

Eixo Temático ET-11-009 - Outros

ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO DA MICRORREGIÃO DE CATOLÉ DO ROCHA-PB USANDO DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE

Valneli da Silva Melo¹, Vanessa Rosales Bezerra², Lourivaldo Mota Lima³

¹Doutoranda do Curso de Engenharia Ambiental UEPB/Campina Grande, E-mail: valnelismello@hotmail.com; ²Mestranda do Curso de Engenharia Ambiental UEPB/Campina Grande, E-mail: rosalesuepb@gmail.com; ³Professor do Departamento de Física da UEPB/Campina Grande, E-mail: lmlima@uepb.edu.br.

RESUMO

Estimativas probabilísticas de eventos de precipitação são de grande relevância para o planejamento das atividades humanas. As distribuições de probabilidade possibilitam a estimativa desses eventos e os associa às suas frequências de ocorrência. Objetivou-se, com este trabalho, identificar, dentre as distribuições Qui-quadrado, Erlang, Exponencial, Gama com 1, 2 e 3 parâmetros, Gumbel, Logística, Normal, Weibull com 1, 2 e 3 parâmetros e Generalizada de Valores Extremos (GEV), qual a mais indicada para aplicação às séries históricas de precipitação média da Microrregião de Catolé do Rocha. Os parâmetros de cada distribuição foram estimados pelo método de máxima verossimilhança. Para tal, foram empregadas, neste estudo, onze estações pluviométricas com séries históricas no período de 1910 à 2016. Para verificação dos ajustes dos dados às funções densidade de probabilidade foi utilizado o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov com nível de 5% de significância, a distribuição Logística, estimada por este método, obteve o ajustes mais adequado, apresentando ajuste de 93,9% dos dados.

Palavras-chave: Chuvas; Climatologia; Distribuição de probabilidade.

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica está entre os elementos meteorológicos mais importantes e influentes nas condições ambientais, em especial para a agricultura influenciando diretamente no desenvolvimento das culturas agrícolas e na produção final (DALLACORT et al., 2015).

Também é essencial na constituição do clima de uma determinada região, agindo principalmente sobre o balanço de água no solo, na temperatura e umidade do ar. A precipitação é a variável meteorológica que influencia diretamente no balanço hídrico de uma região, podendo-se por meio dela determinar o excesso ou escassez de chuvas de uma determinada região (SILVA et al., 2013).

Sabendo da importância da precipitação conhecer a estimativa da mesma com determinado nível de probabilidade é de suma importância para o planejamento agrícola, possibilitando a previsão da melhor época de preparo do solo, colheita, semeadura, aplicação de adubos, defensivos, e lâmina suplementar de irrigação (ÁVILA et al., 2009).

O conhecimento do comportamento e da distribuição das precipitações fornece subsídios para determinar períodos críticos predominantes numa determinada região e condições de fornecer informações que visem reduzir as consequências causadas pelas flutuações do regime pluviométrico, seja pelo emprego da irrigação ou pela implantação de culturas adaptadas à sazonalidade deste regime (JUNQUEIRA JUNIOR et al., 2015).

A estimativa dos parâmetros de cada distribuição de probabilidades pode ser feita a partir de uma amostra das observações em que são feitas inferências estatísticas sobre a população, por diferentes métodos. A comparação dos modelos pode ser conduzida com base em testes de aderência não paramétricos, os quais podem informar a adequabilidade do ajuste de

cada modelo à série histórica de dados observados (CASELLA; BERGER, 1990; NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Ainda de acordo com Catalunha et al. (2002), o uso de funções densidade de probabilidade está diretamente ligado à natureza dos dados a que ela se relaciona. Algumas têm boa capacidade de estimação para pequeno número de dados, outras requerem grande série de observações. Devido ao número de parâmetros de sua equação, algumas podem assumir diferentes formas, enquadrando-se em um número maior de situações, ou seja, são mais flexíveis. Estudos de ajustes de função de distribuição de probabilidade ou estimativas de probabilidade usando funções de distribuição de probabilidade teóricas em relação a um conjunto de elementos climáticos têm sido desenvolvidos, enfatizando os benefícios no planejamento de atividades que minimizem riscos climáticos (ARRAES et al., 2009; RIBEIRO et al., 2007; SILVA et al., 2016; VIANA et al., 2015).

Devido à importância destacada em conhecer cientificamente a distribuição da precipitação de uma determinada região, o que poderá contribuir nas mais diversas áreas de conhecimento, objetivou-se determinar as variabilidades anual e testar o ajuste de distribuições de probabilidades variadas aos dados de precipitação da Microrregião de Catolé do Rocha no período de 1910 à 2016.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A microrregião de Catolé do Rocha apresenta clima tropical, predominando o semiárido no interior, com médias térmicas elevadas (em torno de 27° C) e chuvas escassas e irregulares (menos de 800 mm por ano). Seu relevo caracteriza-se pela existência de uma faixa litorânea de baixada, pelo planalto da Borborema na região central e pelo planalto Ocidental na parte oeste. A vegetação de caatinga típica do clima semiárido, é predominante na região central do Estado. A caatinga apresenta-se verde apenas durante a estação chuvosa. Suas árvores têm troncos grossos, tortuosos e com espessas cascas, folhas grossas e com espinhos (CITYBRASIL, 2017).

A pesquisa foi desenvolvida tendo como base séries temporais de 107 anos (1910 a 2016), na microrregião de Catolé do Rocha composta por onze municípios: Belém do Brejo do Cruz, Bom Sucesso, Brejo do Cruz, Brejo dos Santos, Catolé do Rocha, Jericó, Lagoa, Mato Grosso, Riacho dos Cavalos, São Bento, São José do Brejo do Cruz (Figura 2.1).



Figura 1. Microrregião de Catolé do Rocha, PB. Fonte: Adaptado de <https://maps.google.com.br>

Descrição dos dados

Os dados utilizados nesse estudo foram cedidos pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência Nacional de Águas (ANA), as falhas

existentes foram preenchidas com o uso de imputação múltipla, tem-se um total de 11 postos pluviométricos, com tamanho amostral de 107 anos (1910 à 2016), a partir das quais foram calculadas várias estatísticas descritivas básicas (por exemplo, média, valor máximo, mínimo, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose).

Distribuições de probabilidade

Os dados de precipitação pluvial utilizados para o ajuste das funções de distribuição de probabilidade (fdp) foram cedidos pela Agência Nacional das Águas (ANA), no período de 1910 a 2016. Analisaram-se as funções de distribuição de probabilidade, Qui-quadrado, Erlang, Exponencial, Gama com um, dois e três parâmetros, GEV, Gumbel, Logística, Normal e Weibull com um, dois e três parâmetros. Para cada função de distribuição de probabilidade foram determinados seus parâmetros. Os parâmetros das diversas distribuições foram estimados pelo método da máxima verossimilhança, e tem como funções de densidade acumulada (CATALUNHA et al., 2002):

$$f_x(x) = \frac{1}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right) 2^{\frac{n}{2}}} x^{\frac{n}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} \quad \text{se } x > 0 \quad \text{(Qui-quadrado)}$$

$$f_x(x) = \begin{cases} \frac{x^{k-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{(k+1)!}, & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{se } x \leq 0 \end{cases} \quad \text{(Erlang)}$$

$$F_x(x) = \int_0^{\infty} f(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right) \quad \text{(Exponencial)}$$

$$F(x_0) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^{x_0} u^{\alpha-1} e^{-\frac{u}{\beta}} du \quad \text{(Gama)}$$

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right]^{-\left(\frac{1+\xi}{\xi}\right)} \cdot \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\xi}} \right\} \quad \text{(GEV)}$$

$$f_x(x) = \alpha \times e^{-\alpha(x-\mu) - e^{-\alpha(x-\mu)}} \quad \text{(Gumbel)}$$

$$f_x(x) = \frac{\beta^{-1} e^{(x-\alpha)/\beta}}{\left[1 + e^{(x-\alpha)/\beta} \right]^2} \quad \text{para } x \in R, \quad \beta > 0 \quad \text{(Logística)}$$

$$f_x(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]; & \text{para } x \geq 0 \\ 0; & \text{para } x < 0 \end{cases} \quad \text{(Normal)}$$

$$f_x(x) = \frac{\gamma}{\beta} \left(\frac{x-\alpha}{\beta} \right)^{\gamma-1} \exp\left[-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma\right], \quad \text{para } x \geq \alpha \quad \text{(Weibull)}$$

Os ajustes e a seleção das melhores distribuições teóricas foram feitos por testes não-paramétricos de Kolmogov-Smirnov com um nível de significância de 5%, que compara as distribuições empíricas acumuladas com as teóricas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos totais mensais precipitados na região de estudo foram obtidas as estatísticas descritivas da precipitação, no período de 1910 a 2016. Observa-se na Tabela 1 que há uma predominância do período nos meses de fevereiro, março e abril (FMA) que representam o trimestre mais chuvoso da Microrregião de Catolé do Rocha-PB, essa variabilidade interanual da pluviometria na microrregião está associada à variações de padrões de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre os oceanos tropicais, os quais afetam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico (HASTENRATH, 1984; citados por NOBRE E MELO, 2001).

Nos resultados da análise descritiva das médias mensais da precipitação (Tabela 1) tem-se que todos os meses apresentaram coeficiente de assimetria positivo, com assimetria à direita ($CA > 0$), outra observação importante quanto ao coeficiente de assimetria apresentar se positivo é que este sugere que os dados de precipitação podem se ajustar à uma função distribuição de probabilidades de Weibull, Logística, Gama, dentre outras com assimetria positiva. Com relação à curtose, todos os valores médios mensais apresentaram coeficientes de curtose ($CC > 0$), indicando que a distribuição dos dados é do tipo leptocúrtica, ou seja, significa que é mais fácil obter valores que se afastam da média, isso acontece devido nesses meses dar-se início a estação chuvosa da maior parte da região de estudo. Todos os valores médios são maiores do que as medianas, isso confirma a assimetria positiva dos dados.

Tabela 1. Estatísticas descritivas da precipitação da Microrregião de Catolé do Rocha no período de 1910 à 21106.

Meses	Mínimo	Máximo	1°Quartil	Mediana	3°Quartil	Média	CA	CC
Janeiro	4,2	273,8	70,8	92,1	115,3	96,1	1,1	3,2
Fevereiro	26,7	299,4	104,1	132,2	166,9	135,9	0,3	0,4
Março	64,5	479,2	167,7	203,6	233,5	208,1	1,3	3,0
Abril	55,0	376,9	147,2	178,7	210,1	185,0	0,8	1,3
Maiο	2,9	310,7	80,5	104,5	137,1	110,2	1,0	2,0
Junho	6,5	125,2	30,3	43,9	61,0	48,1	0,9	0,6
Julho	1,1	76,9	16,2	23,1	28,8	24,0	1,2	3,0
Agosto	0,2	85,2	7,3	12,5	21,8	15,9	2,1	6,8
Setembro	0,0	16,3	1,3	2,8	4,5	3,4	1,8	4,2
Outubro	0,0	67,2	4,3	8,1	13,0	10,4	2,9	10,4
Novembro	0,0	67,8	6,3	11,6	19,9	14,7	1,8	4,2
Dezembro	1,5	85,6	14,8	24,8	35,4	27,5	1,1	1,4

Legenda: CA= Coeficiente de assimetria; CC= Coeficiente de curtose. Fonte: Autor.

A Tabela 2 apresenta o resultado do teste de aderência de todas as funções de distribuição de probabilidade avaliadas nesse estudo, em destaque, pode-se observar que a função de distribuição de probabilidade Logística, esta foi a distribuição apresentou melhor resultado aos dados da média de precipitação da Microrregião de Catolé do Rocha-PB, a aderência das distribuições foi comprovada segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov, onde todos os p-valores, mostram valores superiores a 0,05 indicando que as distribuições descrevem satisfatoriamente os dados observados.

A distribuição Logística apresentou um ajuste de quase 100% dos dados, porém, outras distribuições como a Qui-quadrado, Normal e Gama com 2 parâmetros também apresentaram bons resultados, indicando com isso que essa série de dados pode ser representada por outras distribuições e com isso sugere-se a proposta de novos trabalhos utilizando essas distribuições de probabilidade.

Em estudo realizado para a cidade de Tangará da Serra (MT), Martins et al. (2010), utilizando a distribuição de probabilidade Logística, encontraram boa adequação dos dados à distribuição de probabilidade testada segundo teste KS, resultados semelhantes foram encontrados por Soccol et al. (2009) em estudo realizado para a cidade de Lages, Santa Catarina, Murta et al. (2005) em estudo realizado para o sudoeste da Bahia e por Beijo et al. (2013) com a distribuição de Weibull, em períodos mensais para a cidade de Jaboticabal (SP).

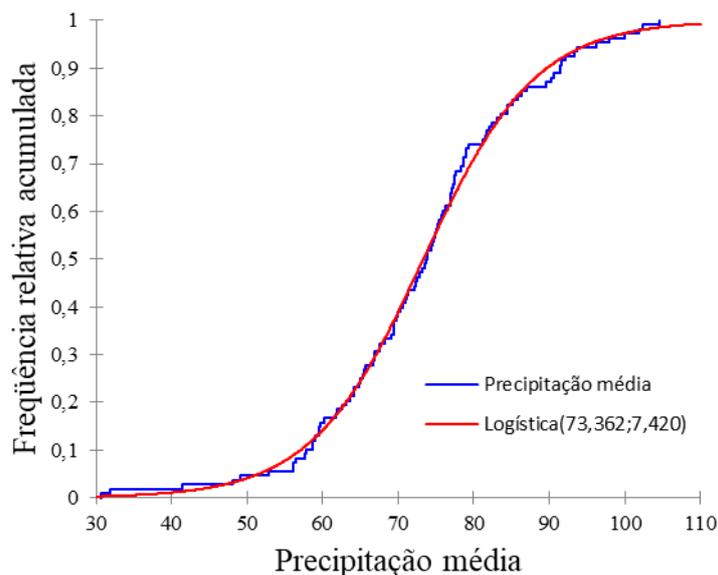
Tabela 2. P-valores dos ajustes da precipitação para a Microrregião de Catolé do Rocha-PB às funções distribuição de probabilidades

Distribuição	p-valor
Qui-quadrado	0,927
Erlang	< 0,0001
Exponencial	< 0,0001
Gama (1)	0,134
Gama (2)	0,674
GEV	0,361
Gumbel	< 0,0001
Logística	0,939
Normal	0,672
Weibull (1)	< 0,0001
Weibull (2)	0,293
Weibull (3)	0,143

Fonte: Autor.

A Figura 2 representa o comportamento das distribuições de probabilidades ajustadas aos dados, nesta é possível ver que a distribuição que apresentou melhor ajuste foi a distribuição de probabilidade Logística, com o p-valor calculado igual a 0,939 que é maior que o nível de significância $\alpha=0,05$, o teste de Kolmogorov-Smirnov é bastante utilizado para análise de aderências de distribuições em estudos climáticos; contudo, o seu nível de aprovação de uma distribuição sob teste é esta bem elevado, podendo ser visto na Figura 2:

Figura 2. Função de distribuição de probabilidade acumulada Logística para os dados da média da precipitação da Microrregião de Catolé do Rocha-PB no período de 1910 a 2016.



Fonte: Autor

CONCLUSÕES

A chuva média anual teve ajuste satisfatório para as distribuições Qui-quadrado, Normal e Gama com dois parâmetros, não se ajustou às distribuições Erlang, Exponencial, Gama com um parâmetro, GEV, Gumbel e Weibull com um, dois e três parâmetros. Recomenda-se o uso da distribuição Logística para estimar valores de chuva provável anual para a região, por ser um procedimento de fácil aplicação e também pelo bom desempenho no teste de aderência utilizado na análise.

A estatística descritiva da série temporal mostrou que a precipitação da região apresenta assimetria positiva e com isso pode se ajustar a série à distribuição de probabilidade Logística, onde observou-se um ajuste de 93,9% dos dados.

AGRADECIMENTOS

A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência Nacional de Águas (ANA) pela concessão dos dados de precipitação pluviométrica e ao CAPES pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) (ANA). Hidro Web: sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

ARRAES, F. D. D. et al. Estimativa do balanço hídrico para as condições climáticas Iguatu, Ceará, usando modelo estocástico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, n. 2, p. 78-87, 2009.

- ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; VIOLA, M. R. Mapeamento da precipitação mínima provável para o sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 906-915, 2009.
- BEIJO, L. A. et al. Estudo da precipitação máxima em Jaboticabal (SP) pela distribuição de Gumbel utilizando dois métodos de estimação dos parâmetros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 11, n. 1, p. 141-147, 2013.
- CASELLA, G.; BERGER, R. L. **Statistical inference**. Wadsworth and Brooks/Cole: Pacific Grove, 1990. 650p.
- CATALUNHA, M.J.; SEDIYAMA, G.C.; LEAL, B.G.; SOARES, C.P.; RIBEIRO, A.B. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.
- CITYBRAZIL. Conheça a microrregião de Catolé do Rocha. Disponível em: <www.citybrazil.com.br/pb/microregiao_detalhe.php?micro=1>. Acesso em: 08 set. 2017.
- DALLACORT, R.; FREITAS, P.S.L; GONÇALVES, A.C.A; FARIA, R.T. de; RESENDE, R; BERTONHA, A. Níveis de probabilidade de rendimento de quatro cultivares de soja em cinco datas de semeadura. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 2, p. 261-266, 2008.
- GALVÍNCIO, J. D.; SOUZA, W. M. (Org.). **Mudanças climáticas e impactos nos ecossistemas**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2015.
- HASTINGS, N. A. J.; PEACOCK, J. B. **Statistical distributions: A handbook for students and practitioners**. London: Butterwoths Co Ltd., 1975.
- JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. et al. Precipitação provável para a região de Madre de Deus, Alto Rio Grande: Modelos de probabilidades e valores característicos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 842-850, 2015.
- MURTA, R.M.; TEODORO, S.M.; BONOMO, P.; CHAVES, M.A. Precipitação pluvial mensal em níveis de probabilidade pela distribuição gama para duas localidades do sudoeste da Bahia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 988-994, 2005.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.
- NOBRE, P.; MELO, A. B. C. Variabilidade Climática Intrasazonal Sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Revista Climanálise**, 2001.
- RIBEIRO, B. T. et al. Comparação de distribuições de probabilidade e estimativa da precipitação provável para região de Barbacena, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1297-1302, 2007.
- SILVA, D.D.; PEREIRA, S.B.; PRUSKI, F.F.; GOMES FILHO, R.R. Equações de intensidade-duração frequência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 11, n. 1, p. 7-4, 2013.
- SILVA, J.C.; HELDWEIN, A.B.; MARTINS, F.B.; TRENTIN, G.; GRIMM, E.L. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 67-72, 2016.
- SOCOL, O.J; MIQUELLUTI, D.J; ULLMANN, M.N.; BANDIERE, G.N. Análise da precipitação mensal provável para o município de Lages, SC. **I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro Oeste**, Cuiabá, MT. 2007. CD-ROM.
- VIANA, T. V. A. et al. Análise estocástica dos déficits e dos excedentes hídricos mensais em Fortaleza, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 3, p. 391-395, 2015.