864 to 2000. *International Journal of Climatology*, v.25, p.65–80, 2005.
- Blain, G. C. Séries anuais de temperatura máxima média do ar no estado de são paulo: variações e tendências climáticas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, p.114-124, 2010.
- Brunet, M.; Jones, P. D.; Sigró, J.; Saladié, O.; Aguilar, E.; Moberg, A.; Della-Marta, P. M.; Lister, D.; Walther, A.; López, D. Temporal and spatial temperature variability and change over Spain during 1850–2005. *Journal Of Geophysical Research*, v.112, p.1-28, 2007.
- Brunet, M.; Saladié, O.; Jones, P.; Sigró, J.; Aguilar, E.; Moberg, A.; Lister, D.; Walther, A.; Lopez, D.; Almarza, C. The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS) (1850–2003). *International Journal of Climatology*, v.26, p.1777-1802, 2006.
- Buishand, T. A. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal Hydrology*, v.58, p.11-27, 1982.
- Caussinus, H.; Mestre, O. Detection and correction of artificial shifts in climate series. *Applied Statistics*, v.53, p.405-425, 2004.
- Costa, A. C.; Soares, A. Trends in extreme precipitation indices derived from a daily rainfall database for the South of Portugal. *International Journal of Climatology*, v. 29, p.1956–1975, 2009.
- De Gaetano, A. Attributes of several methods for detecting discontinuities in mean temperature series. *Journal of Climate*, v.19, p.838-853, 2006.
- Domonkos, P. Testing of homogenisation methods: purposes, tools and problems of implementation. In: Szalai, S. (ed.) Proceedings of the fifth seminar for homogenization and quality control in climatological databases. Budapest: Hungarian Meteorological Service, 2006, p.126-145.
- Ducré-Robitaille, J-F.; Vincent, L.; Boulet, G. Comparison of techniques for detection of discontinuities in temperature series. *International Journal of Climatology*, v.23, p.1087-1101, 2003.
- Longobardi, A.; Villani, P. Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. *International Journal of Climatology*, v.30, p.1538-1546, 2010.
- Martínez, M. D.; Serra, C.; Burgueño, A.; Lana, X. Time trends of daily maximum and minimum temperatures in Catalonia (ne Spain) for the period 1975–2004. *International Journal of Climatology*, v.30, p.267-290, 2009.
- Martínez, M. D.; Serra, C.; Burgueño, A.; Lana, X. Short communication response to the comments on time trends of daily Maximum and minimum temperatures in Catalonia (NE Spain) for the period 1975–2004. *International Journal of Climatology*, v.3, p.153-157, 2011.
- Minuzzi, R. B. Tendências na variabilidade climática de Santa Catarina, Brasil, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.1288-1293, 2010.

- Minuzzi, R. B.; Vianello, R. L.; Sediya, G. C. Oscilações climáticas em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, p.227-236, 2010.
- Mourato, S.; Moreira, M.; Corte-Real, J. Interannual variability of precipitation distribution patterns in Southern Portugal. *International Journal of Climatology*, v.30, p.1784-1794, 2010.
- Pandžić, K.; Likso, T. Homogeneity of average annual air temperature time series for Croatia. *International Journal of Climatology*, v.30, p.1215-1225, 2010.
- Peterson, T. C.; Easterling, D. R.; Karl, T. R.; Groisman, P.; Nicholls, N.; Plummer, N.; Torok, S.; Auer, I.; Böhm, R.; Gullett, D.; Vincent, L.; Heino, R.; Tuomenvirta, H.; Mestre, O.; Szentimrey, T.; Salinger, J.; Førland, E. J.; Hanssen-Bauer, I.; Alexandersson, H.; Jones, P.; Parker, D. Homogeneity adjustments of in situ climate data: a review. *International Journal of Climatology*, v.18, p.1493-1517, 1998.
- Pettitt, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, v.28, p.126-135, 1979.
- Reeves, J.; Chen, J.; Wang, X. L.; Lund, R.; Lu, Q. A review and comparison of changepoint detection techniques for climate data. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v.46, p.900-915, 2007.
- Rienzner, M.; Gandolfi, C. A composite statistical method for the detection of multiple undocumented abrupt changes in the mean value within a time series. *International Journal of Climatology*, v.31, p.742-755, 2011.
- Sahin, S.; Cigizoglu, H. K. Homogeneity analysis of Turkish meteorological data set. *Hydrological Processes*, v.24, p.981-992, 2010.
- Silva, V. de P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. *Journal of Arid Environments*, v.58, p.575-596, 2004.
- Toreti, A.; Kuglitsch, F. G.; Xoplaki, E.; Della-Marta, P. M.; Aguilar, E.; Prohomf, M.; Luterbach, J. Short communication: A note on the use of the standard normal homogeneity test to detect inhomogeneities in climatic time series. *International Journal of Climatology*, v.31, p.630-632, 2011.
- Wijngaard, J. B.; Klein Tank, A. M. G.; Können, G. P. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology*, v.23, p.679-692, 2003.