

Precipitação pluviométrica em Viçosa-MG: um estudo via séries temporais

Maurício Silva Lacerda¹, Helgem de Souza Ribeiro Martins², Alex da Silva Temoteo³, Paulo César Emiliano⁴

¹Instituto Federal de Rondônia, professor, mauriciolacerda57@gmail.com;

²Universidade Federal de Ouro Preto, helgem.souza@gmail.com;

³Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, professor, alextemoteo@gmail.com;

⁴Universidade Federal de Viçosa, professor, paulo.emiliano@ufv.br.

Submetido em: 04/08/2021

Aceito em: 02/04/2022

Resumo

Este trabalho compreende um estudo da série histórica da precipitação pluviométrica mensal de Viçosa-MG. Foi desenvolvido com o objetivo de detectar padrões da série como tendência e sazonalidade, além de realizar uma previsão para o ano de 2019. O estudo decorreu da motivação em entender a falta de água que ocorre em Viçosa, bem como os desafios enfrentados pela população urbana no abastecimento hídrico e da população rural que precisam de água em boa qualidade e quantidade para otimizar a produtividade agrícola e agropecuária. Adotou-se uma abordagem via séries temporais e o modelo SARIMA (1,0,0) x (0,1,1), que foi selecionado pelo critério de informação bayesiano (BIC) e de Akaike (AIC). Adicionalmente, o modelo ARCH (2), selecionado por meio do AIC, foi utilizado para ajustar os resíduos do SARIMA (1,0,0) x (0,1,1) que apresentou heterocedasticidade. Os resultados apontaram que não houve mudanças no padrão das chuvas na cidade de Viçosa, apenas algumas variações elevadas em determinados períodos.

Palavras-chave: Precipitação pluviométrica; Preservação ambiental; Previsão; SARIMA; ARCH.

Introdução

A água é um bem essencial para a existência da vida, desta forma, estudos acerca da hidrologia se fazem cada vez mais presentes no meio acadêmico e entre os analistas do clima. Merten e Minella (2002) afirmam que a água doce é um recurso natural finito, cuja qualidade vem piorando devido ao aumento da população e à falta de políticas públicas para a sua preservação. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), 785 milhões de pessoas não têm acesso a um sistema básico de tratamento de água e, até o ano de 2025, aproximadamente metade da população mundial viverá em áreas com escassez de água. Estima-se que a cada ano quase meio milhão de mortes que ocorrem no mundo são relacionadas a problemas na qualidade da água (WHO, 2019).

Não é raro que a falta de chuvas regulares cause prejuízos em todas as partes. Além de causar escassez ou falta de água para população urbana, períodos acentuados de secas podem prejudicar a produção agrícola, que é uma

atividade importante na cidade de Viçosa-MG e região. Fernandes *et al.* (2021) fizeram um estudo parecido, verificando os impactos causados pelas secas na região Sul, atentando-se ao problema de abastecimento de água, produção agrícola e geração de energia.

Do ponto de vista do setor de abastecimento de água tratada para a população da cidade de Viçosa - MG, o índice de precipitação pluviométrica total e a regularidade das chuvas causam grande preocupação, visto que frequentemente a cidade passa por uma escassez muito grande de água, sendo frequentemente necessário recorrer ao rodízio de abastecimento. Sanches *et al.* (2017) realizaram um estudo detalhado das temperaturas máximas e mínimas e da precipitação de Viçosa-MG, no entanto, faz-se necessária uma discussão maior do tema e dos impactos que as possíveis mudanças podem causar na cidade e na região.

Outro fator preocupante é a escassez hídrica que a comunidade acadêmica da

Universidade Federal de Viçosa enfrenta. A UFV é uma das universidades mais importantes do país, sobretudo quando se refere à pesquisa e experimentos agrícolas, sendo responsável por boa parte do desenvolvimento das culturas agrícolas da região. No entanto, esses estudos exigem, em grande parte, irrigação, em especial nas épocas de menor incidência de chuvas, que coincidiram com o momento em que a cidade também sofreu com a escassez de recursos hídricos.

Após revisão do estado da arte, constatou-se a baixa ocorrência de estudos que enfatizam os índices de precipitação pluviométrica na região de Viçosa-MG, principalmente valendo-se de séries temporais. Conforme Morettin e Tolo (2006), os procedimentos e características de um estudo de séries temporais são boas ferramentas para analisar séries históricas de precipitações pluviométricas, pois os dados desta natureza geralmente possuem dependência serial entre as observações, sazonalidade e em alguns casos tendência.

O estudo de Soccol *et al.* (2010) analisou a precipitação pluviométrica no município de Lages-SC nos últimos 80 anos, por meio de uma distribuição gama, identificando o padrão médio de precipitação no município. O estudo de Santos e Aquino (2017) avaliou o padrão de precipitação pluviométrica do município de Castelo do Piauí, localizado na Região Nordeste, por meio de estatística descritiva e do índice de anomalia da chuva, a partir de uma série histórica anual de 39 anos (1963 a 2001), concluindo que no município predominaram os anos secos e extremamente secos.

O estudo de Mello *et al.* (2016) utiliza-se da metodologia de análise geoestatística para analisar os padrões da precipitação pluviométrica no município de Joinville-SC e identificou nas técnicas de krigagem e cokrigagem uma técnica com desempenho adequado na identificação dos respectivos padrões. O trabalho de Costa *et al.*

(2013) analisou a precipitação no semiárido paraibano em um período de 100 anos, verificando a influência da Oscilação Decenal do Pacífico no padrão de precipitação pluviométrica na região.

O trabalho de Sanches *et al.* (2017) apresenta um estudo sobre as mudanças climáticas ocorridas na cidade de Viçosa - MG, evidenciando resultados para a temperatura mínima, máxima, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, utilizando técnicas de análise de covariância (ANCOVA). Lemos *et al.* (2018) analisaram as temperaturas máximas, mínimas e também a precipitação total nas estações das cidades de Lambari e Lavras, no sul do estado de Minas Gerais por meio de uma análise de regressão linear.

Os estudos apresentados a seguir seguem uma metodologia bastante semelhante ao trabalho apresentado neste artigo. Carvalho *et al.* (2016) analisaram os dados climáticos na região de Ariquemes (RO), por meio da modelagem baseada em modelos SARIMA para a identificação dos padrões de precipitação pluviométrica, entre outras variáveis climatológicas. O estudo de Bleidorn *et al.* (2019) utilizou a mesma modelagem SARIMA para efetuar modelagem e previsão das vazões médias do rio Jucu, localizado no estado do Espírito Santo. Por fim, o trabalho de Lopo *et al.* (2012) utiliza o modelo SARIMA na modelagem e previsão de índice de radiação ultravioleta máximo na cidade de Natal.

Conforme observa-se a metodologia de análise de séries temporais para o estudo de variáveis climáticas possui uma vasta gama de metodologias, sendo a modelagem utilizando modelos ARIMA e SARIMA bastante adequadas para a previsão baseada na ocorrência anterior da série em estudo. Além da viabilidade e adequabilidade da técnica à série em estudo, a série possibilita a realização de previsões, que poderão subsidiar a tomada de decisão por parte de estudiosos interessados no fenômeno. Por

este motivo, considerando a natureza dos dados em estudo e resultados verificados em outros trabalhos para outras regiões, foi escolhida a abordagem via modelos SARIMA.

Diante do exposto, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de analisar o comportamento do índice de precipitação pluviométrica para a cidade de Viçosa-MG, visando detectar possíveis alterações e tendências ao longo do tempo estudado (janeiro de 1968 a dezembro de 2018) valendo-se de observações mensais. Deseja-se ainda estudar o padrão de sazonalidade da precipitação da cidade e realizar previsão para os 12 meses do ano de 2019.

Material e métodos

Segundo Morettin e Tolo (2006), uma série temporal é decomposta em três componentes não observáveis, denominadas: tendência, sazonalidade e ruído aleatório. Em uma abordagem moderna, define-se uma série temporal como a realização de um processo estocástico, ou ainda, um conjunto de observações ou variáveis aleatórias ordenadas no tempo.

Para análise de tendência, o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) (DICKEY; FULLER 1979) requer o ajuste do seguinte modelo de regressão:

$$\Delta Z_t = \beta_1 + \beta_2 t + \pi Z_{t-1} + \sum_{i=1}^m \alpha_i \Delta Z_{t-i} + a_t, \quad (1)$$

em que $\Delta Z_t = Z_t - Z_{t-1} = Z_t - BZ_t$, são os valores da série em primeira diferença; ΔZ_{t-i} são defasagens da série em primeira diferença incluídas no modelo para eliminar a autocorrelação dos resíduos, para que os erros do modelo sejam ruído branco (observações não correlacionadas, com média zero e variância constante); o valor de m pode ser definido adotando-se um critério a ser minimizado, como o Critério de Informação Akaike - AIC (AKAIKE, 1974); β_1 representa o intercepto; β_2 é o coeficiente de tendência determinística; π é o coeficiente de raiz unitária ou de tendência estocástica e a_t são erros do tipo ruído branco (média zero e homocedásticos).

A sazonalidade é um fator com efeitos que se manifestam em uma série em intervalos constantes de tempo, desde que sua

periodicidade seja igual ou inferior a um ano, caso contrário, tem-se um ciclo. Logo, a presença de sazonalidade e sua periodicidade são verificadas via análise espectral, decompondo a série no domínio das frequências de Fourier. Cryer e Chan (2008) definem as intensidades das frequências de Fourier como:

$$I(f_i) = \frac{2}{n} \left[\left(\sum_{t=1}^n Z_t \cos(2\pi f_i t) \right)^2 + \left(\sum_{t=1}^n Z_t \sin(2\pi f_i t) \right)^2 \right], \quad (2)$$

O gráfico da Equação (2), denominado Periodograma, possui as frequências de Fourier f_i representadas no eixo das abscissas e suas intensidades $I(f_i)$ no eixo das ordenadas. Para detectar a periodicidade sazonal, avalia-se a frequência associada à maior intensidade e com essa frequência obtém-se o período sazonal por meio da expressão $s = \frac{1}{f}$.

Após análise da presença de tendência e sazonalidade na série, o próximo passo consiste na escolha de um modelo estatístico que permita captar o mecanismo gerador dos dados e fornecer previsões futuras. Neste trabalho adotou-se a modelagem de Box e Jenkins (BOX *et al.*, 2008) e foi escolhido o modelo SARIMA para modelar os dados e o modelo ARCH para modelar a dependência residual da série.

O modelo SARIMA – sazonal autorregressivo integrado e de médias móveis é utilizado para modelar séries que apresentam as componentes de tendência ou sazonalidade. Tal modelo é definido por Box *et al.* (2008) como:

$$\phi_p(B)\Phi_P(B)(1-B)^d(1-B^s)^D Z_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B)a_t, \quad (3)$$

em que $\phi_p(B)$ é o polinômio autorregressivo de ordem p , $\Phi_P(B)$ é o polinômio autorregressivo sazonal de ordem P , $\theta_q(B)$ é o polinômio de médias móveis de ordem q , $\Theta_Q(B)$ é o polinômio de médias móveis sazonal de ordem Q e a_t são os erros.

O modelo ARCH (Autoregressive Conditional Heterocedasticity) foi proposto por Eagle (1982) para estimar a variação da inflação do Reino Unido e sua generalização, os modelos GARCH (Generalized

Autoregressive Conditional Heterocedasticity) foram propostos por Bollerslev (1986), conforme:

$$a_t = \sqrt{\left(\alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i \alpha_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j h_{t-j} \right)} \varepsilon_t, \quad (4)$$

em que: α_i e β_j com $i=1,2,\dots,r$ e $j=1,2,\dots,s$ são os parâmetros do modelo a serem estimados, ε_t é um componente aleatório que possui distribuição normal, t de Student ou GVE (distribuição generalizada de valores extremos).

Por meio da série em estudo (FIGURA 1), foram obtidas informações da precipitação total mensal da cidade de Viçosa-MG, extraídas do banco de dados da estação meteorológica convencional, situada no Departamento de Engenharia Agrícola - UFV (UFV, 2019). Os dados utilizados foram registrados de forma diária desde 1968 e foram coletados até final de 2018, totalizando 51 anos, ou 612 observações mensais.

O teste de Dickey e Fuller Aumentado foi aplicado para detectar a componente de tendência e, em seguida, foi aplicado o Periodograma para identificar a presença de sazonalidade e sua respectiva periodicidade. O teste G de Fisher foi utilizado para testar sua significância estatística.

Para selecionar um modelo, utilizaram-se dos critérios de informação de Akaike (AIC) e bayesiano (BIC) (SCHWARZ, 1978). Após selecionar a ordem dos parâmetros, eles foram estimados pelo pacote Stats do software R (R, 2019) utilizando o método da máxima verossimilhança condicional.

O último passo do processo de modelagem consiste em verificar os modelos escolhidos. O teste de Ljung e Box (LJUNG; BOX, 1978) deve ser aplicado duas vezes. A primeira aplicação ocorre nos resíduos para verificar se a correlação da série foi bem ajustada, a segunda aplicação ocorre nos resíduos elevados ao quadrado para verificar se a variância residual do modelo é homogênea.

Resultados e discussão

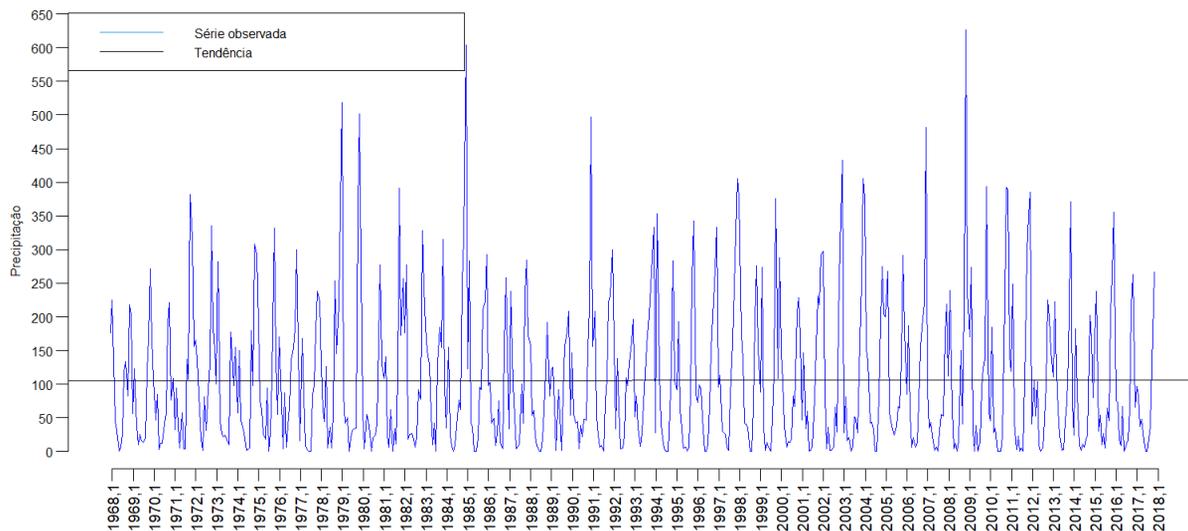
Os dados analisados neste trabalho são oriundos da estação meteorológica da Universidade Federal de Viçosa e representam as observações mensais registradas entre os meses de janeiro de 1968 e dezembro de 2018. Na Figura 1, encontra-se o gráfico geral da série, que ilustra e sintetiza os dados em análise.

No período estudado, a série temporal da precipitação pluviométrica total mensal da cidade de Viçosa-MG teve média de 106,5 mm de chuva por mês, com um desvio-padrão bastante alto de 108,92 mm. O mês com maior quantidade de chuvas desde que os dados passaram a ser registrados foi dezembro de 2008, com 626 mm de chuvas. Obviamente, o valor mínimo observado é zero, indicando a não ocorrência de chuvas. Foram observados 31 meses sem a ocorrência de chuvas, equivalente a 2 anos e 7 meses do período em estudo.

O desvio-padrão elevado se deve ao fato de que em alguns meses ocorrem precipitações constantes e substanciais, representando a estação de chuvas, geralmente identificada entre os meses de setembro e março, enquanto entre os meses de abril e agosto ocorre a estação seca, caracterizada pela baixa ocorrência e baixo volume de precipitação, comportamento que pode ser observado na Figura 1, que representa a precipitação média mensal.

A Figura 2 deixa evidente a presença de sazonalidade, com comportamento descrito acima, indicando a existência de duas estações bem definidas no que diz respeito à incidência de chuvas. Tal constatação deixa ainda mais evidente a necessidade de modelagem utilizando uma metodologia capaz de modelar o componente sazonalidade. Dessa maneira, a modelagem adotada será baseada em modelos SARIMA, pois essa é bastante adequada para dados em que a sazonalidade está presente.

Figura 1: Série histórica com respectiva reta de tendência



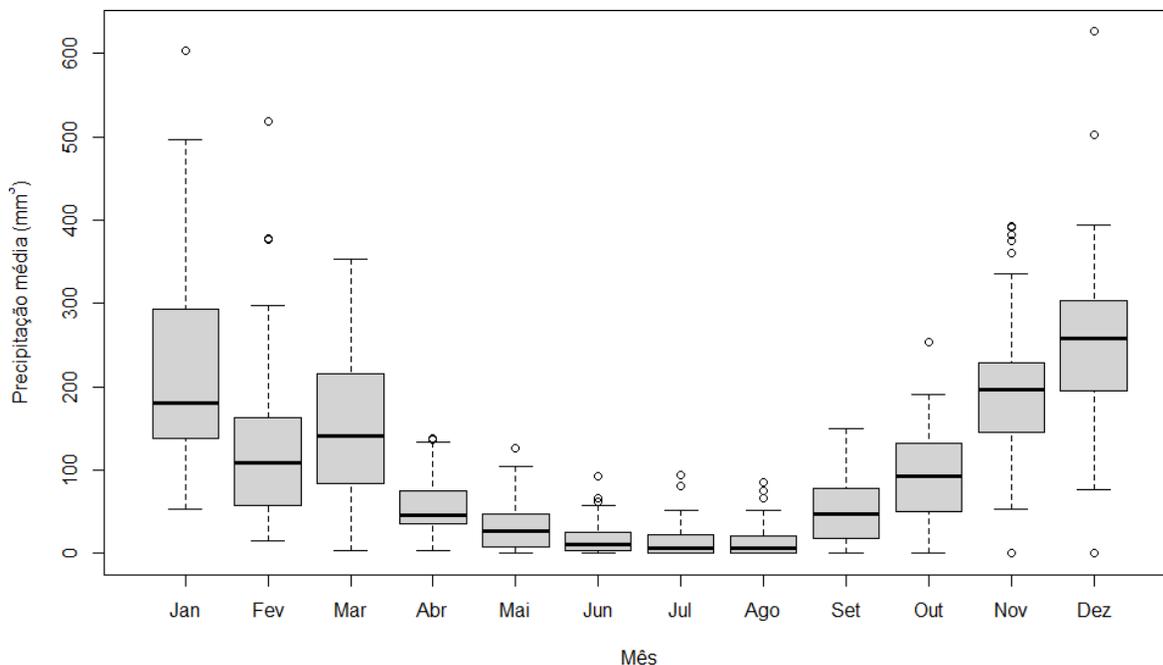
Fonte: Elaboração dos autores.

Após descrição detalhada e análise visual da série temporal em estudo, procedeu-se à análise dos dados por meio da aplicação de técnicas que contemplem as características inerentes aos dados.

A análise da tendência com seu respectivo valor p está apresentada na Tabela 1, na qual é possível notar que não foi detectada

tendência significativa na série da precipitação pluviométrica mensal, contrariando o senso comum de que atualmente chove menos do que anos atrás. Esse resultado está de acordo com o encontrado por Lemos *et al.* (2018), que analisaram a precipitação pluviométrica das cidades de Lambari e Lavras no sul de Minas Gerais.

Figura 2: Box-plot da Série Histórica da precipitação pluviométrica



Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 1: Análise da tendência da série da precipitação

Estimativa	Desvio-padrão	Estatística <i>t</i>	Valor <i>p</i>
Intercepto - 118,3561	641,2812	-0,1850	0,8540
Tempo (x) 0,1129	0,3219	0,3510	0,7260

Fonte: Elaboração dos autores.

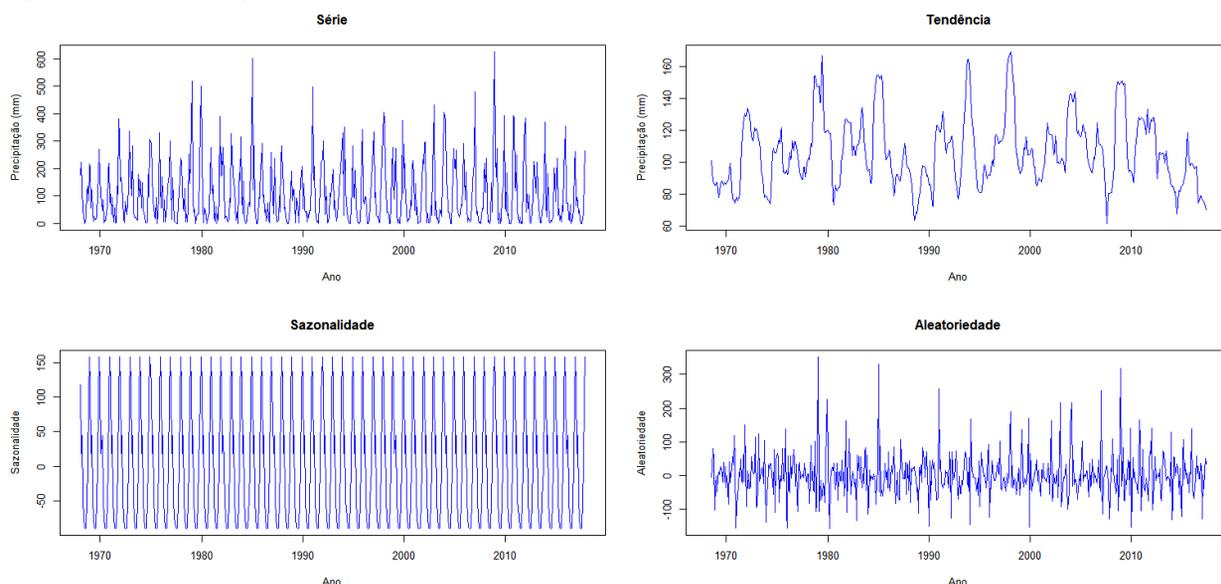
A análise da reta de tendência na Figura 1 está apresentada na Tabela 1, corroborando a análise visual e mostrando que a série não apresenta tendência, nem para crescimento nem para decréscimo no índice de precipitação pluviométrica, deixando evidente que os problemas hídricos estão relacionados com a urbanização e o crescimento da cidade, podendo também responsabilizar a degradação de nascentes no meio rural.

Além da série histórica, na Figura 2, encontra-se a decomposição da série em três componentes não observáveis: tendência, sazonalidade e efeito aleatório. Analisando cada componente separadamente, nota-se por meio de uma análise visual que a série aparentemente não possui tendência, o que foi confirmado também pelo teste na Tabela 2 que analisou o coeficiente linear do modelo. No entanto, a sazonalidade anual fica bastante clara e bem definida quando

se analisa apenas essa componente separada das demais.

Os resultados do teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF) encontram-se na Tabela 2. A hipótese de raiz unitária ou tendência estocástica (H_0 : A série possui raiz unitária ou H_0 : A série possui tendência estocástica) foi rejeitada. A hipótese de nulidade (H_0 : A série não possui tendência determinística) não foi rejeitada, indicando que a série não apresenta tendência determinística. O teste ADF foi realizado com 22 defasagens da variável em primeira diferença. Tais defasagens foram necessárias para eliminar a autocorrelação residual.

Na análise do periodograma detecta-se que a maior intensidade espectral está associada à frequência de Fourier $f=0,0841$ indicando periodicidade de aproximadamente 12, encontrada pela relação $s=1/f$, o que já

Figura 3: Decomposição da série

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 2: Resultado para o teste de Dickey-Fuller aumentado

Parâmetros	β_1	β_2	π
Estimativa	127,3279	0,0071	-1,2075
Valor p	< 0,0001	0,7257	< 0,0001

Fonte: Elaboração dos autores.

era esperado desde a análise visual, ou seja, os dados apresentam dependência espacial de 12 em 12 observações.

Na Tabela 3, encontra-se a seleção do modelo por meio dos critérios AIC e BIC, tendo sido selecionado o modelo SARIMA (1,0,0) x (0,1,1).

Após especificar, identificar e estimar um modelo que melhor se ajustou aos dados, realizou-se a análise residual para verificar a qualidade do ajuste. Na Tabela 4 encontram-se os resultados dos testes aplicados aos resíduos do modelo.

Pelo teste de Shapiro-Wilk, verificou-se que os resíduos do modelo não seguem distribuição normal. Quanto ao teste de Ljung-Box aplicado

aos resíduos do modelo, conclui-se que eles não são autocorrelacionados, enquanto para o mesmo teste aplicado aos resíduos elevados ao quadrado, verificou-se que o modelo não apresenta variâncias homogêneas, o que requer uma modelagem para os resíduos da série.

O modelo SARIMA (1,0,0) x (0,1,1) foi escolhido por possuir melhor ajuste que os demais, no entanto, mostrou-se inadequado, apresentando heterocedasticidade da variância residual. Desta forma, uma alternativa para contornar tal situação é modelar os resíduos da série por meio de um modelo não linear da classe ARCH/GARCH de modo a obter variâncias homogêneas e não comprometer o processo de modelagem e previsão.

Tabela 3: Comparação dos modelos

Modelo	BIC	AICc	MSE	MAPE
SARIMA(0, 0, 0) x (0, 1, 0)	6875,5100	6871,1690	1522,7160	40,6612
SARIMA(0, 0, 0) x (0, 1, 1)	6518,0060	6509,3330	780,4648	29,1273
SARIMA(0, 0, 0) x (0, 1, 2)	6523,9810	6510,9810	763,0412	28,8009
SARIMA(1, 0, 0) x (0, 1, 1)	6516,6530	6503,6540	806,5600	28,8372
SARIMA(2, 0, 0) x (0, 1, 1)	6522,4940	6505,1750	806,7800	29,0667
SARIMA(1, 0, 1) x (0, 1, 1)	6521,8490	6504,5300	803,7225	27,9538

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 4: Teste dos resíduos para o modelo escolhido

Teste	Estatística	Valor p
Shapiro-Wilk	0,8931	< 0,0001
Ljung-Box para resíduos	122,8100	0,9165
Ljung-Box para resíduos elevados ao quadrado	45,9330	< 0,0001

Fonte: Elaboração dos autores.

Na Tabela 5, encontra-se a seleção do modelo para ajuste dos resíduos, em que foi selecionado um GARCH(2,0)=ARCH(2).

Após modelar a série combinando o modelo SARIMA (1,0,0) x (0,1,1) para ajustar a correlação serial e o ARCH (2) para modelar a variância dos resíduos, obteve-se um modelo bem ajustado e com resíduos se comportando como um ruído branco, condição necessária para tal modelagem.

Tabela 5: Seleção do modelo ARCH/GARCH

Modelo	AIC
GARCH(1,0)	6516,2430
GARCH(1,1)	6538,8650
GARCH(2,0)	6506,3250
GARCH(3,0)	6517,8230
GARCH(4,0)	6519,4400
GARCH(2,1)	6526,5730
GARCH(0,1)	6579,1170
GARCH(0,2)	6570,8180

Fonte: Elaboração dos autores.

Na Tabela 6, encontra-se a previsão da precipitação mensal realizada pelos modelos. Além dos valores previstos, foi incluída uma coluna com os valores já observados para o ano de 2019.

Comparando os resultados previstos com aqueles observados de fato no ano de 2019, observa-se que o modelo apresentou estimativas bastante acuradas, uma vez que todas elas estão contidas nos respectivos intervalos de confiança para a previsão e, em alguns meses, se aproximaram bastante dos valores observados, como nos meses de fevereiro, maio, outubro e dezembro, todos com diferença entre o observado e o esperado inferior a 25 %. Observa-se também que a previsão, exceto para os meses de abril, outubro e novembro, apresentou valores superiores aos observados. Esse fato decorre provavelmente da média de precipitação anual ter sido inferior à média geral no ano de 2019, registrada em 100,33 mm, enquanto a média geral foi registrada em 106,5 mm. Essa diferença representa um total de 74,04 mm de chuva em comparação com outros anos da série em que a média ocorreu.

Tabela 6: Previsão e observação para precipitação mensal do ano de 2019 (em mm)

Mês	Previsão	Observado	Intervalo de Confiança	
			LI	LS
jan./19	248,26	29,8	77,64	347,06
fev./19	262,31	155,8	0	261,44
mar./19	245,80	130,8	17,95	289,25
abr./19	121,21	115,4	0	19279
maio/19	82,61	52,6	0	167,78
jun./19	81,12	24	0	153,23
jul./19	15,91	1	0	150,97
ago./19	41,50	7,6	0	153,58
set./19	118,61	60,4	0	192,27
out./19	126,82	143,6	0	235,52
nov./19	247,39	331,4	72,35	343,65
dez./19	271,93	255,2	128,45	399,75

Fonte: Elaboração dos autores.

A população de Viçosa-MG em 2020 é estimada em aproximadamente 80 mil habitantes (IBGE, 2020), no ano de 2010, era registrada em aproximadamente 72 mil e no ano 2000, era de quase 60 mil habitantes (Maria *et al.*, 2014). Tais indicadores apontam para um crescimento populacional de 33 % em apenas 20 anos, o que, por consequência, gera maior demanda por água ao mesmo tempo em que o índice de precipitação segue constante.

Conforme visto nos resultados, o índice de precipitação segue constante, aliado a uma população crescente, o problema da falta de água deve seguir e até mesmo se intensificar caso não ocorra nenhuma intervenção por parte dos atores responsáveis pelos recursos hídricos municipais. Diante disso, algumas medidas precisam ser tomadas, tais como preservação das nascentes e de todo o curso dos rios, melhoria das condições dos reservatórios de água da cidade e adoção de medidas que visem à economia e ao reaproveitamento dos recursos hídricos já utilizados pela comunidade.

Para preservação da qualidade e quantidade de água em uma determinada região, a população rural é essencial. Segundo Garcia e Maia (2019), a manutenção do produtor na área rural por si só pode servir como barreira para a expansão urbana em regiões densamente ocupadas, processo que amplia sem precedentes o grau de degradação dos ecossistemas e a demanda por recursos naturais. Além do fato de o produtor rural poder ser orientado e incentivado, inclusive financeiramente, a usar suas terras de forma consciente preservando as nascentes.

Com isso, faz-se necessário cuidar das áreas rurais degradadas. Segundo Garcia e Maia (2019), a recuperação e a manutenção de áreas florestais são ações fundamentais para garantir ou ampliar o fluxo de serviços ecossistêmicos em bacias hidrográficas, conservando por mais tempo a água no solo de uma determinada região.

Além de preservar as nascentes e conservar a água que irá beneficiar toda a população, o produtor rural pode também conseguir melhorar a quantidade e a qualidade de água em sua propriedade visando maior produção. Segundo Christofidis (2013), globalmente, a produtividade obtida pela prática da agricultura irrigada é 2,7 vezes maior do que a obtida pela agricultura tradicional. Ainda, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) estimou um aumento de 11 % na demanda de água pela agricultura irrigada no período entre 2008 e 2050 em todo o mundo, devido ao aumento da população e à maior demanda por alimentos (FAO, 2011).

Conclusão

O trabalho permitiu uma análise detalhada do comportamento desta importante série estatística e indicou suas principais características. O modelo também permitiu a apresentação de previsões com precisão bastante razoável para uma janela de 12 meses.

Com este estudo, conclui-se ainda que a série temporal da precipitação pluviométrica total mensal da cidade de Viçosa-MG segue com o nível de precipitação inalterado desde o início do registro dos dados em janeiro de 1968.

Referências

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Notre Dame, v. 19, n. 6, p. 717-723, 1974.
- BLEIDORN, M. T.; PINTO, W. P.; BRAUM, E. S.; LIMA, G. B.; MONTEBELLER, C. A. Modelagem e previsão de vazões médias mensais do rio Jucu, ES, utilizando o modelo SARIMA. **IRRIGA**, v. 24, n. 2, p. 320-335, 2019.

- BOLLERSLEV, T. Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, North Holland, v. 31, n. 3, p. 307-327, 1986.
- BONETT, D. G.; SEIER, E. A test of normality with high uniform power. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 40, p. 435-445, 2002.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. **Time series analysis forecasting and control**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 746p.
- CRYER, J. D.; CHAN, K. S. **Time series analysis with applications in R**. 2. ed. Nova York: Springer, 2008. 492p.
- CARVALHO, R. L. S.; NASCIMENTO, B. I. S.; QUERINO, C. A. S.; SILVA, M. J. G.; DELGADO, A. R. S. Comportamento das séries temporais de temperatura do ar, umidade e precipitação pluviométrica no município de Ariquemes (Rondônia-Brasil). **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 18, p. 123-142, 2016.
- CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 115-127, 2013.
- COSTA, M. N. M.; BECKER, C. T.; BRITO, J. I. B. Análise das séries temporais de precipitação do semiárido paraibano em um período de 100 Anos - 1911 a 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 680-696, 2013.
- D'AGOSTINO, R. B. Transformation to normality of the null distribution of G1. **Biometrika**, v. 57, n. 3, p. 679-681, 1970.
- DICKEY, D.; FULLER, W. A. Distribution of the estimates for autoregressive Time Series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 74, n. 366, p. 427-431, 1979.
- ENGLE, F. R. Autorregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance United Kingdom inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987-1008, 1982.
- FAO. Food and Agricultural Organization of the United Nations. **Hunger**. Disponível em: <http://www.fao.org/hunger>. Acesso em: 17 jul. 2011.
- FERNANDES, V. R.; CUNHA, A. P. M. A.; PINEDA, L. A. C.; LEAL, K. R. D.; COSTA, L. C. O.; BROEDEL, E.; FRANÇA, D. A.; ALVALÁ, R. C. S.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J. Secas e os impactos na região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 561-584, 2021. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14748>
- GARCIA, R.; MAIA, A. G. Agricultores e a gestão da Bacia do Rio Jundiáí. **Revista de Política Agrícola**, v. 28, n. 3, p. 23-37, 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população**. Rio de Janeiro, 2020.
- LEMOS, B. C. S.; SILVA, L. P.; MIRANDA, W. S.; ABREU, L. G. Análise de tendência de mudanças climáticas para a região sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 e 2006. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 3, p. 25-33, 2018.
- LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, Oxford, v. 65, n. 2, p. 297-303, 1978.
- LOPO, A. B.; SPYRIDES, M. H. C.; LUCIO, P. S. Índice de radiação ultravioleta máximo da cidade de Natal: modelagem via método univariado SARIMA. In: CONGRESSO DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 33., 2012. Natal. Anais do Congresso de Matemática Aplicada e Computacional _ CMAC Nordeste, Natal, 2012. P. 1-12.

MARIA, A. C. S.; FARIA, T. C. A.; STEPHAN, I. I. C. Um retrato da evolução urbana de Viçosa/MG: impactos da Federalização da UFV sobre a cidade (1969-2014). **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 3, n. 1, p. 37-54, 2014.

MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T. M. N. Análise estatística e geoestatística da precipitação média para o município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, p. 229-239, 2016.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 538p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2019. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 17 mar. 2019.

SANTOS, F. A.; AQUINO, C. M. S. Análise da precipitação pluviométrica no município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 21, n. 2, p. 619-633, 2017.

SANCHES, F. O.; FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. Evidências de mudanças climáticas em Viçosa (MG). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 34, p. 122-136, 2017.

SOCOL, O. J.; CARDOSO, C. O.; MIQUELLUTI, D. J. Análise da precipitação mensal provável para o município de Lages, SC. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 569-574, 2010.

SCHWARZ, G. Estimating the dimensional of a model. **Annals of Statistics**, Hayward, v. 6, n. 2, p. 461-464, 1978.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa-MG. **Boletim meteorológico 2018**. Viçosa, 2019. Disponível em http://www.posmet.ufv.br/?page_id=1253. Acesso em 15/3/2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Drinking-Water**. 14 de junho de 2019. Disponível em <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.