

DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADES PARA ESTIMATIVAS DE CHUVAS MENSAIS DE SÃO BONIFÁCIO, SC

ÁLVARO JOSÉ BACK

¹ Engº Agrônomo, Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Urussanga, fone (48) 3403-1382, e-mail: ajb@epagri.sc.gov.br

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: O estudo de frequências de chuvas é importante para o planejamento de várias atividades agrícolas como também para estudos ambientais e gestão de recursos hídricos. A frequência de eventos de chuva pode ser estimada com base em distribuições teóricas de probabilidades. Este estudo teve como objetivo avaliar o ajuste das distribuições Normal, Gama e a distribuição Exponencial Geométrica Estendida às séries de chuvas mensais de São Bonifácio, SC. Foram usadas as séries de chuvas mensais de 1977 a 2019 da estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas e Saneamento Ambiental (ANA). Para avaliar o ajuste foram usados os testes de Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling ao nível de significância de 5%. Foi observado que as séries de chuvas mensais apresentam assimetria positiva. O teste de Kolmogorov-Smirnov não rejeitou nenhuma das distribuições de probabilidades. Já o teste de Anderson-Darling foi mais rigoroso, rejeitando a distribuição normal para as cinco séries com maior assimetria. A distribuição Gama MV não foi rejeitada em nenhuma das séries ajustadas. As distribuições EGE e Gama MV se destacaram como as de melhor ajuste para as séries de chuvas mensais de São Bonifácio.

PALAVRAS-CHAVE: precipitação; eventos extremos; climatologia.

PROBABILITY DISTRIBUTIONS FOR MONTHLY RAIN ESTIMATES IN SÃO BONIFÁCIO, SC

ABSTRACT: The study of rainfall frequencies is important for planning various agricultural activities as well as for environmental studies and management of water resources. The frequency of rain events can be estimated based on theoretical probability distributions. This study aimed to evaluate the fit of the Normal, Gamma and Exponential Geometrical Extended distributions to the monthly rainfall series of São Bonifácio, SC. The series of monthly rainfall from 1977 to 2019 from the rainfall station of the National Water and Environmental Sanitation Agency (ANA) was used. To assess the fit, the Kolmogorov-Smirnov and Anderson-Darling tests were used at a significance level of 5%. It was observed that the monthly rainfall series present positive asymmetry. The Kolmogorov-Smirnov test did not reject any of the probability distributions. The Darling test was more rigorous, rejecting the normal distribution for the five series with the greatest asymmetry. The Gamma MV distribution was not rejected in any of the adjusted series. The EGE and Gama MV distributions stood out as the best fit for the monthly rainfall series of São Bonifácio.

KEYWORDS: precipitation; extreme events; climatology

INTRODUÇÃO: Estudos de frequências de chuvas são importantes para o planejamento de várias atividades agrícolas, como irrigação, época de plantio e calendário de tratos culturais. Também para o planejamento ambiental, manejo de recursos hídricos é importante conhecer a frequência de chuvas mensais. Existem várias distribuições de probabilidades que podem ser usadas para estimativas de valores chuvas mensais associadas à níveis de probabilidade. A distribuição Normal tem sido usada na climatologia e hidrologia para chuvas totais anuais ou mensais. A distribuição Gama é muito usada na estimativa de chuvas mensais ou períodos menores, como dez ou cinco dias. Vários estudos indicam a Distribuição Gama como adequada para a determinação de totais mensais de precipitação (ARAÚJO et al., 2001; DOURADO NETO et al., 2005; MOREIRA et al., 2010). Em hidrologia, a distribuição exponencial é usada para analisar valores extremos de variáveis como valores máximos mensais e anuais de precipitação diária e vazão do rio. Adamidis et al. (2005) propuseram a distribuição Exponencial Geométrica Estendida como uma alternativa à distribuição Gama, com várias aplicações em pesquisas nas áreas da biologia, demografia, confiabilidade de produtos eletrônicos e também nos fenômenos meteorológicos, incluindo a precipitação pluviométrica (RAMOS; MOALA, 2014). Este trabalho teve como objetivo avaliar o ajuste de diferentes distribuições de probabilidade para estimativa de chuvas mensais de São Bonifácio, Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram utilizados os dados diários de precipitação do período de 1977 a 2019, da estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas e Saneamento Ambiental (ANA), com código 02748018 (coordenadas latitude -27,90, longitude -48,93, altitude de 410 m), localizada em São Bonifácio, SC. Foram determinadas as séries de precipitações mensais e suas estatísticas descritivas. Foram avaliadas a distribuição Normal, distribuição Gama com parâmetros estimados pelo método dos momentos (MM) e máxima verossimilhança (MV) e a distribuição Exponencial Geométrica Estendida (EGE) com parâmetros estimados pelo método dos L-Moments. Para avaliar a aderência e a seleção da melhor distribuição foram usados os testes de Kolmogorov-Smirnov (KS), Anderson-Darling (AD) ao nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As séries mensais apresentam médias variando de 237,9 mm em fevereiro a 81,9 mm em junho (Tabela 1). Todas as séries apresentaram assimetria positiva, sendo nos meses de maio, junho, julho, agosto, novembro e dezembro o coeficiente de assimetria foi superior a 1,0, com destaque ao mês de agosto com coeficiente de assimetria 3,78. Esses valores altos de assimetria se devem em parte pela presença de valores extremos. Em todas as séries mensais foram observados valores de chuva superior ao limite superior do intervalo de confiança calculado com o critério e 1,5 vezes a amplitude interquartilica. Já nos menores valores, em nenhuma das séries foi observado valor inferior ao limite inferior, reforçando a assimetria positiva. Os parâmetros das distribuições de probabilidade (Tabela 2) refletem a variação da sazonal da chuva mensal. Para a distribuição Normal os parâmetros correspondem a média e desvio padrão da série. Para a distribuição Gama obtiveram-se parâmetros pelos métodos dos momentos e máxima verossimilhança. O teste KS não rejeitou nenhuma das distribuições ajustadas. O teste de AD (Tabela 3) rejeitou a distribuição normal para os meses de maio a agosto e dezembro, onde o coeficiente de assimetria foi superior a 1,2. Para a distribuição Gama com parâmetros estimados pelo MM o teste AD rejeitou somente para o mês de julho, em que o coeficiente de assimetria foi muito alto (3,78). Com a estimativa dos parâmetros pelo método da máxima verossimilhança não houve rejeição das distribuições ajustadas. A distribuição EGE foi rejeitada para as séries dos meses de julho e dezembro, que apresentaram assimetria superior a 1,7. Vários autores usam a o teste de KS para avaliar a aderência e o critério do menor valor KS para a seleção da melhor distribuição

de probabilidades a ser adotada. Por este critério a distribuição EGE seria indicada para cinco séries, a distribuição Gama MV para quatro séries e a distribuição Gama MM para três séries mensais. O teste de AD é tido como mais rigoroso e tem a vantagem de considerar com maior peso as duas caudas da distribuição. Considerando o critério do menor valor da estatística AD a distribuição Gama MV se destaca como a melhor para cinco séries, principalmente as de maior assimetria, seguida pelas distribuições Gama MM e EGE com três séries cada.

TABELA 1. Estatísticas descritivas das séries de chuvas mensais de São Bonifácio, SC.

Estatística ¹	Mês											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
N	42	43	43	42	42	43	43	43	42	43	42	42
Média	227,1	237,9	172,7	93,9	109,8	81,9	106,5	101,0	129,7	136,4	137,0	191,7
D. Padrão	95,1	89,3	68,9	44,9	80,1	51,4	92,2	79,8	68,2	56,1	65,5	97,2
CV(%)	41,9	37,6	39,9	47,8	72,9	62,8	86,6	79,0	52,6	41,2	47,8	50,7
g	0,24	0,24	0,48	0,35	1,48	1,34	3,78	1,25	0,51	0,66	1,15	1,72
Maior	451,1	412,4	339,2	210,4	401,7	252,0	599,4	322,1	304,1	293,4	366,9	531,8
Menor	48,6	78,4	51,0	5,8	19,0	11,1	7,9	7,7	23,8	29,1	47,4	62,0
Q3	304,8	285,6	224,7	126,1	154,3	101,1	126,8	119,9	172,5	175,3	171,1	229,6
Q2	231,9	236,6	165,4	93,1	89,6	72,2	92,0	88,2	125,7	132,9	128,1	171,7
Q1	147,9	159,0	121,2	58,9	47,8	46,4	57,5	42,6	77,6	89,4	88,1	130,4
LS	540,1	475,6	379,8	227,0	314,2	183,2	230,6	235,9	315,0	304,2	295,6	378,5
LI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

¹N= número de dados; CV = coeficiente de variação; g = coeficiente de assimetria; Q3 = 3ºQuartil; Q2 = 2ºQuartil; Q1 = 1ºQuartil; LI = Limite inferior; LS = Limite superior.

TABELA 2. Parâmetros das distribuições de probabilidades Normal, Gama e Exponencial Geométrica Estendida (EGE) ajustadas as séries de chuvas mensais de São Bonifácio, SC.

Mês	Distribuição de probabilidades							
	Normal		Gama -MM		Gama -MV		EGE	
	μ	σ	α	β	α	β	γ	λ
Jan.	227,1	95,1	39,86	5,70	44,60	5,09	0,0170	43,57
Fev.	237,9	89,3	33,55	7,09	35,40	6,72	0,0185	77,45
Mar.	172,7	68,9	27,51	6,28	28,09	6,15	0,0242	60,45
Abr.	93,9	44,9	21,50	4,37	29,15	3,22	0,0354	24,25
Mai.	109,8	80,1	58,34	1,88	50,45	2,18	0,0169	4,05
Jun.	81,9	51,4	32,26	2,54	29,49	2,78	0,0292	8,15
Jul.	106,5	92,2	79,93	1,33	51,43	2,07	0,0185	5,04
Ago.	101,0	79,8	63,11	1,60	60,80	1,66	0,0152	2,53
Set.	129,7	68,2	35,91	3,61	39,46	3,29	0,0220	14,25
Out.	136,4	56,1	23,11	5,90	23,53	5,80	0,0298	53,75
Nov.	137,0	65,5	31,30	4,38	28,71	4,77	0,0253	28,54
Dez.	191,7	97,2	49,24	3,89	40,80	4,70	0,0184	30,35

A distribuição Normal foi a que apresentou menor valor de AD para o mês de fevereiro, que teve o coeficiente de assimetria baixo (0,24). Ainda existem trabalhos que fazem um ranqueamento considerado a soma dos escores dos testes de aderência. No caso de São

Bonifácio, considerando o ranqueamento com a soma dos escores dados pelos testes de KS e AD, as distribuições EGE e Gama MV seriam indicadas para cinco series cada, e a distribuição Gama MM para duas séries. Para a série do mês de fevereiro a distribuição normal teve o mesmo escore da distribuição EGE.

Tabela 3. Testes de Aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS) e Anderson-Darling (AD) para séries de chuvas mensais de São Bonifácio, SC.

Mês	Estatística KS				Estatística AD			
	Normal	Gama MM	Gama MV	EGE	Normal	Gama MM	Gama MV	EGE
Jan.	0,0724	0,0857	0,0879	0,0702	0,290	0,456	0,372	0,282
Fev.	0,0781	0,0922	0,0906	0,0780	0,366	0,459	0,403	0,367
Mar.	0,1017	0,0751	0,0732	0,0877	0,598	0,363	0,350	0,527
Abr.	0,0760	0,1044	0,1137	0,0751	0,280	0,724	0,781	0,240
Mai.	0,1342	0,0591	0,0810	0,0872	1,538*	0,338	0,400	0,590
Jun.	0,1010	0,0501	0,0491	0,0700	1,152*	0,185	0,177	0,418
Jul.	0,1842	0,1617	0,1034	0,1024	2,941*	1,712*	0,674	0,828*
Ago.	0,1502	0,0585	0,0586	0,0727	1,799*	0,207	0,223	0,344
Set.	0,0905	0,0779	0,0826	0,0682	0,390	0,398	0,309	0,228
Out.	0,0790	0,0615	0,0587	0,0762	0,470	0,181	0,179	0,374
Nov.	0,0826	0,0371	0,0439	0,0618	0,567	0,138	0,148	0,333
Dez.	0,1228	0,0958	0,0819	0,0875	1,589*	0,691	0,523	0,838*

*Valor superior ao valor crítico ao nível de significância de 5%

CONCLUSÕES: As séries mensais de chuvas apresentam assimetria positiva, sendo nos meses de maio a agosto, novembro e dezembro o coeficiente de assimetria varia de 1,25 a 3,78. O teste de Kolmogorov-Smirnov não rejeitou nenhuma das distribuições ajustadas. O teste de Anderson-Darling rejeitou a distribuição normal para as cinco séries com maior assimetria, a distribuição Gama MM para a série do mês de julho e a distribuição EGE para a série dos meses de julho e dezembro. A distribuição Gama MV não foi rejeitada em nenhuma das séries ajustadas. As distribuições EGE e Gama MV se destacaram como as de melhor ajuste para as séries de chuvas mensais de São Bonifácio.

REFERÊNCIAS

- ADAMIDIS, K.; DIMITRAKOPOULOU, T.; LOUKAS, S. On an Extension of the Exponential Geometric Distribution. *Statistics and Probability Letters*, v.73, p.259-269, 2005.
- ARAÚJO, W.F.; JÚNIOR, A.S.A.; MEDEIROS, R.D.; SAMPAIO, R. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.5, n.3, p. 563-567, 2001.
- DOURADO NETO, D.; ASSIS, J.P.; TIMM, L.C.; MANFRON, P.A.; SPAROVEK, G.; MARTIN, T.N. Ajustes de modelos de distribuição de probabilidade a séries históricas de precipitação pluvial diária em Piracicaba-SP. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.13, n.2, p.273-283, 2005.
- MOREIRA, P.S.P.; DALLACORT, R.; MAGALHÃES, R.A.; INOUE, M.H.; STIELER, M. C.; SILVA, D.J.; MARTINS, J. A. Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuva no município de Nova Maringá – MT. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v.8, n.1, p.9-20, 2010.
- RAMOS, P.L.; MOALA, F.A. A aplicação da Distribuição Exponencial Geométrica Estendida para modelagem de dados pluviométricos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, n.4, p.613-620, 2014.