



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DA COMPONENTE SAZONAL E DE IRREGULARIDADE DA SÉRIE TEMPORAL DE TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE UBERLÂNDIA/MG, SÉRIE HISTÓRICA 1990/2015.

Guilherme David Dantas ^(a), Luiz Antônio Oliveira ^(b)

(a) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, guilhermedd@yahoo.com.br

(b) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, luiz.oliveira@ufu.br

Eixo: 9. Geotecnologias e Modelagem Espacial e Geografia Física

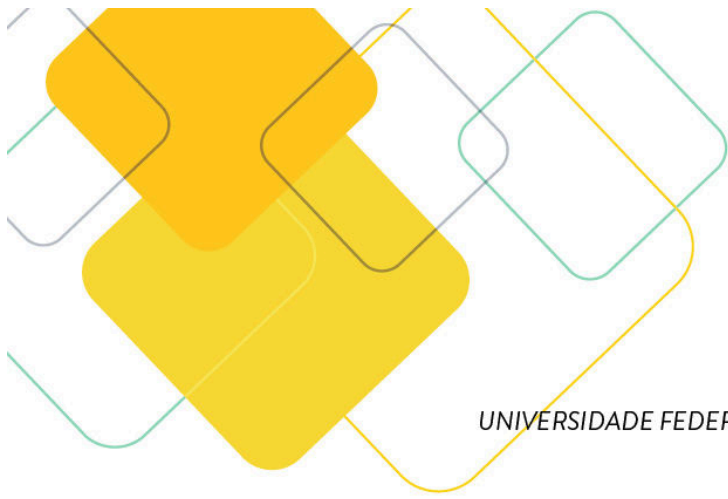
Resumo/abstract

O objetivo deste trabalho é analisar as componentes de sazonalidade e de irregularidade da série temporal de temperaturas máximas registradas na estação convencional da cidade de Uberlândia/MG. A organização e o tratamento dos dados, bem como o desenvolvimento e ajuste dos modelos foram feitos no Microsoft Excel e no SPSS Statistics 17.0. Nos ajustes os modelos com menor erro foram os de médias móveis simples e os de média móvel ponderada (erro médio quadrático de 1,62 e de percentual absoluto de -0,18). Constata-se influência da sazonalidade na série, onde os índices positivos e negativos mais significativos são de 26 %, mês de outubro e de -31%, mês de junho, respectivamente nesta ordem. Para a componente irregular, a partir de 2009, de modo geral, há aumento nos índices, sendo que no ano de 2012, ocorrem os maiores índices de toda a série histórica, -3,49°C e de 5,15°C em relação às médias mensais.

Palavras chave: Séries temporais, componente irregular, componente sazonal, Uberlândia/MG

1. Introdução

Nas últimas décadas a produção científica acerca do clima e das mudanças climáticas são as que mais têm produzido conhecimento na área ambiental. Contudo, mesmo diante da significativa produção científica, de modo geral, algumas considerações não podem ser descartadas, sendo a primeira relacionada à complexidade que é o comportamento do clima e a outra é de que a abordagem sobre o tema ainda está longe de se esgotar.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

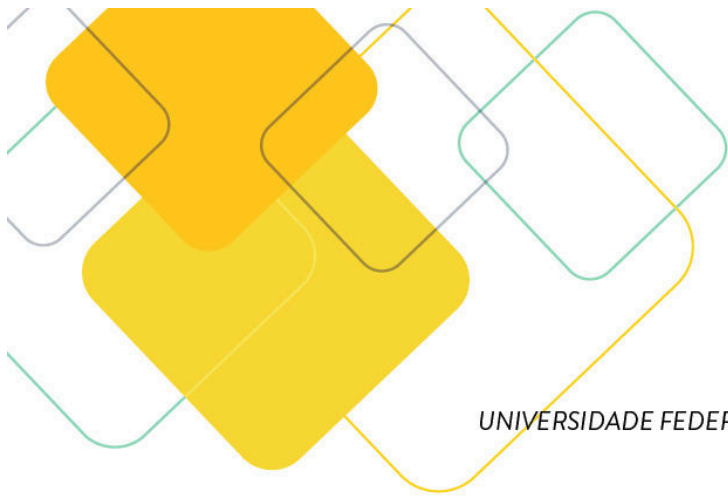
Na atualidade os estudos na área estão alinhados com as mudanças climáticas globais, bem como as suas causas e suas consequências, Santos, et al (2016); Adilson et al (2013); Ferreira e Cecília (2011); Tucci, (2002). A situação se torna preocupante com a constatação de que as mudanças suscitadas estão se processando a um ritmo muito maior de que aquele da variabilidade natural, impulsionado pelas atividades antrópicas, Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas - IPCC, (2001), principalmente aquelas que geram emissão dos gases CO₂, CH₄ e o N₂O que acentuam o efeito estufa.

Neste contexto de discussões sobre as mudanças climáticas, principalmente da temperatura, assume papel preponderante a produção de dados e conhecimento em escala espaço-temporal com abrangências local e regional, que possibilitem a uma melhor compreensão sobre os cenários e perspectivas acerca da temática, Bessat (2003), Paciornik (2003), dentre outros.

A modelagem climática representa mais uma tentativa de se representar e compreender a realidade do comportamento das variáveis atmosféricas, onde, de modo geral, os produtos desenvolvidos são operacionalizados em função de relações matemáticas (MACIEL, 2017).

Sobre modelagem de dados, há de se destacar que a estatística de séries temporais é de uso consagrado quando se quer analisar comportamentos de elementos do clima e, pode ser entendida como qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo, Morettin e Toloí (2006). Bayer e Souza (2010) descrevem que esta técnica pressupõe a identificação de relação de dependência temporal nos dados, indicando o mecanismo de geração da série visando a extração de periodicidades inerentes às observações, no detalhamento do seu comportamento, bem como na execução de previsões.

Na decomposição clássica de series temporais, os valores da serie são uma função da combinação de quatro componentes (T, C, S, I): tendência que é uma componente de longo prazo; ciclos que representa flutuação de longo prazo; sazonalidade que representa flutuação de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

curto prazo e, por último, a componente irregular que representa as ocorrências irregulares ou fatos inesperados que afetam o resultado da série.

Outra característica importante em estudos de séries temporais é a possibilidade de se extrair tendência ou o comportamento de longo prazo da série. Para tanto, se utilizam de diversos ajustes de modelos de tendência, sejam eles por equação, (linear, exponencial, logaritmo, polinômio de 2º grau e potência) e outras opções referem-se a média móvel simples - MMS, media móvel ponderada e alisamento exponencial. A escolha do melhor modelo para determinação da tendência é feita por análise de medidas de acuracidade, dentre as quais reportam-se as média aritmética simples, erro quadrado médio, erro percentual médio e erro percentual absoluto médio.

Diante de toda a discussão, o objetivo deste trabalho é analisar as componentes de sazonalidade e de irregularidade das temperaturas máximas das máximas registradas na estação meteorológica convencional de Uberlândia/MG, série histórica 1990/2015.

2. Métodos

Neste trabalho foram utilizados dados de temperaturas máximas das máximas provenientes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação convencional Uberlândia/MG (código 83527), período de 1990 a 2015.

A organização e o tratamento dos dados foram feitos no Microsoft Excel e no SPSS Statistics 17.0. Os gráficos, quadros e tabelas apresentados, bem como o desenvolvimento e ajuste dos modelos matemáticos foram elaborados em planilhas do Microsoft Office Excel 2007.

Na determinação da tendência de longo prazo serão utilizados modelos baseados em equações de regressão (modelo linear ou modelo de reta, polinômio de segundo grau, logaritmo, potencia e modelo exponencial) e ainda as opções de modelo, que não necessitam de suposições ou de utilização de equações de regressão, como as médias móveis, médias móveis ponderadas, e alisamento exponencial.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

As medidas de acuracidade permitem escolher qual dos modelos ajustados aos dados é o mais apropriado para descrever as tendências de longo prazo da série. As medidas de acuracidade resultam de cálculos de médias: média aritmética simples dos erros absolutos - EAM; erro quadrático médio - EQM; erro percentual médio - EPM; erro percentual absoluto médio - EPAM, onde quanto mais próximo zero for o resultado, menor é o erro.

A componente sazonal foi obtida pelo modelo aditivo (diferença entre o valor observado e a média móvel simples, cuja formulação matemática é dada por $S = Y - MMS$), onde a soma dos índices deve retornar zero “0”, sendo que o excesso, resultados diferentes de zero, será corrigido.

A componente cíclica irregular foi obtida pelo modelo aditivo (diferença entre o valor observado, a componente sazonal corrigida e a média móvel simples, cuja formulação matemática é dada por $I = Y - MMS - S$),

3. Resultados

Uberlândia/MG está localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Possui tipo climático Aw, apresentando uma primavera com elevadas temperaturas e verão chuvoso. De outro modo, condições mais amenas de temperaturas, bem como de baixos índices pluviométricos ocorrem no outono/ inverno.

Síntese dos valores médios de temperatura e totais de precipitação para a cidade de Uberlândia/MG pode ser conferida na tabela 1 e gráfico 1.

Tabela 1: Temperatura e precipitação média de Uberlândia-MG de 1981-2015.

Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Prec. (mm)	309	187	210	88	41	17	11	10	43	105	192	292	1507



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

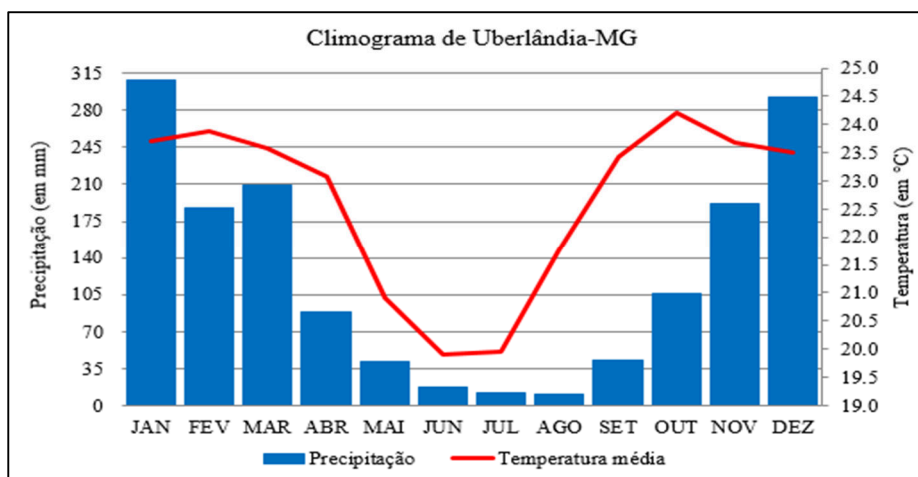
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Temp. (°C)	23.7	23.9	23.6	23.1	20.9	19.9	20.0	21.8	23.4	24.2	23.7	23.5	22.6
---------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fonte: Petrucci, (2017)

Gráfico 1: Climograma da cidade de Uberlândia-MG, série histórica de 1981 a 2015.



Fonte: Petrucci, (2017).

Análise da tabela 1 e do gráfico 1, indicam que o período chuvoso se concentra no período de outubro a abril, com picos ocorrendo nos meses de janeiro e dezembro, sendo estes de 309 mm e 292 mm, respectivamente. A estiagem que ocorre entre os meses de maio a setembro, sendo os meses de julho e agosto com os menores valores médios de precipitação, com 10 mm e 11 mm, respectivamente. De acordo com Petrucci (2017), a precipitação média anual da cidade é de 1.507 mm. Análise para temperaturas médias indica que o interstício de setembro a abril, é o que concentra maiores valores médios, superiores a 23 °C, com destaque para os meses de outubro e fevereiro, com 24,2 °C e 23,9 °C, respectivamente. As temperaturas mais amenas ocorrem no período que se estende de maio a agosto, com destaque para os meses de junho e julho, com 19,9 °C e 20,0 °C, respectivamente. A precipitação média anual é de 1.507 mm e a temperatura média anual é de 22,6 °C (PETRUCCI, 2017).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Teste de normalidade Shapiro-Wilk da série de dados retornou $d = 0,42$, onde $p > 0,05$, indicando normalidade da série.

No Quadro 1 estão sintetizados os resultados do processamento da estatística básica dos valores da temperatura máxima das máximas.

Quadro 1: Estatística descritiva (temperaturas máximas das máximas).

N	Amplitude	Mínimo	Maximo	Média	Desvio	Mediana	Variância	Skewness	Curtose
310	12	27,2	39,2	32,8	2,20	32,8	4,84	,243	-,346
Percentis									
5	10	25	50	75	90	95			
29,6	30	31	32,8	34,2	36	36,5			

Analisando o quadro 1 observa-se que a série contempla 310 dados, onde as temperaturas variam de 27,2 a 39,2 °C, com média 32,8 °C, mediana de 32,8 °C, desvio padrão de 2,2 e variância de 4,84. O coeficiente de assimetria de Skewness apresenta valor positivo 0,243, indicando assimetria a direita. Curtose platicúrtica com valor de -0,346, indica curva mais achatada que a da distribuição normal

O resultado dos testes de acurácia e respectivos modelos testados estão sumariados no quadro 2.

Para a série de dados de temperaturas máxima de máximas da estação de Uberlândia/MG as medidas de acurácia que mais se aproximaram de zero e respectivos modelos foram:

- No cálculo do erro médio absoluto, os modelos de melhores ajustes aos dados foram os de média móvel ponderada e média móvel simples, ambos com erros de 1,62;
- Para o erro médio quadrático, o modelo de melhor ajuste foi o de alisamento exponencial, com erro de 1,63;
- Para o erro percentual médio, os modelos de média móvel ponderada e média móvel simples tornam-se a ser os de melhor ajuste, ambos com erros de -0,42;



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

- Para o erro percentual absoluto médio, o modelo de melhor ajuste foi o exponencial, com erro de -0,18.

Quadro 2– Testes de acurácia e respectivos modelos matemáticos.

Modelo	Testes de acurácia			
	Erro Médio Absoluto – EAM	Erro Quadrático Médio – EQM	Erro Percentual Médio – EPM	Erro Percentual Absoluto Médio - EPAM
Reta ou linear	23.0	5.35	1.24	5.28
Logaritmo	1.78	1.96	4.71	-0.43
Polinômio de 2º grau	14.16	1.78	4.81	-0.75
Potencia	2.10	14.16	8.48	4.60
Exponencial	1.81	2.10	4.74	-0.18
Alisamento exponencial	19.28	1.63	4.04	-0.45
Média Móvel Simples - MMS	1.62	4.01	-0.42	4.98
Média Móvel Ponderada - MMD	1.62	4.01	-0.42	4.98

Nota-se que nos resultados que os modelos de média móvel simples e média móvel ponderada (pesos calculados pela ferramenta *solver* do excel) os resultados apresentam os mesmos valores de erros.

Na decomposição de séries temporais pelo Modelo aditivo os índices sazonais flutuam em torno de zero, sendo este valor representativo da neutralidade para este modelo. Em termos percentuais, 5% é o valor estabelecido como limite, sendo que variações inferiores ao limite indicam pouca influencia ou inexistência de sazonalidade, enquanto que, valores superiores indicam influencia de sazonalidade e, esta deve ser considerada no cálculo da previsão.

No quadro 3 estão sintetizados os resultados dos cálculos para obtenção das componente sazonal pelo modelo aditivo.

Quadro3 – Resultados dos cálculos para obtenção da componente sazonal.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

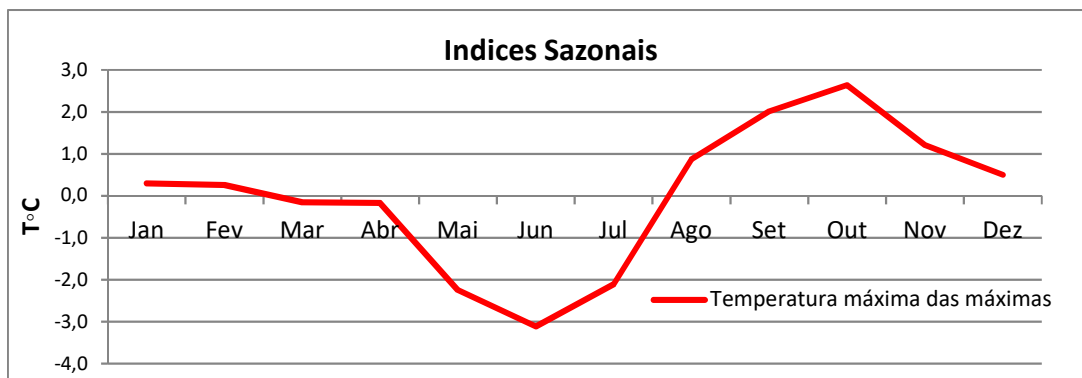
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Índice sazonal modelo aditivo		
MÊS	Médias internas dos índices	Variação percentual
janeiro	0.2979	3%
fevereiro	0.2607	3%
março	-0.1581	-2%
abril	-0.1701	-2%
maio	-2.2411	-22%
junho	-3.1128	-31%
julho	-2.1056	-21%
agosto	0.8642	9%
setembro	2.0141	20%
outubro	2.6367	26%
novembro	1.2121	12%
dezembro	0.5022	5%

Na análise do quadro 3 observa-se variação de índices iguais ou superiores (positivos e negativos) a 5% no período de maio a dezembro, indicando o efeito da sazonalidade na série. Os valores positivos de agosto a fevereiro indicam aumento das temperaturas em relação às médias dos respectivos meses, sendo este mais significativo nos meses de outubro, onde os valores superam em 26 % à media para este mês. De outro modo, desvios negativos indicam uma retração dos valores, sendo que a mais significativa ocorre nos meses de junho com percentual de -31%. Comportamento dos índices pode ser observado no gráfico 1.

Gráfico 1 – Índices da componente sazonal.





XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

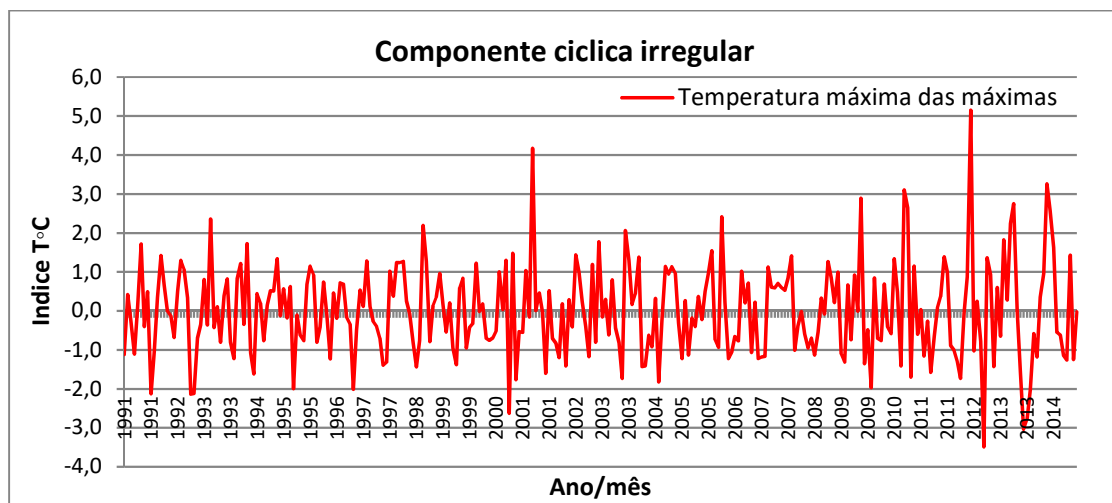
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Na análise da componente irregular, nota-se que a partir de 2009, de modo geral, há um aumento dos índices da componente irregular com concomitante acentuação de valores, sendo que no ano de 2012, ocorrem os maiores índices de toda a série histórica, com valores de $-3,49^{\circ}\text{C}$ e de $5,15^{\circ}\text{C}$, gráfico 2.

Neste caso, a estrutura com alternância sistemática com valores altos e baixos de duração superior a 1 ano, é indicativa de ciclos na série e que devem ser incluídos na previsão. Assim, o modelo de previsão adotado contemplara junto com a tendência às sazonalidades e os ciclos.

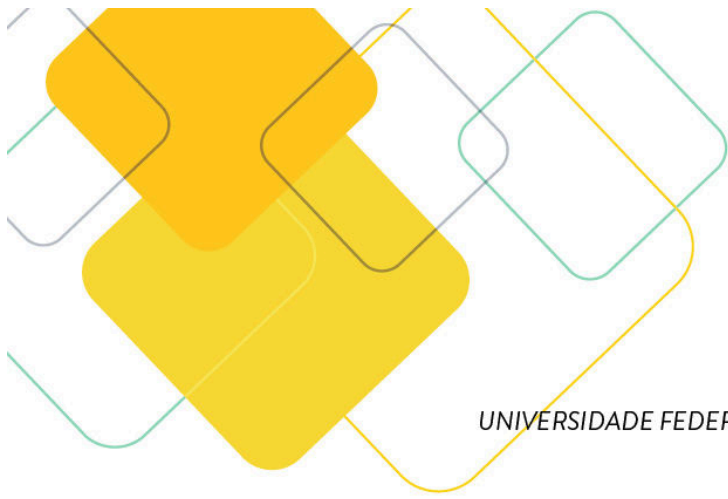
Gráfico 2 – Índices da componente cíclica irregular.



4. Considerações finais

A modelagem de dados ambientais constitui importante ferramenta na análise de dados ambientais, cujos resultados permitem o entendimento do comportamento das variáveis em análise, sendo de fundamental importância nas estratégias de gestão, bem como na mitigação dos impactos.

Em análise de séries temporais é imprescindível verificar a normalidade dos dados, e assim, determinar o teste estatístico mais apropriado, dentre as opções citam-se os paramétricos ou os não-paramétricos.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

De modo geral, os resultados demonstraram a existência de sazonalidade na série, ou seja, há uma repetição de comportamento dos valores de temperaturas máximas das máximas ao longo do ano, sendo que os maiores desvios, negativos e positivos, em relação às respectivas médias mensais, ocorrem nos meses de junho e outubro, respectivamente nesta ordem.

Na análise da componente cíclica irregular nota-se uma tendência do aumento das temperaturas máximas das máximas a partir de 2009. O desvio de mais de 5 °C ocorrido no ano de 2012 foi o maior registrado em toda a série histórica. Este comportamento aponta para um cenário de aumento considerável das temperaturas máximas, que, de certa maneira, vem de encontro à teoria do aquecimento global em larga escala.

5. Referências

BAYER, Fabio Mariano. Wavelets e modelos tradicionais de previsão: um estudo comparativo.. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 28, n. 2, p.40-61, 2010. Disponível em: <http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v28/v28_n2/A3_Fabio_Adriano.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2016.

BESSAT, F. A. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Terra livre**. São Paulo. Ano 19, v. 1, n. 20. 2003.

FERREIRA, W. P. M.; CECÍLIA, F. S. Caracterização climática das séries temporais de temperatura e precipitação pluvial em Sete Lagoas, MG. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nr. 35. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas 2011, 34 pp.

FARIA, E. L.; ALBUQUERQUE, M. P.; ALFONSO, J. L.G.; ALBUQUERQUE, M. P.; CAVALCANTE, J. T. P. Previsão de Séries Temporais utilizando Métodos Estatísticos. Rio de Janeiro, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate Change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contributions of the working group II to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Disponível em: . Acesso em: 25 ago. 2005.

LE MOS, F. O. Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MACIEL, Samuel Alves. Análise da relação chuva-vazão na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, Brasil. 2017. 213 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Cléia M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Egard Blucher, 2006. 538 p.

PACIORNICK, N., MACHADO FILHO, H. Política e Instrumentos Legais e Internacionais da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima In: MOREIRA, A. e SCHWARTZMAN, S. (ed.) **As Mudanças Climáticas Globais e os Ecossistemas Brasileiros**. Brasília, IPAA, 2000. .

PETRUCCI, E. **Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018, 245 p.

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.3, 281 - 290, 2013.

SANTOS, C. A.; LIMA, A. M. M.; FARIAS, M. H. C. S.; AIRES, U. R. V.; SERRÃO, E. A. O. Análise estatística da não estacionariedade de séries temporais de vazão máxima anual diária na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. **HOLOS**, Ano 32, Vol. 7, pp 179-193.

TUCCI, C. E. M. Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. Brasília: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, p. 150, 2002.