

Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais

Evaluation of climatological variables in Uberlândia (MG) by principal component analysis

**Bruna Queiroz de Melo Prado¹, Heverton Rodrigues Fernandes¹, Tatiane Gomes Araújo¹,
Guilherme Alvarenga Laia¹, Nádia Giaretta Biase²**

RESUMO

A urbanização é capaz de alterar o clima do espaço ocupado pelas cidades, sendo o clima um dos aspectos que expressam a relação entre a sociedade e a organização econômica e social do espaço urbano, posto que eventos extremos que estejam ligados à temperatura ou às precipitações fora dos padrões normais repercutem na qualidade de vida da população. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento climático da cidade de Uberlândia (MG), por meio da análise mensal dos elementos atmosféricos temperatura, umidade relativa do ar, amplitude térmica e precipitação, no período compreendido entre os anos de 2008 a 2012, por meio da análise de componentes principais. Os resultados indicaram que uma componente conseguiu explicar 70,59% da variação total e se caracterizou por representar meses úmidos, chuvosos e com pouca variação de temperatura.

Palavras-chave: clima; precipitação; meses; técnica multivariada; Triângulo Mineiro.

ABSTRACT

Urbanization is able to change the mood of the space occupied by the city, and the climate one aspect that expresses the relationship between the company and the economic and social organization of urban space since, extreme events that are linked to temperature or the rainfall outside the normal range, impacting on people's quality of life. The objective of this work was to study the climatic behavior in Uberlândia, Minas Gerais, through the monthly analysis of atmospheric temperature elements, relative humidity, temperature range and precipitation in the period between the years 2008 and 2012, for through the Principal Component analysis. The results indicated that a component could explain 70.59% of the total variation and was characterized by representing humid, rainy months, and with little temperature variation.

Keywords: climate; rainfall; months; multivariate technique; Triângulo Mineiro.

INTRODUÇÃO

Os estudos das mudanças climáticas e suas consequências intensificaram nos últimos anos, afetando diretamente a vida das pessoas, as atividades econômicas e o próprio equilíbrio dos recursos da biodiversidade. Esse assunto vem ocupando um espaço cada vez maior nas preocupações das sociedades, tratando-se de um dos problemas mais relevantes atualmente (MCT, 2008).

O clima é um dos aspectos que expressam a relação entre a sociedade e a organização econômica e social do espaço urbano,

posto que eventos extremos que estejam ligados à temperatura ou às precipitações fora dos padrões normais refletem na qualidade de vida da população (MENDES, 2001).

A importância dos estudos climáticos está diretamente ligada com o planejamento e a estruturação do espaço urbano, principalmente quando se refere às precipitações, visto que estas podem ocasionar alagamentos que provocam diversos problemas à sociedade. De acordo com Lombardo (2011), as alterações climáticas nos centros urbanos provocam o aumento da assimetria das precipitações, potencializando inundações de caráter repentino, devido

¹Discente em Estatística da Faculdade de Matemática da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Uberlândia (MG), Brasil.

²Doutora em Estatística e Experimentação Agropecuária pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Lavras (MG), Brasil. Professora Adjunta da Faculdade de Matemática da UFU - Uberlândia (MG), Brasil.

Endereço para correspondência: Nádia Giaretta Biase - Faculdade de Matemática, Universidade Federal de Uberlândia - Avenida João Naves de Ávila, 2.121 - Campus Santa Mônica - Bloco 1F120 - 38408-100 - Uberlândia (MG), Brasil - E-mail: nadia@famat.ufu.br

Recebido: 11/03/15 - **Aceito:** 01/10/15 - **Reg. ABES:** 147040

às alterações induzidas nas condições da drenagem natural, quer pela diversidade de atividades e por uso e ocupação do solo, quer pela extensão dos prejuízos.

Segundo Walker e King (2008), as mudanças climáticas podem ocorrer em função do aumento da concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera; como consequência, o calor extra que eles capturam leva a um aquecimento global forçado, que exerce uma pressão sobre o sistema climático do planeta. Em virtude disso, a superfície terrestre encontra-se em um aquecimento cada vez mais acelerado, que pode alterar expressivamente os padrões climáticos e repercutir em secas prolongadas, escassez de água, tempestades, mudanças drásticas nas condições de produção de alimentos e extinção de diversas espécies de animais e vegetais. Ribeiro (2006) afirma que os núcleos urbanos são responsáveis pela emissão de cerca de 90% do monóxido de carbono e aproximadamente 80% do dióxido de enxofre, além de emitir vários outros tipos de efluentes em grande escala e degradar o meio ambiente.

Medeiros *et al.* (2005) dizem que estudos climatológicos são essenciais na área da agricultura, já que a temperatura do ar tem influência direta em muitos efeitos fisiológicos que ocorrem nas plantas e nos animais. Além disso, a avaliação climática de uma região pode contribuir de forma significativa para as áreas de turismo, transporte e lazer.

A cidade de Uberlândia encontra-se no Triângulo Mineiro, na latitude de 18° 55' 25" S e longitude de 48° 17' 19" W. Segundo a classificação de Köppen (1918), o clima da região é do tipo Aw, ou seja, apresenta um inverno seco e um verão chuvoso. O total médio de chuva no mês mais seco fica em torno de 60 mm, e no mês mais chuvoso, em torno de 250 mm, e o total anual médio, entre 1.500 e 1.600 mm (MENDES, 2001). Carrijo e Baccaro (2000) comentam que o clima dessa região é controlado pelas massas de ar continental (equatorial e tropical) e atlântica (polar e tropical), sendo os deslocamentos dessas massas de ar responsáveis pelas variações sazonais entre as estações úmidas e as secas observadas no município.

A área da cidade de Uberlândia é de 4.115,2 km². Sua morfologia apresenta extensas áreas com superfícies aplainadas, formadas por rochas sedimentares que fazem parte dos domínios dos chapadões, comumente limitados por vertentes erosivas de pouca declividade, resultantes dos processos de erosões pluviais e principalmente fluviais, que chegam a expor derrames basálticos no fundo dos vales de alguns córregos, como os dos Rios Araguari e Uberabinha, que cortam a cidade ao meio (DEL GROSSI, 1991).

Os rios e córregos correm sobre o basalto, apresentando várias cachoeiras e corredeiras, em que os solos são férteis, do tipo latossolo vermelho e vermelho-escuro. As declividades apresentam-se suaves, geralmente inferiores a 30%. Na porção norte, a paisagem apresenta um relevo fortemente ondulado, com altitude de 800 a 1.000 m e manchas de solos muito férteis, do tipo latossolo vermelho-escuro e podzólico. Em todas as suas porções verifica-se que a vegetação predominante do município de Uberlândia é o Cerrado (CARRIJO & BACCARO, 2000).

De acordo com Silva (2013), nas últimas décadas a cidade de Uberlândia passou por uma intensa fase de expansão que refletiu em mudanças econômicas, físicas e sociais. Nota-se, então, que a expansão demográfica dessa cidade esteve diretamente ligada aos fatores financeiros, que remetem a questão da importância do planejamento urbano com vistas a desenvolver estratégias para criar áreas estruturadas que permitam uma melhor qualidade de vida, pois a ocupação das áreas urbanas, quando não é acompanhada por equipamentos urbanos adequados, sobretudo os relacionados à captação de água pluviais que acumulam nos vales, origina alagamentos e/ou inundações.

Segundo as estimativas do último Censo Demográfico, realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Uberlândia teve um aumento significativo: de 120.000, na década de 1970, para 604.013 habitantes, em 2010. Desse total, 97,3% da população vive na área urbana, o que nos leva a perceber a transformação sofrida no ambiente, modificado pela construção de casas e edificações diversas, instalação de equipamentos para viabilizar o deslocamento da população e canalização de córregos para viabilizar o trânsito, o que acaba por modificar a paisagem.

Carrijo e Baccaro (2000) ressaltam que, atualmente, a cidade de Uberlândia tem um dos melhores padrões de qualidade de vida do Brasil. Em se tratando de urbanização e serviços básicos, os dados são estatisticamente satisfatórios, mas em termos de meio ambiente urbano, arborização, áreas verdes e educação ambiental a cidade deixa muito a desejar. Os córregos, em sua maioria, encontram-se desprovidos de mata ciliar, o que propicia intenso assoreamento dos canais, com a formação de extensos bancos de areia, a poluição dos rios, a falta de programas de reestruturação das galerias pluviais e limpeza dos bueiros, bem como o acúmulo de lixo lançado nas ruas, aumenta o poder erosivo das enxurradas. Esses são alguns dos problemas ambientais que a cidade de Uberlândia vivencia.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo estudar o comportamento climático da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise mensal dos elementos atmosféricos (temperatura, umidade relativa do ar, amplitude térmica, precipitação) e o seu respectivo comportamento, no período de 2008 a 2012, por meio da utilização da técnica multivariada de análise de componentes principais.

METODOLOGIA

Para a realização deste estudo foram analisadas as médias aritméticas dos dados mensais das temperaturas média do ar, máxima, mínima e úmida (temperatura do bulbo úmido), da umidade relativa do ar, da amplitude térmica e da precipitação da cidade de Uberlândia (MG), correspondentes aos anos de 2008 a 2012. Os dados foram fornecidos pelo Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (IGUFU). Os dados referentes à amplitude térmica

e às temperaturas média, úmida, máxima e mínima foram registrados em graus Celsius (°C). Em relação à variável umidade relativa do ar, os dados foram registrados em porcentagem (%) quanto à precipitação, as informações foram registradas em mm, em que um mm de chuva corresponde a 1 L por m² de água sobre a superfície.

A cidade de Uberlândia localiza-se no Triângulo Mineiro e conta com uma população estimada de aproximadamente 600.000 habitantes, constituindo-se em uma cidade polo para a região. Além do seu alto grau de desenvolvimento industrial, Uberlândia apresenta um desenvolvimento relevante no setor agrícola.

A estratificação das variáveis em estudo foi necessária para analisar as características climáticas em relação aos meses, a fim de se estudar o comportamento do clima dessa cidade. Segundo Cochran (1977), a estratificação tem como objetivo produzir estimativas mais precisas para a população e para as subpopulações. Ela consiste na divisão de uma população de N unidades em L subpopulações bem definidas de N₁, N₂, ..., N_L unidades, respectivamente. Essas subpopulações não se superpõem e, juntas, abrangem a totalidade da população de tal modo, que N₁+N₂+...+N_L=N. De cada subpopulação retira-se uma amostra, independente, e estimam-se os seus parâmetros, que são combinados para montar um estimador para toda a população (BOLFARINE & BUSSAB, 2011). Após essa estratificação, vários métodos estatísticos podem ser aplicados, dentre eles a análise de componentes principais.

A análise de componentes principais é um método multivariado que consiste em transformar um conjunto de p variáveis originais X₁, X₂, ..., X_p, pertencentes a n indivíduos ou populações, em um novo conjunto de variáveis Y₁, Y₂, ..., Y_p, de dimensão equivalente, chamados componentes principais. Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, construído de maneira a explicar o máximo da variabilidade total dessas variáveis originais e não correlacionadas entre si (STRAPASSON; VENCOVSKY; BATISTA, 2000).

Segundo Morrison (1976), o primeiro componente principal (Y₁) de um conjunto de p variáveis, X₁, X₂, ..., X_p, contidas no vetor X'=(X₁, X₂, ..., X_p) é definido como a combinação linear:

$$Y_1 = b_{11}X_1 + b_{21}X_2 + \dots + b_{p1}X_p = b'_1 X \quad (1)$$

cujos coeficientes b_{1i} são elementos do vetor característico b₁, associado à maior raiz característica (λ₁) da matriz de covariância amostral, S, das variáveis X_{is}. O segundo componente principal (Y₂) estará associado a segunda maior raiz característica (λ₂) e, assim sucessivamente, até que toda a variância tenha sido explicada. Os autovalores (ou raízes características) ordenados, ou seja, λ₁ ≥ λ₂ ≥ ... ≥ λ_p ≥ 0, são as variâncias amostrais dos componentes principais. O primeiro componente também é definido como o de maior importância, uma vez que retém a maior parte da variação total encontrada nos dados originais. A técnica envolve a matriz de covariância amostral S ou a matriz de correlação R, sendo que a maioria das aplicações

tem envolvido esta última, pois, frequentemente, as variáveis têm escalas diferentes (idade em anos, peso em kg, altura em m, entre outros), devendo ser padronizadas (MORRISON, 1976).

A técnica dos componentes principais tem a vantagem adicional de avaliar a importância de cada caractere estudado sobre a variação total disponível entre os acessos avaliados, possibilitando o descarte dos caracteres menos discriminantes, por já estarem correlacionados com outras variáveis ou pela sua invariância (DAHER *et al.*, 1997).

Uma das maneiras de verificar a adequação da análise de componentes principais é examinar a matriz de correlações por meio do teste de esfericidade de Bartlett, cujo requisito é que as variáveis apresentem normalidade multivariada. Esse teste é utilizado para testar a hipótese de que a matriz de correlações pode ser a matriz identidade com determinante igual a um. Se a hipótese nula (H₀: a matriz de correlações é uma matriz identidade) for rejeitada, significa que há indícios de que existem correlações significativas entre as variáveis originais (FAVERO *et al.*, 2009).

Geralmente, os fatores obtidos na fase de extração são de difícil interpretação. Para transformar os coeficientes dos componentes principais em uma estrutura simplificada e de fácil interpretação, pode-se aplicar o método de rotação de fatores ortogonais, que, segundo Favero *et al.* (2009), produzem fatores não correlacionados entre si, sendo interpretados a partir de suas cargas (*loadings*). Dentre esses métodos, o critério Varimax proposto por Kaiser (1958) tem como base reduzir o número de variáveis que têm altas cargas em um fator, cuja finalidade é maximizar a variação entre os pesos de cada componente principal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da estratificação dos dados foi possível analisar os meses de acordo com suas características climáticas. De acordo com a Figura 1, apesar de os meses de janeiro, fevereiro, março e abril apresentarem um maior índice de precipitação, observa-se que esse índice tende a decrescer principalmente

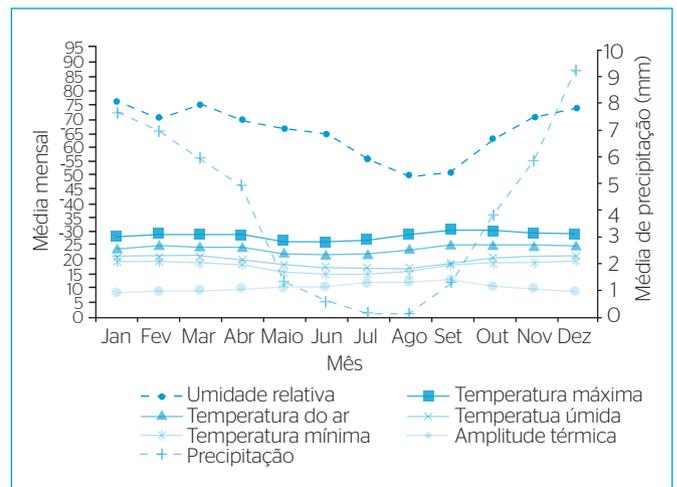


Figura 1 - Variáveis climáticas em relação aos meses dos anos de 2008 a 2012.

nos meses de maio, junho, julho e agosto; entretanto, nota-se um aumento dessa variável nos meses de setembro a dezembro. Observa-se também, já em relação à umidade relativa do ar, que os meses de agosto e setembro são os que apresentam menor índice de umidade, e janeiro, março e dezembro, os que apresentam maior índice dessa variável.

Na Tabela 1 são apresentados os valores mínimo e máximo, a média e o desvio padrão das variáveis em estudo no período avaliado. Observando os resultados obtidos, nota-se que a umidade relativa do ar e a precipitação apresentam os maiores desvios padrão, iguais a 9,103 e 3,213, respectivamente. Isso significa que essas variáveis são as de maior variabilidade em relação às suas respectivas médias, e esse fato já é uma indicação de que essas variáveis poderão ter uma maior influência nos componentes principais, quando comparadas com as demais.

O teste de Bartlett foi aplicado para se analisar as correlações entre as variáveis em estudo, em que os resultados obtidos confirmaram, com 5% de significância, que as variáveis possuem correlações significativas, isto é, ao menos uma das correlações entre as variáveis é significativamente diferente de zero, como mostra a Tabela 2.

A análise de componentes principais resultou em um primeiro componente principal (CP1) que consegue explicar 70,59% da variação total dos dados e possui autovalor igual a 4,941, como mostra a Tabela 3. A porcentagem da variância acumulada é um critério empírico indicado por vários autores, na qual considera manter os componentes que se sabe claramente dar um significado, em que o número é estipulado de modo que o conjunto de

componentes explique uma porcentagem predefinida da variabilidade global, com um nível de explicação de, pelo menos, 70% da variabilidade total dos dados (ARTES, 1998). Sendo assim, tem-se que o primeiro componente principal já é altamente explicativo para o modelo.

Em um estudo desenvolvido por Andrade, Silveira e Azevedo (2003) para investigar a estrutura multivariada da evapotranspiração, que é a perda de água do solo por evaporação e das plantas por transpiração, na região centro-sul do Ceará, dividida em três estações meteorológicas, a saber: Bacias de Iguatu, Tauá e Quixeramobim, obteve-se, por meio da análise de componentes principais nas estações de Iguatu e Tauá, que duas componentes principais conseguem explicar 73,72 e 85,31%, respectivamente, a variabilidade total dos dados; já a estação de Quixeramobim consegue, com apenas uma componente, explicar 70,67%; com duas componentes, esse valor é de 88,72%. Assim, o modelo envolvendo duas componentes foi escolhido, pois, com base em um estudo de Norusis, as variáveis consideradas seriam aquelas que apresentassem um autovalor maior que um.

O diagrama de autovalores (*scree plot*) é representado por meio gráfico com o intuito de relacionar a ordem do autovalor com seu respectivo valor numérico. Segundo Fleck e Bourdel (1998), se dois componentes estão associados a autovalores quase iguais, eles representam a mesma proporção de variabilidade e, *a priori*, não há motivo para conservar um e não outro. Inversamente, uma forte diminuição entre dois autovalores sucessivos leva a conservar na interpretação os componentes que a precederam.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das variáveis climáticas.

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Temperatura do ar	22,023	25,969	24,504	1,303
Temperatura úmida	17,089	21,856	19,973	1,847
Umidade relativa do ar	50,470	76,951	66,149	9,103
Temperatura máxima	26,625	31,267	28,992	1,365
Temperatura mínima	15,453	20,374	18,329	1,884
Amplitude térmica	8,800	13,014	10,661	1,435
Precipitação	0,131	9,250	3,997	3,213

Tabela 2 - Resultados do teste de Bartlett.

χ^2 (valor observado)	214,609
χ^2 (valor crítico)	32,671
Valor p	<0,0001

Tabela 3 - Autovalores e variabilidade de cada componente principal.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
Autovalor	4,941	1,979	0,064	0,011	0,005	0,000	0,000
Variabilidade (%)	70,587	28,271	0,910	0,156	0,070	0,004	0,002
% acumulada	70,587	98,858	99,768	99,924	99,994	99,998	100,000

CP: componente principal.

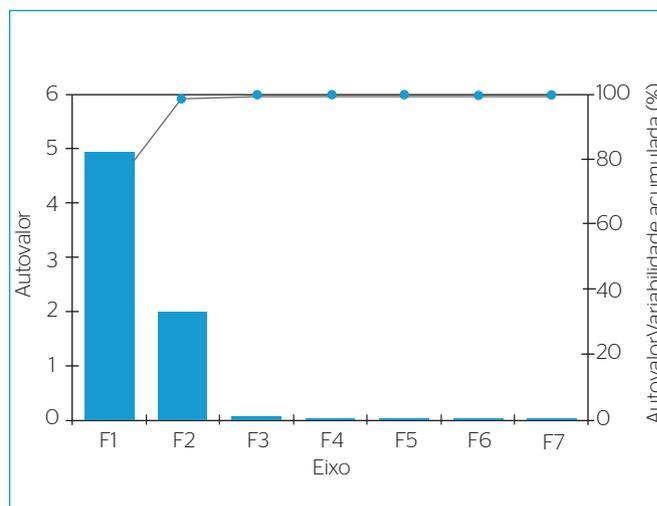


Figura 2 - Scree plot ilustrando a variabilidade dos dados.

Por meio do *scree plot* representado pela Figura 2 é possível verificar a variabilidade referente a cada componente principal gerado pela análise, em que cada barra representa os seus respectivos autovalores, auxiliando também na tomada de decisão referente ao número de componentes que permanecerão no estudo. Analisando essa figura, é possível confirmar que o CP1 possui a maior variabilidade e é altamente explicativo, visto que as barras estão associadas aos autovalores e que o decréscimo desses autovalores se intensifica na barra relacionada ao CP2, sendo um indício de que os componentes a serem retidos serão os dois primeiros. O gráfico de Ogiva, o qual está relacionado à variabilidade acumulativa (%), reafirma tal decisão ao atingir uma variabilidade maior que 80% justamente na segunda componente.

Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Guedes *et al.* (2010), que, ao avaliar a precipitação pluvial no estado do Piauí, verificaram que dois componentes conseguem captar a variabilidade total dos dados por meio do gráfico *scree*, o que é confirmado ao se verificar que a variância acumulada é de 88,02% na segunda componente.

Os autovetores dos componentes principais associados a cada variável original também foram gerados na análise, em que é possível verificar a associação existente entre os componentes e cada variável climática em estudo, como mostra a Tabela 4. Lembrando que valores negativos dos autovetores indicam uma associação inversamente proporcional entre o componente e a variável.

Por meio dos autovetores da Tabela 4 é possível obter as equações referentes a cada componente, sendo a equação do CP1 dada por:

$$CP_1 = 0,326X_1 + 0,447X_2 + 0,35X_3 + 0,219X_4 + 0,439X_5 - 0,377X_6 + 0,434X_7 \quad (2)$$

A rotação dos fatores permite encontrar uma matriz de pesos mais facilmente interpretável. O método Varimax é um método de rotação ortogonal e pretende que, para cada componente principal, existam apenas alguns pesos significativos e todos os outros sejam próximos de zero, isto é, o objetivo é maximizar a variação entre os pesos de cada componente principal. Logo, tem-se que a rotação Varimax se fez necessária para uma melhor interpretação dos resultados, em que se obteve que o CP1 representa meses que se caracterizam por alta umidade relativa do ar e precipitação e baixa amplitude térmica, ou seja, representa os meses úmidos, chuvosos e de pouca variação na temperatura, como mostra a Tabela 5, referente às correlações entre o CP1 e as variáveis após a rotação Varimax.

Por meio dos escores obtidos dos meses em relação ao primeiro componente principal, representados na Tabela 6, os meses mais associados positivamente a esse componente são, respectivamente, janeiro, dezembro, março e fevereiro, ou seja, pode-se dizer que esses meses são os que durante o período estudado apresentaram maior índice de chuva e umidade no ar, além de pouca variação na temperatura. Já setembro, agosto e julho

Tabela 4 - Autovetores dos componentes principais associados às variáveis.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
Temperatura do ar	0,326	0,488	-0,192	-0,286	-0,542	-0,404	0,285
Temperatura úmida	0,447	-0,022	-0,412	-0,089	-0,240	0,656	-0,367
Umidade relativa do ar	0,350	-0,438	-0,428	0,590	0,011	-0,287	0,269
Temperatura máxima	0,219	0,620	-0,005	0,433	0,368	-0,194	-0,455
Temperatura mínima	0,439	0,151	0,094	-0,220	0,582	0,265	0,564
Amplitude térmica	-0,377	0,385	-0,053	0,503	-0,243	0,458	0,431
Precipitação	0,434	-0,121	0,774	0,272	-0,341	0,087	-0,019

CP: componente principal.

Tabela 5 - Autovetores dos componentes principais associados às variáveis.

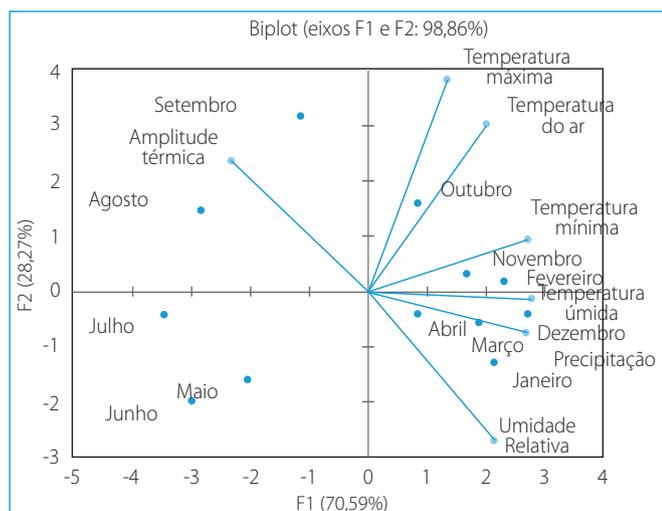
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
Temperatura do ar	0,326	0,488	-0,192	-0,286	-0,542	-0,404	0,285
Temperatura úmida	0,447	-0,022	-0,412	-0,089	-0,240	0,656	-0,367
Umidade relativa do ar	0,350	-0,438	-0,428	0,590	0,011	-0,287	0,269
Temperatura máxima	0,219	0,620	-0,005	0,433	0,368	-0,194	-0,455
Temperatura mínima	0,439	0,151	0,094	-0,220	0,582	0,265	0,564
Amplitude térmica	-0,377	0,385	-0,053	0,503	-0,243	0,458	0,431
Precipitação	0,434	-0,121	0,774	0,272	-0,341	0,087	-0,019

CP: componente principal.

Tabela 6 - Escores dos meses em relação ao primeiro componente principal.

Meses	CPI
Janeiro	2,150
Fevereiro	2,316
Março	1,872
Abril	0,855
Maio	-2,041
Junho	-2,973
Julho	-3,450
Agosto	-2,829
Setembro	-1,136
Outubro	0,851
Novembro	1,680
Dezembro	2,706

CPI: primeiro componente principal.

**Figura 3** - Biplot dos meses em relação às variáveis climáticas.

são, respectivamente, os meses mais associados negativamente ao CPI; assim, tem-se que esses meses se caracterizaram por serem mais secos, com pouca chuva e de grande variação na temperatura.

Na Figura 3 é possível ver, por meio do *biplot*, a relação entre os meses e as variáveis climáticas que estão mais associadas. O CPI está representado pelo eixo das abscissas; logo, os meses que se localizam no primeiro e quarto quadrantes são os mais associados ao primeiro componente, isto é, são os meses que apresentam coordenada positiva em relação ao eixo das abscissas, enquanto os meses localizados no segundo e terceiro quadrantes são os menos associados a esse componente. Quanto mais próximos os meses estão dos vetores representando as variáveis climatológicas, maior é a associação do mês com aquela variável.

CONCLUSÃO

A estratificação dos anos de 2008 a 2012 em relação aos meses se mostrou bastante eficaz para a avaliação das características climáticas no município de Uberlândia durante esse período. Por meio da análise de componentes principais foi possível reduzir a dimensão dos dados a um único componente altamente explicativo, que conseguiu explicar 70,59% da variação total do modelo e se caracterizou por representar meses úmidos, chuvosos e com pouca variação de temperatura.

Pode-se concluir, portanto, que janeiro, dezembro, março e fevereiro foram os meses mais associados a esse componente, ou seja, durante o período estudado esses meses foram os que apresentaram maior índice de chuva e umidade no ar, além de temperatura com pouca variação. Já os meses de setembro, agosto e julho, que apresentam maior associação negativa com esse componente, foram os meses que, nesse período, tiveram grande variação na temperatura, além de apresentarem tempo seco e baixo índice de chuva.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E.M.; SILVEIRA, S.S.; AZEVEDO, B.M. (2003) Investigação da Estrutura Multivariada da Evapotranspiração na Região Centro Sul do Ceará pela Análise de Componentes Principais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8, n. 1, p. 39-44.

ARTES, R. (1998) Aspectos estatísticos da análise fatorial de escalas de avaliação. *Revista de Psiquiatria Clínica*, v. 25, n. 5, p. 223-228.

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W.O. (2011) *Elementos de Amostragem*. 2ª ed. São Paulo: Ed. Edgar Blucher Ltda. 269p.

CARRIJO, B.R.; BACCARO, C.A.D. (2000) Análise sobre a erosão hídrica na área urbana de Uberlândia (MG). *Caminhos de Geografia*, v. 2, n. 1, p. 70-83.

COCHRAN, W.G. (1977) *Sampling Techniques*. 3ª ed. New York: John Wiley & Sons.

DAHER, R.F.; MORAES, C.F.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; XAVIER, D.F. (1997) Seleção de caracteres morfológicos em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 26, n. 2, p. 247-259.

DEL GROSSI, S.R. (1991) *De Uberabinha a Uberlândia: os caminhos da natureza - contribuição ao estudo da geomorfologia urbana*. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

FAVERO, L.P.; BELFIORE, P.; SILVA, F.L.; CAHN, B.L. (2009) *Análise de dados - modelagem multivariada para tomada de decisão*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Ed. Elsevier Ltda. 646p.

- FLECK, M.P.A. & BOURDEL, M.C. (1998). Método de simulação e escolha de fatores na análise dos componentes principais. *Revista de Saúde Pública*, v. 32, p. 267-272.
- GUEDES, R.V.S.; LIMA, F.J.L.; AMANAJÁS, J.C.; BRAGA, C.C. (2010) Análise em componentes principais da precipitação pluvial no estado do Piauí e agrupamento pelo método de Ward. *Revista de Geografia*, v. 27, n. 1, p. 218-233.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2010) Censo demográfico. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>>. Acesso em: 03 set. 2015.
- KAISER, H.F. (1958) The varimax criterion for analytic in factor analysis. *Psychometrika*, v. 23, p. 187-200.
- KÖPPEN, W. (1918) Klassifikation der klimate nach temperatur, niederschlag und jahreslauf. Petermanns Geographische Mitteilungen. *Gotha*, v. 64, p. 193-203.
- LOMBARDO, M.A. (2011) O uso de geotecnologias na análise das mudanças climáticas nas metrópole de São Paulo. *Revista Geográfica da América Central*, v. esp. EGAL, p. 1-19.
- MEDEIROS, S.S.; CECÍLIO, R.A.; JÚNIOR, J.C.F.M.; SILVA, J.L.C. (2005) Estimativas e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 2, p. 247-255.
- MENDES, P.C. (2001) *A gênese espacial das chuvas na cidade de Uberlândia (MG)*. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT. (2008) *Manual de Capacitação: mudança climática e projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo*. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia [s.n.].
- MORRISON, D.F. (1976) *Multivariate statistical methods*. 2nd ed. Singapore: McGraw Hill. 415p.
- RIBEIRO, E.L. (2006) *Cidades (in)sustentáveis: reflexões e buscas de modelos urbanos de menor entropia*. João Pessoa: Universitária.
- SILVA, E.M. (2013) *A cidade e o clima: impactos das precipitações concentradas s tendências climáticas em Uberlândia - MG*. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- STRAPASSON, E.; VENCOSKY, R.; BATISTA, L.A.R. (2000) Seleção de Descritores na Caracterização de Germoplasma de *Paspalum* sp. por meio de Componentes Principais. *Revista Brasileira Zootecnia*, v. 29, n. 2, p. 373-381.
- WALKER, G. & KING, D. (2008) *O Tema Quente: como combater o aquecimento global e manter as luzes acesas*. Rio de Janeiro: Objetiva.