

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

PRECIPITAÇÃO DECENDIAL MÍNIMA PROVÁVEL PARA A BACIA DO ALTO RIO PARAÓPEBA

Maria Fernanda Corrêa de Mello Ruas¹ Lucas de Sousa Santos² & Matheus Fonseca Durães³

Abstract: Probabilistic studies involving climatic variables are extremely important for agricultural activities, urban planning and other activities. With the aim of contributing to agricultural planning, this work aimed to adjust a probability distribution to the decadal historical series and estimate the probable rainfall for the upper Paraopeba river basin. The months of October, November, December, January, February and March were studied from 8 rainfall stations. To assess the suitability of the distribution for the periods studied, the chi-squared test (χ^2) was used at a 5% significance level, as well as the methods of first order moments (MOM) and L moments (MML). Probable rainfall was estimated for each period using the parameter adjustment with the lowest χ^2 value. The study of probable rainfall is a good strategy to enhance decisions regarding the planning and use of water by irrigation systems.

Resumo: Estudos probabilísticos envolvendo variáveis climáticas são de extrema importância para as atividades agrícolas, planejamento urbano e outras atividades. Visando contribuir para o planejamento da agricultura, este trabalho teve como objetivo ajustar uma distribuição de probabilidade às séries históricas decendiais e estimar as precipitações prováveis para a bacia do alto rio Paraopeba. Foram estudados os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, a partir de 8 estações pluviométricas. Para avaliar a adequabilidade da distribuição, nos períodos estudados, utilizou-se os testes de Qui-quadrado (χ^2) ao nível de 5% de significância e os métodos dos momentos de primeira ordem (MOM) e momentos L (MML). As precipitações prováveis foram estimadas para cada período utilizando o ajuste dos parâmetros que apresentou o menor valor de χ^2 . O estudo de precipitações prováveis é uma boa estratégia no auxílio de decisão quanto ao planejamento e uso da água por sistemas de irrigação.

Palavras-Chave – Distribuição Log-Normal 3P, chuva, irrigação.

INTRODUÇÃO

As alterações no ciclo hidrológico, decorrentes das mudanças climáticas e das transformações no uso e cobertura do solo, impõem obstáculos à gestão dos recursos hídricos não apenas como um fenômeno natural, mas como expressão das dinâmicas socioespaciais que configuram o território. Essa modificação na dinâmica e no padrão das chuvas reflete a interação entre processos globais e locais, criando assimetrias regionais na disponibilidade hídrica. Consequentemente, tais mudanças comprometem o desenvolvimento socioeconômico, são fatores primordiais para o planejamento e

1) Licenciada em Geografia, Graduação Bacharelado em Geografia, Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH. Universidade Federal de Uberlândia. Avenida João Naves de Ávila, 2121. Bairro Santa Mônica, Bloco 5M, sala 302C. CEP: 38400-902. Uberlândia, MG. (34) 99892-6578, maria.ruas@ufu.br

2) Graduação Bacharelado em Geografia, Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH. Universidade Federal de Uberlândia. Avenida João Naves de Ávila, 2121. Bairro Santa Mônica, Bloco 5M, sala 302C. CEP: 38400-902. Uberlândia, MG. lucas.santos2@ufu.br

3) Professor, Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos – LCRH. Universidade Federal de Uberlândia. Avenida João Naves de Ávila, 2121. Bairro Santa Mônica, Bloco 5M, sala 302C. CEP: 38400-902. Uberlândia, MG. (34) 3239-8362, duraes@ufu.br

gestão de bacias hidrográficas, fornecendo subsídios para a definição de épocas de plantio, dimensionamento de sistemas de irrigação suplementar, controle da erosão e crédito rural.

Segundo Lima e Naghettini (2001), para melhor compreender o comportamento de uma determinada variável hidrológica, é empregado modelos probabilísticos devido à natureza aleatória das variáveis, as quais estão sujeitas a análise pela teoria de probabilidades, sendo consideradas, por princípio, como aleatórias, independentes e homogêneas. Segundo os autores, a escolha do modelo é feita levando em consideração a aderência do modelo proposto ao conjunto de dados observados, submetendo a testes de independência, homogeneidade e a verificação da presença de pontos atípicos.

Nesse sentido, estudos probabilísticos permitem uma melhor compreensão das condições naturais da bacia hidrográfica, além de auxiliar no planejamento racional da produção agrícola, principalmente em relação à dependência das chuvas e sua ocorrência, uma vez que a agricultura de sequeiro representa quase 90% da área agrícola do país (ANA, 2020; Durães, 2024), estando sujeitas a um déficit hídrico e, conseqüentemente, queda na produção.

Para Ávila et al. (2009), a precipitação provável é definida como sendo a precipitação pluviométrica mínima a um nível de probabilidade de 75%, para fins agrícolas e sua estimativa está associada a uma frequência de ocorrência, sendo obtida mediante a utilização de modelos teóricos de probabilidades, ajustados a uma série histórica de dados representativa.

Segundo Danfá et al. (2011), o estudo da precipitação provável pode ser feito por meio de algumas distribuições estatísticas, como a distribuição normal, log-normal a dois e a três parâmetros, distribuição Pearson e Log-Pearson tipo III, distribuição Gumbel, dentre outras.

Para Franco et al. (2018), a distribuição Log-Normal 3P (LN3P) vem sendo utilizada nos estudos de precipitação devido à sua simplicidade e rapidez, além de apresentar um coeficiente de assimetria maior que zero e não fixo, fazendo com que essa distribuição seja adequada para a estimativa da precipitação provável e, com isso, uma importante ferramenta para o manejo da água.

Em relação ao emprego da LN3P no Brasil, alguns estudos podem ser destacados, como o de Back (2001) que a considerou como uma das mais adequadas para a estimativa da precipitação máxima diária em séries com baixa assimetria e curtose em Santa Catarina. Ainda na região Sul, Caldeira et al. (2016) realizaram um estudo envolvendo 342 estações pluviométricas no estado do Rio Grande do Sul e concluíram que a LN3P foi uma das mais adequadas para as séries de precipitação máxima diária anual, principalmente no que tange aos melhores ajustes dos parâmetros.

Em Minas Gerais, Junqueira Junior et al. (2007) aplicou a LN3P na região sul do estado para caracterizar a precipitação provável, comparando-a com outros 3 modelos e, concluíram pelos testes de aderência, que essa distribuição foi a que melhor se ajustou às séries históricas mensais.

Neste contexto, objetivou-se estimar a precipitação decendial mínima provável, a partir do ajuste da distribuição de probabilidade LN3P em oito estações pluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do alto rio Paraopeba, a qual se destaca por sua acentuada sazonalidade (Ferreira et al., 2020), com predominância de um período seco (abril a outubro) e um chuvoso (novembro a março).

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Paraopeba corresponde a 2,13% da área total da bacia hidrográfica do rio São Francisco, constituindo a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos UPGRH SF3, na região central de Minas Gerais, com área de drenagem de 13.643 Km², onde se inserem 48 municípios, sendo 35 com sede na bacia, com população total de aproximadamente 1.318.885 milhões de habitantes.

O clima da região é variável, apresentando as tipologias Cwb, Cwa e Aw (classificação de Köppen) e, por consequência, possui variabilidade considerável de precipitação, variando de 1.800 mm nas regiões de cabeceira a 1.150 mm na região próxima a foz na represa de Três Marias. Os períodos mais chuvosos se concentram principalmente nos meses de verão, e os de mínimos entre os meses de maio a agosto. Considerando a bacia do alto Paraopeba (Figura 1), a temperatura média anual de 23°C, tipologia climática Cwb, que corresponde ao subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno.

Os dados de precipitação foram totalizados em séries decendiais, ajustando-se as frequências observadas ao modelo de probabilidade, em função dos respectivos parâmetros de ajuste, tendo sido adotada a metodologia dos momentos estatísticos. Esses dados foram obtidos junto à Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA/Hidroweb) de oito estações pluviométricas distribuídas na região do alto rio Paraopeba, sendo elas: Carandaí, Congonhas Linígrafo, Conselheiro Lafaiete, Entre Rios de Minas, Fazenda Campo Grande, Resende Costa, Usina João Ribeiro e Usina São João del Rei, com diferentes períodos, com pelos menos 30 anos de dados observados conforme a Tabela 1.

Figura 1 – Distribuição dos postos pluviométricos na bacia do alto rio Paraopeba.

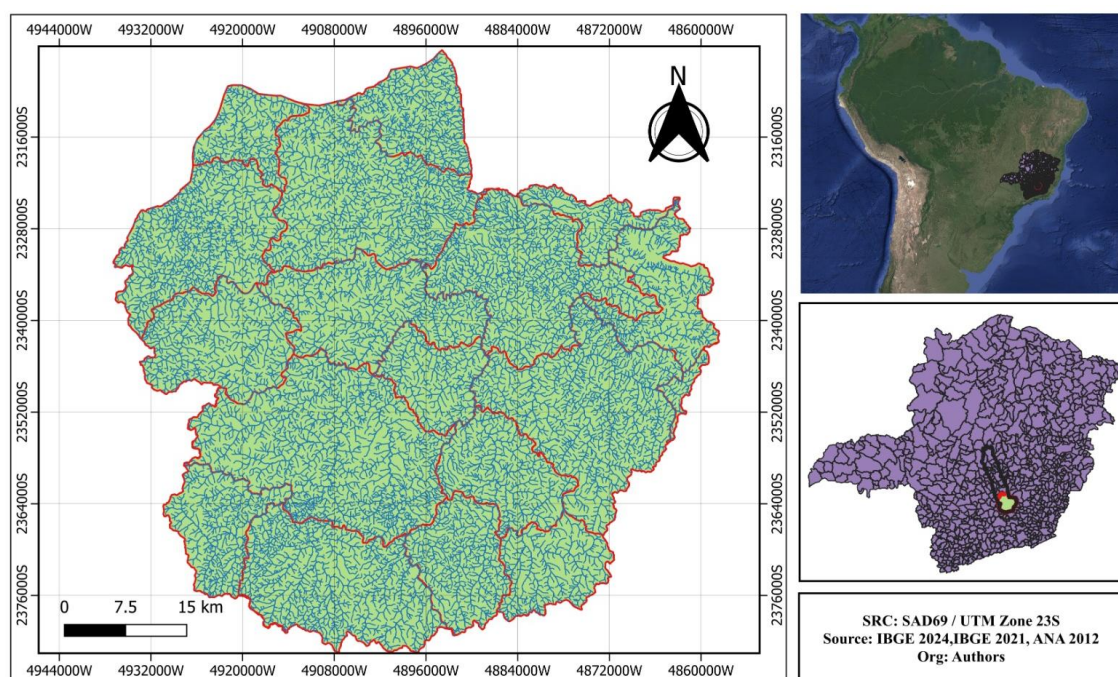


Tabela 1 – Postos pluviométricos utilizados

Código	Nome da estação	Latitude	Longitude	Série Histórica
2043018	Carandaí	-20,9558	-43,8008	1983-2015
2043013	Congonhas Linígrafo	-20,52	-43,83	1942-2009
2043005	Conselheiro Lafaiete	-20,63	-43,75	1970-2023
2044007	Entre Rios de Minas	-20,6611	-44,0705	1969-2023
2044009	Fazenda Campo Grande	-20,63	-44,43	1977-2020
2044038	Resende Costa	-20,92	-44,24	1976-2017

2044040	Usina João Ribeiro	-20,64	-44,05	1974-2009
2144020	Usina São João del Rei	-21,06	-44,21	1962-2022

Uma vez que os dados pluviométricos foram identificados para cada decêndio das estações pluviométricas, a verificação de tendências foi realizada por meio da métrica de Mann-Kendall (MK) com nível de significância de 5%, fazendo o uso do *software* XLSTAT Advanced. O teste MK é um método sequencial e não-paramétrico, possibilita determinar se a série de dados possui tendência temporal de alteração estatisticamente significativa, com o aumento ou redução da variável ao longo do tempo (Salviano et al., 2016; Barroso et.al., 2020). Subsequente, realizou-se os ajustes da função densidade de probabilidade (FDP) da distribuição Log-Normal a três parâmetros é representada pela seguinte equação:

$$f_x = \frac{1}{(x-\beta) \cdot \sigma_n \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{0,5 \cdot \left(\frac{\ln(x-\beta) - \mu_n}{\sigma_n} \right)^2} \quad (1)$$

no qual β é o parâmetro de posição, σ_n é parâmetro de forma e μ_n é o de escala da distribuição LN3P.

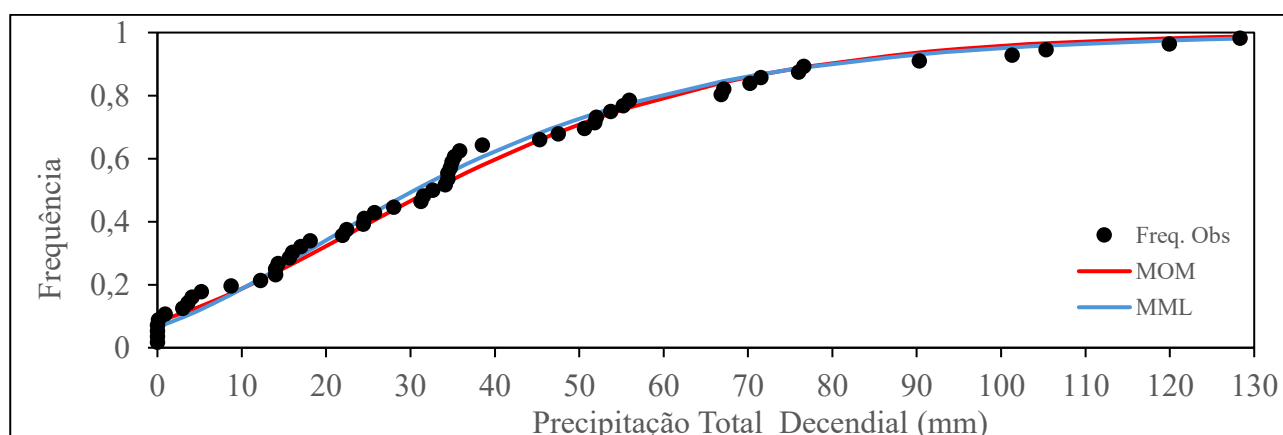
Com os parâmetros estimados ajustados pelo método dos momentos e, a fim de se observar o ajuste de probabilidade em relação aos dados observados, aplicou-se os testes de aderência de Komolgorov-Smirnov (ΔF) e Qui-quadrado (λ^2), a 5% de significância, conforme metodologia proposta em Mello et al. (2020). Além disto, foram calculadas as precipitações prováveis decendiais, considerando níveis de probabilidades de excedência de 75%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maior valor encontrado para a precipitação total decendial (PTD) foi de 548,4 mm, ocorrido no ano de 1986 e registrado pela estação Campo Grande, correspondendo ao 3° decêndio de dezembro. A média dos valores de PTD é de 67,6 mm e o período com as maiores alturas acumuladas compreende os 2° e 3° decêndio de dezembro e o 1° decêndio de janeiro, com acumulados médios superiores a 98 mm.

A distribuição Log-normal a 3 parâmetros foi ajustada para cada uma das oito estações pluviométricas. A fim de exemplo, a Figura 2 apresenta os ajustes pelo método dos momentos e de momentos L para a série histórica do terceiro decêndio de março da estação Entre Rios de Minas.

Figura 2 – Ajustes da distribuição LN-3P à série de precipitação total decendial de Entre Rios de Minas.



Os resultados deste estudo demonstram que a distribuição Log-Normal a 3 parâmetros (LN3P) é adequada para modelar precipitações decendiais mínimas na bacia do alto rio Paraopeba. Esses achados estão em consonância com trabalhos anteriores, como o de Ávila et al. (2009), que

validaram a LN3P para precipitações máximas anuais em Minas Gerais, reforçando sua aplicabilidade em diferentes escalas temporais e contextos hidrológicos.

A fim de se analisar estatisticamente os ajustes dos parâmetros, identificando o melhor método de estimativa para esta distribuição na bacia do alto rio Paraopeba, assim foram aplicados os testes de Smirnov-Kolmogorov (SK) e Qui-quadrado (λ^2). Conforme Beskow, Mello e Silva (2020), o teste SK é qualitativo, limitando-se a verificar a adequação geral da distribuição, sem comparar modelos. Já o teste λ^2 , quantitativo, permite identificar o melhor ajuste para a série estudada. Apresentam-se na Tabela 2 os resultados dos testes de aderência. Observa-se que o teste de Qui-quadrado se destaca por ser mais rígido que o de Smirnov-Kolmogorov (SK), sinalizando um maior rigor do mesmo na constatação do ajuste da distribuição de probabilidades aos dados observados, uma vez que classificou como inadequadas apenas 1,4% dos modelos. Além disso, o λ^2 revelou que o Método dos Momentos L (MML) teve desempenho superior (69,7% de adequação) em comparação ao Método dos Momentos (MOM) (28,9%). Essa superioridade do MML corrobora com Beskow et al (2015), que recomendam seu uso para distribuições com assimetria positiva, como a LN3P.

Tabela 2 – Resultados dos testes de aderência de Smirnov-Kolmogorov (SK) e Qhi-quadrado (λ^2)

Estação	Método	Jan						Fev						Mar					
		1º dec		2º dec		3º dec		1º dec		2º dec		3º dec		1º dec		2º dec		3º dec	
		SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2
Carandaí	MOM	Aceita	18	Aceita	9,48	Aceita	5,57	Aceita	7,24	Aceita	-	Aceita	46,2	Rejeita	-	Aceita	2,56	Aceita	2,37
	MML	Aceita	41,3	Aceita	9,82	Aceita	4,72	Aceita	6,61	Aceita	-	Aceita	36,9	Rejeita	-	Aceita	2,55	Aceita	2,34
Cong Linig	MOM	Aceita	6,83	Aceita	1,9	Aceita	6,11	Aceita	4,13	Aceita	6,18	Aceita	4,28	Aceita	9,2	Aceita	10,36	Aceita	21
	MML	Aceita	5,37	Aceita	1,66	Aceita	3,95	Aceita	3,26	Aceita	3,95	Aceita	3,33	Aceita	8,58	Aceita	8,812	Aceita	22,5
Cons. Laf	MOM	Aceita	13,2	Aceita	3,69	Aceita	3,52	Aceita	2,807	Aceita	8,61	Aceita	11,3	Aceita	13	Aceita	2,28	Aceita	9,92
	MML	Aceita	13,3	Aceita	2,86	Aceita	3,35	Aceita	2,51	Aceita	6,38	Aceita	12,5	Aceita	10,9	Aceita	1,98	Aceita	7,05
E.R. Minas	MOM	Aceita	26,3	Aceita	1,57	Aceita	5,38	Aceita	6,55	Aceita	6,99	Aceita	5,45	Aceita	5,05	Aceita	5,77	Aceita	3,35
	MML	Aceita	26,1	Aceita	1,46	Aceita	3,41	Aceita	3,72	Aceita	4,73	Aceita	3,99	Aceita	4,25	Aceita	7,41	Aceita	1,93
F.C. Grande	MOM	Aceita	11	Aceita	9,44	Aceita	11,9	Aceita	5,41	Aceita	7,08	Aceita	3,52	Aceita	0,69	Aceita	4,33	Aceita	1,05
	MML	Aceita	13,9	Aceita	7,91	Aceita	10,3	Aceita	5,008	Aceita	7,02	Aceita	5,56	Aceita	0,8	Aceita	3,61	Aceita	0,64
R. Costa	MOM	Aceita	4,42	Aceita	5,14	Aceita	1,58	Aceita	62,77	Aceita	6,36	Aceita	3,67	Aceita	86,9	Aceita	8,41	Aceita	2,65
	MML	Aceita	4,52	Aceita	4,51	Aceita	0,87	Aceita	56,53	Aceita	7,58	Aceita	3,08	Aceita	83,3	Aceita	8,11	Aceita	2,79
U. J. Ribeiro	MOM	Aceita	10,4	Aceita	1,47	Aceita	5,56	Aceita	0,718	Aceita	2,398	Aceita	8,83	Aceita	19,6	Aceita	4,28	Aceita	7,76
	MML	Aceita	13,3	Aceita	1,42	Aceita	4,53	Aceita	0,753	Aceita	1,267	Aceita	10	Aceita	18,3	Aceita	5,83	Aceita	7,17
U.S.J. Rei	MOM	Aceita	11,4	Aceita	13,46	Aceita	8,96	Aceita	5,13	Aceita	13,44	Aceita	2,42	Aceita	4,06	Aceita	6,37	Aceita	11,3
	MML	Aceita	10,4	Aceita	13,29	Aceita	8,07	Aceita	3,86	Aceita	10,55	Aceita	1,28	Aceita	3,95	Aceita	5,77	Aceita	10,4
Estação	Método	Out						Nov						Dez					
		1º dec		2º dec		3º dec		1º dec		2º dec		3º dec		1º dec		2º dec		3º dec	
		SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2	SK	λ^2
Carandaí	MOM	Aceita	28	Aceita	67,38	Aceita	45,1	Aceita	0,7641	Aceita	6,97	Aceita	2,98	Aceita	0,29	Aceita	14,14	Aceita	1,58
	MML	Aceita	20,6	Aceita	64,08	Aceita	44,6	Aceita	0,9663	Aceita	6,96	Aceita	2,77	Aceita	0,59	Aceita	13,92	Aceita	1,76
Cong Linig	MOM	Aceita	4,3	Aceita	3,82	Aceita	4,57	Aceita	4,41	Aceita	6,24	Aceita	5,72	Aceita	10,6	Aceita	4,12	Aceita	1,05
	MML	Aceita	2,81	Aceita	3,68	Aceita	4,23	Aceita	3,91	Aceita	6,61	Aceita	5,06	Aceita	9,91	Aceita	4,14	Aceita	0,96
Cons. Laf	MOM	Aceita	14,4	Aceita	3,546	Aceita	14,5	Aceita	1,476	Aceita	3,26	Aceita	2,92	Aceita	5,57	Rejeita	69,72	Aceita	2,16
	MML	Aceita	6,95	Aceita	3,56	Aceita	14,1	Aceita	1,473	Aceita	3,03	Aceita	3,14	Aceita	5,6	Aceita	24,67	Aceita	2,08
E.R. Minas	MOM	Aceita	5,9	Aceita	3,24	Aceita	5,15	Aceita	2,44	Aceita	4,76	Aceita	1,59	Aceita	7,85	Aceita	8,13	Aceita	3,66
	MML	Aceita	4,84	Aceita	2,19	Aceita	4,83	Aceita	1,44	Aceita	4,53	Aceita	1,25	Aceita	7,62	Aceita	9,79	Aceita	3,14
F.C. Grande	MOM	Aceita	11,5	Aceita	2,06	Aceita	11,8	Aceita	5,95	Aceita	1,72	Aceita	2,49	Aceita	9,44	Aceita	7,74	Aceita	11,8
	MML	Aceita	8,99	Aceita	2,15	Aceita	12,4	Aceita	5,29	Aceita	1,48	Aceita	2,38	Aceita	9,51	Aceita	8,99	Aceita	10,6
R. Costa	MOM	Aceita	98	Aceita	5,62	Aceita	19,7	Aceita	3,54	Aceita	9,13	Aceita	2,62	Aceita	1,32	Aceita	0,775	Aceita	5,56
	MML	Aceita	81,2	Aceita	3,57	Aceita	20	Aceita	3,56	Aceita	9,87	Aceita	2,59	Aceita	1,37	Aceita	0,841	Aceita	5,11
U. J. Ribeiro	MOM	Aceita	12,6	Aceita	37,636	Aceita	2,57	Aceita	3,387	Aceita	17,13	Aceita	0,42	Aceita	7,1	Aceita	5,72	Aceita	4,5
	MML	Aceita	10,2	Aceita	31,83	Aceita	1,88	Aceita	3,198	Aceita	16,38	Aceita	0,7	Aceita	6,71	Aceita	5,85	Aceita	4,32
U.S.J. Rei	MOM	Aceita	12,9	Aceita	10,06	Aceita	1,07	Aceita	6,886	Aceita	4,378	Aceita	4,42	Aceita	7,77	Aceita	2,49	Aceita	17
	MML	Aceita	7,03	Aceita	10,32	Aceita	1,2	Aceita	7,006	Aceita	4,301	Aceita	3,61	Aceita	7,41	Aceita	2,11	Aceita	18,7

Considerando o menor valor de λ^2 entre os métodos de ajuste dos parâmetros, independente do período analisado, observa-se que os melhores ajustes pelo MML, com os menores valores ocorrendo nos meses de dezembro e janeiro, comportamento semelhante ao encontrado por Ribeiro et al. (2007) que compararam diferentes distribuições de probabilidade para estimar a precipitação provável na região de Barbacena.

Silva et al. (2007) analisaram a distribuição da precipitação diária para a cidade de Santa Maria – RS, através do uso das funções Exponencial, Gama, Log-Normal, Normal e Weibull, obtendo como resultado que as distribuições Gama e Weibull foram as que melhor se ajustaram à série de dados.

Por outro lado, Dorneles et al. (2016) concluíram que as distribuições de probabilidade Gama 2 parâmetros, Gumbel, log-Normal 3 parâmetros, log Pearson 3 e Normal se ajustaram adequadamente as séries de precipitação máxima diária anual, utilizando os métodos dos momentos e máxima verossimilhança. Segundo esses autores, o método da máxima verossimilhança para a distribuição log-Normal 2 parâmetros ajustou-se adequadamente para todas as séries, porém quando aplicado o método dos momentos, a LN não se ajustou corretamente. Além disso, assim como Durães et al (2016) na ilha da Trindade destacam a superioridade do teste de Mann-Kendall para detectar tendências em séries climáticas, tendo como produto do estudo as vantagens do teste λ^2 sobre SK para avaliar ajustes de distribuições.

Segundo Mello et al. (2007), em razão da ocorrência das zonas de convergência do Atlântico Sul em Minas Gerais, principalmente durante o verão, combinado com os sistemas ciclônicos, gera grandes volumes de precipitações, além da ocorrência das chuvas convectivas, principalmente no mês de dezembro. Esse comportamento meteorológico pode ser verificado pelas médias decendiais no período, que foram estimadas em 51,8 mm, seguido pelo mês de janeiro com 40,0 mm.

O mês de outubro, que marca o início do período chuvoso na região, apresentou os menores valores de chuva provável, com média de 15,4 mm, sendo os dois primeiros decêndios menos volumosos que o último. A Tabela 3 apresenta o sumário da precipitação provável das estações analisadas. Assim como demonstrado por Barroso et al (2020) para a bacia do São Francisco, a sazonalidade pluviométrica na bacia do Paraopeba influenciou a série histórica. Esses mesmos autores identificaram tendência de redução pluviométrica em 30,7% das estações analisadas, em especial durante a crise hídrica na região no período de 2012-2016, podendo explicar as anomalias nas séries decendiais identificadas.

Tabela 3 – Precipitação provável mínima decendial (mm) das estações analisadas.

Estação	Método	Janeiro			Fevereiro			Março		
		1º dec	2º dec	3º dec	1º dec	2º dec	3º dec	1º dec	2º dec	3º dec
Carandaí	MOM	62,1	25,5	32,6	29,5	35,6	10,1	-	32,8	21,1
	MML	63,7	26,8	30,4	30,4	33,6	9,4	-	32,5	20,8
Cong Linig	MOM	41,1	42,8	39,6	31,9	22,4	19,9	27,2	24,2	16,6
	MML	39,6	41,8	37,9	30,3	22,1	18,9	25,8	23,6	17,2
Cons. Laf	MOM	43,4	37,4	33,3	23,0	23,0	12,5	16,8	19,7	16,3
	MML	44,1	35,7	31,9	22,7	21,9	12,8	15,8	19,1	15,3
E.R. Minas	MOM	35,3	32,8	33,2	12,1	20,1	9,3	21,0	20,1	14,8
	MML	37,6	31,5	31,4	11,2	18,6	9,7	19,9	20,4	14,2
F.C. Grande	MOM	46,4	34,5	42,8	31,6	34,6	16,7	42,6	26,6	15,8
	MML	47,4	32,8	42,2	30,4	33,1	15,5	41,6	25,7	15,0
R. Costa	MOM	49,8	34,9	38,8	20,7	33,2	12,3	26,0	26,2	22,4

	MML	49,9	33,3	38,0	19,1	31,1	11,3	24,0	25,8	25,3
U. J. Ribeiro	MOM	58,2	39,9	42,7	23,3	20,2	10,5	24,2	34,2	20,1
	MML	59,2	38,6	40,0	22,6	19,0	10,6	22,4	35,3	19,7
U.S.J. Rei	MOM	42,6	44,5	39,8	28,7	31,1	22,7	36,4	22,4	22,0
	MML	43,1	44,4	39,3	26,9	29,3	21,7	35,8	21,7	20,6
Estação	Método	Outubro			Novembro			Dezembro		
		1° dec	2° dec	3° dec	1° dec	2° dec	3° dec	1° dec	2° dec	3° dec
Carandaí	MOM	6,7	18,1	33,1	40,6	46,9	51,9	42,5	65,7	67,8
	MML	5,9	17,0	29,6	40,6	47,5	49,8	41,3	66,9	67,3
Cong Linig	MOM	8,9	20,1	25,7	34,6	36,8	35,8	56,5	52,2	58,0
	MML	8,2	19,7	25,2	33,8	37,0	35,1	55,3	52,6	57,2
Cons. Laf	MOM	6,2	13,8	26,5	29,5	41,1	43,4	45,1	44,7	48,0
	MML	6,2	13,5	25,8	29,0	40,4	43,5	45,2	46,3	47,1
E.R. Minas	MOM	10,6	12,0	20,1	25,8	39,1	35,3	34,3	40,3	56,2
	MML	9,8	11,2	20,1	24,7	38,2	34,4	34,8	40,3	54,5
F.C. Grande	MOM	5,8	11,6	23,6	31,4	41,4	43,0	45,2	58,0	47,5
	MML	6,0	11,2	22,7	29,9	40,4	42,7	45,4	58,5	49,0
R. Costa	MOM	6,3	8,8	31,2	24,4	36,2	46,9	38,5	64,6	59,4
	MML	5,6	8,1	31,5	24,0	34,7	46,7	38,0	64,2	60,3
U. J. Ribeiro	MOM	5,4	11,7	24,8	32,5	34,9	32,2	37,0	53,4	67,7
	MML	5,9	10,6	23,7	32,1	34,1	31,5	36,1	53,8	67,2
U.S.J. Rei	MOM	8,7	15,0	28,9	34,9	45,7	46,5	52,9	54,1	56,7
	MML	8,3	15,3	28,2	35,3	46,5	45,1	52,4	52,9	57,7

A precipitação provável sugere um estudo probabilístico de valores mínimos a serem garantidos e, de acordo com Bernardo et al. (2005), quando o objetivo é para fins agrícolas, o nível de probabilidade mais recomendado é de 75%. Os valores encontrados neste estudo demonstram que a implantação de sistemas de irrigação no alto Paraopeba pode ser necessária na forma complementar, ressaltando que devido aos períodos de veranico comuns na região e nas instabilidades inerentes do regime hídrico na bacia, o uso de sistemas de irrigação é importante.

CONCLUSÕES

A estimativa dos parâmetros da distribuição Log-Normal a 3 parâmetros pelo método dos momentos L foi o que melhor se ajustou aos dados decendiais;

As precipitações prováveis com 75% de probabilidade de ocorrência auxiliam no manejo da lâmina de irrigação, promovendo uma economia de água na irrigação suplementar.

Outubro apresentou uma precipitação provável média inferior a 15 mm nos dois primeiros decêndios, enquanto dezembro teve precipitação mínima provável nos dois últimos decêndios acima de 50 mm.

REFERÊNCIAS

ANA (2020). *Uso da água na agricultura de sequeiro no Brasil (2013-2017)*. Agência Nacional de Águas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília-DF, 63p.

- ÁVILA, L.; MELLO, C.R.; VIOLA, M.R. (2009). “*Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 13, pp. 906-915.
- BARROSO, G.R.; FERREIRA, D.B.; CORDOVA, J.E.; DANTAS, M.S.; OLIVEIRA, S.C. (2020). “*Análise de séries temporais pluviométricas na porção mineira da bacia hidrográfica do rio São Francisco*”. In: III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Belo Horizonte.
- BERNARDO, S.; MANTOVANI, E.C; SOARES, A.A. (2005). *Manual de Irrigação*. UFV Viçosa – MG, 611p.
- DANFÁ, S.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; COELHO, G.; VIOLA, M.R.; ÁVILA, L.F. (2011). “*Distribuição espacial de valores prováveis de precipitação pluvial para períodos quinzenais, em Guiné-Bissau*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 15(1), pp. 67-74.
- DORNELES, V.R.; DAMÉ, R.C.F.; VEBER, P.M.; MELLO, L.B.; KLUMB, G.B. (2016). “*Distribuição probabilística de precipitação máxima diária anual para o município de Pelotas/RS*” in Anais do XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Aracaju, Novembro, 2016, Código 69.
- DURÃES, M.F. (2024). “*Evaluation of Brazilian irrigated agriculture: what to expect?*”. African Journal of Agricultural Research 20, pp. 132-144.
- DURÃES, M.F.; MELLO, C.R.; BESKOW, S. (2016). “*Trends in the hydrometeorological regime on an island in the South Atlantic Ocean*”. Revista Brasileira de Climatologia, 18, pp. 242-255.
- FERREIRA, D.B.; BARROSO, G.R.; CORDOVA, J.E.; DANTAS, M.S.; OLIVEIRA, S.M.M.A.C. (2020). “*Análise de séries temporais pluviométricas na porção mineira da bacia hidrográfica do rio São Francisco*” in III Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Belo Horizonte.
- FRANCO, C.S.; MARQUES, R.F.P.V.; OLIVEIRA, A.S.; OLIVEIRA, L.F.C. (2014) “*Distribuição de probabilidades para precipitação máxima diária na Bacia Hidrográfica do Rio Verde, Minas Gerais*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 18(7), pp. 735-741.
- FRANCO, C.S.; MARQUES, R.F.P.V.; OLIVEIRA, L.F.C.; SILVA, A.M. (2018). “*Aplicabilidade e ajuste da distribuição log-normal a 3 parâmetros em estudo de precipitação máxima diária anual na bacia do rio Verde*”. Revista da Universidade Vale do rio Verde 16(1), pp. 1-9.
- JUNQUEIRA JÚNIOR, J.A.; GOMES, N.M.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. (2007) “*Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto rio Grande: modelos de probabilidades e valores característicos*”. Ciência e Agrotecnologia 31(3), pp. 842-850.
- LIMA, A.A.; NAGHETTINI, M. (2001). “*ALEA – uma ferramenta prática e consistente para a análise de frequência local de eventos hidrológicos anuais*” in Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracaju, Nov. 2000, 1. Código 230.
- MELLO, C.R.; SÁ, M.A.C.; CURI, N.; MELLO, J.M.; VIOLA, M.R.; SILVA, A.M. (2007). “*Erosividade mensal e anual da chuva no estado de Minas Gerais*”. Revista Agropecuária Brasileira 42(4), pp. 537-545.
- MELLO, C.R.; SILVA, A.M.; BESKOW, S. (2020). *Hidrologia de Superfície: princípios e aplicações 2ed*. UFLA Lavras – MG, 531 p.
- RIBEIRO, B.T.; AVANZI, J.C.; MELLO, C.R., LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N. (2007). “*Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para região de Barbacena, MG*”. Ciência e Agrotecnologia 31(5), pp. 1297-1302.

SALVIANO, M. F.; GROPPPO, J. D.; PELLEGRINO, G. Q. (2016). “*Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil*”. Revista Brasileira de Meteorologia 31(1), pp. 64-73.

SILVA, J.C.; HELDWEIN, A.B.; MARTINS, F.B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E. L. (2007). “*Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 11(1), pp. 67–72.