

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA PROVÁVEL EM DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA EM ILHA SOLTEIRA – SP

Daniela Araujo de Oliveira¹, Fernando Braz Tangerino Hernandez², Regiane de Carvalho
Bispo³

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo estimar a precipitação pluviométrica provável mensal em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência para o município de Ilha Solteira - SP. Foi utilizada a distribuição de probabilidade Gama e a aderência dos dados de precipitação mensal ao modelo de distribuição foi avaliada pelos testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov. Com exceção do mês de agosto, todos os dados mensais se ajustaram a distribuição de probabilidade Gama, com valores médios mensais de precipitação compreendidos entre os níveis de 30 a 50% de ocorrência. Há uma alta variabilidade de chuvas anualmente na região, com período de seca bem definido.

PALAVRAS-CHAVE: hidrologia, irrigação, distribuição de probabilidade

PROBABLE RAINFALL AT DIFERENT LEVELS OF PROBABILITY OF OCCURRENCE IN ILHA SOLTEIRA-SP

ABSTRACT: The current work had as its goal to estimate a probable monthly precipitation in different levels of occurrence probability for the city of Ilha Solteira - SP. It was used a Gama probability distribution and data adherence of monthly precipitation to the distribution was evaluated by Chi-square and Kolmogorov-Smirnov tests. Except the month of august, all monthly data adjusted to the Gama probability distribution, with average monthly values of precipitation between the levels of 30 to 50% of occurrence. There is a high variability in rainfall annually in the region, with the dry season well defined.

KEYWORDS: hidrology, irrigation, probability distribution

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, UNESP, Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-034, Botucatu, SP. E-mail: da.oliveira@unesp.br

² Professor Titular, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP, Ilha Solteira, SP

³ Doutora em Irrigação e Drenagem, UNESP, Botucatu, SP

INTRODUÇÃO

A precipitação pluviométrica é o principal meio de entrada de água no sistema agrícola e está diretamente ligada ao planejamento das atividades desenvolvidas no campo. Sendo assim, o conhecimento do regime pluviométrico de determinada região de interesse é fundamental não apenas para a determinação de um calendário agrícola, mas também no auxílio do dimensionamento de projetos, entre eles projetos de irrigação (SILVA et al., 2011).

Conhecendo o comportamento das chuvas de determinada região há a possibilidade de determinar suas fragilidades baseadas na disponibilidade hídrica, determinando assim os principais períodos críticos locais, em vista de diminuir as consequências causadas pelos períodos de estiagem, seja no planejamento da implantação de culturas baseadas no regime pluviométrico ou na implementação de sistemas de irrigação (BOTELHO & MORAES, 1999).

Segundo Saad & Frizzone (1998) a maioria dos projetos de irrigação do Brasil são dimensionados para suprir toda a demanda hídrica da cultura, sem considerar a precipitação pluvial regional, ou quando considerada, usa-se o valor médio de precipitação no período correspondente, sem levar em consideração a distribuição de frequência ou a probabilidade de ocorrência do valor considerado.

Frizzone (1979) define precipitação provável como a precipitação pluviométrica mínima que tem uma probabilidade específica de ocorrer em determinada localidade a partir da análise de uma longa série de dados. A distribuição Gama, proposta por Thom (1958) é um modelo probabilístico de estimativa de precipitação provável em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência, e é comumente utilizada em trabalhos com essa proposta, se ajustando ao total de chuva de períodos mensais ou menores, como pode ser observado nos trabalhos de Lima et al. (2008); Silva et al. (2007); Passos et al. (2017); Passos & Mendes (2018); entre outros.

O município de Ilha Solteira é localizado na região Noroeste do estado de São Paulo. Essa região é caracterizada por registrar altas taxas de evapotranspiração e alta variabilidade de chuvas, tendo até oito meses de déficit hídrico anualmente, sendo necessário um planejamento integrado dos recursos hídricos para o investimento em sistemas de irrigação para garantia da produção agrícola regional (SANTOS et al., 2010).

Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo estimar a precipitação pluviométrica provável mensal em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência para o município de Ilha Solteira - SP utilizando a distribuição de probabilidade Gama.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de precipitação pluvial foram coletados diariamente na estação agrometeorológica de Ilha Solteira (latitude: 20.0° 25.0' 24.4" S, longitude: 51.0° 21.0' 13.1" O e altitude: 337 m). Segundo a classificação de Koppën, o clima da região é do tipo Aw, com estação chuvosa no verão e seco no inverno (HERNANDEZ et. al., 1995), apresentando temperatura média anual de 24,9°C e precipitação pluvial anual média de 1.318 mm (UNESP, 2019).

A estação faz parte da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista que é operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus de Ilha Solteira, e tem seus dados divulgados em tempo real ou base histórica de forma livre e gratuita por meio do Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira, no endereço eletrônico clima.feis.unesp.br. Foram utilizados dados de janeiro de 1992 a dezembro de 2019, totalizando 28 anos de dados.

A estimativa da precipitação pluviométrica mensal provável foi obtida para os níveis de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90% de probabilidade utilizando o modelo probabilístico de distribuição Gama incompleta, como descrito por Thom (1958), em que a função densidade de probabilidade Gama ($f(x)$) é dada pela Equação 1.

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} X^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (1)$$

Em que,

β - parâmetro de escala (mm);

α - parâmetro de forma (adimensional);

e - base do logaritmo neperiano;

X - precipitação (mm);

$\Gamma(\alpha)$ - função Gama.

A função Gama ($\Gamma(\alpha)$) foi calculada por meio da Equação 2.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty X^{\alpha-1} e^{-X} d(X) \quad (2)$$

Finalmente, a distribuição acumulada Gama ($F(x)$) foi determinada conforme Equação 3.

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x X^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} d(x) \quad (3)$$

Os parâmetros α e β da distribuição Gama foram estimados com o uso do *software* STATISTICA (10.0), assim como a aderência dos dados de precipitação mensal ao modelo de

distribuição de probabilidade Gama foi avaliada pelos testes Qui-quadrado (X^2) e Kolmogorov-Smirnov, ao nível de 5% significância, utilizando o mesmo *software*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias mensais, desvio-padrão (S), coeficiente de variação (CV) e valores extremos de precipitação pluviométrica em Ilha Solteira são apresentados na Tabela 1. A maior precipitação média mensal ocorreu no mês de janeiro, porém observa-se uma alta variabilidade nos dados, com precipitações que variaram de 78,5 mm (2015) a 596,1 mm (2008). Já a menor média mensal ocorreu no mês de julho totalizando 16,1 mm de chuva, discordando do encontrado por Silva Junior et al. (2018) que obtiveram a menor média mensal de precipitação para o município de Ilha Solteira no mês de agosto, com apenas 6 mm, essa diferença pode estar relacionada à escala trabalhada, pois no estudo de Silva Junior et al. (2018) foram considerados apenas quatro anos de dados, observa-se ainda que no mês de julho ocorreu um dos maiores valores de coeficiente de variação, expondo assim a heterogeneidade dos dados deste mês ao longo dos anos.

Tabela 1. Médias mensais, desvio-padrão (S), coeficiente de variação (CV) e valores extremos de precipitação pluviométrica em Ilha Solteira-SP de 1992 a 2019.

Meses	Média (mm)	S (mm)	CV (%)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)
Jan	240,1	122,7	51,1	596,1	78,5
Fev	171,6	80,6	47,0	344,2	0,0
Mar	165,0	82,5	50,0	335,8	13,7
Abr	77,1	48,1	62,5	183,7	0,8
Mai	73,0	68,8	94,2	335,8	3,6
Jun	33,3	47,7	143,3	205,4	0,0
Jul	16,1	21,8	135,9	91,2	0,0
Ago	28,6	37,6	131,1	139,7	0,0
Set	68,1	49,9	73,3	182,9	1,7
Out	103,4	50,4	48,8	210,8	17,5
Nov	159,1	77,8	48,9	311,8	33,4
Dez	183,7	73,0	39,8	325,9	65,0

Ainda na Tabela 1 é possível identificar que a menor ocorrência de precipitação no município se deu nos meses de junho a setembro, esses dados corroboram com Santos et al. (2010) que destaca que a deficiência hídrica crítica anual no solo da região Noroeste Paulista ocorre durante esses meses. A variabilidade dos dados mensais de precipitação nos meses de abril a setembro, foi classificada como alta ($CV > 60\%$) segundo os limites sugeridos por

Warrick & Nielsen (1980), e teve seus maiores valores observados nos meses de junho, julho e agosto, portanto há maior dispersão dos dados no período de seca da região.

A partir do estudo da série climatológica de precipitação pluviométrica no município de Ilha Solteira-SP, observou-se que a maior lâmina anual precipitada ocorreu no ano de 2008 com 1.725,9 mm, e a menor no ano de 2019, com 883,7 mm. A lâmina média precipitada foi de 1.307,8 mm, portanto no ano de 2019 a precipitação foi 33% menor que o histórico esperado. Oliveira et al. (2019) citam que no ano de 2018 a região em que Ilha Solteira está inserida ficou até 166 dias sem chuvas, ocasionando perdas na agricultura local.

As lâminas totais de precipitação pluviométrica mensal associadas aos níveis de ocorrência de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90% de probabilidade são apresentadas na Tabela 2. Os níveis de probabilidade se referem à probabilidade de ocorrência de uma lâmina de excedência, sendo assim, o aumento na confiabilidade da estimativa resulta no decréscimo da lâmina mínima a precipitar. Os dados do mês de agosto não se ajustaram à distribuição de probabilidade Gama pelos testes Qui-quadrado e Kolmogorov-Smirnov, portanto não tem suas estimativas.

Tabela 2. Precipitação pluviométrica mensal provável para o município de Ilha Solteira-SP para diferentes níveis de probabilidade, segundo a função de distribuição Gama.

Nível (%)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Set	Out	Nov	Dez
10	396,2	331,3	299,2	156,5	157,7	140,8	31,8	146,3	178,5	267,2	282,9
20	328,7	255,9	238,2	117,8	114,7	73,1	24,3	106,8	145,3	220,1	241,5
30	285,0	209,1	199,6	94,2	88,9	40,7	19,6	83,0	123,9	189,6	214,2
40	250,9	173,9	170,0	76,6	70,2	22,3	16,2	65,8	107,4	166,0	192,6
50	221,5	144,8	145,2	62,3	55,3	11,5	13,3	51,9	93,4	145,7	173,8
60	194,6	119,2	123,0	50,0	42,7	5,3	10,8	40,3	80,7	127,1	156,2
70	168,3	95,4	101,9	38,7	31,6	2,0	8,5	30,0	68,4	109,2	138,8
80	140,8	72,1	80,6	28,0	21,5	0,5	6,3	20,5	55,8	90,4	120,1
90	108,0	46,9	56,5	17,0	11,7	0,1	4,0	11,3	41,1	68,4	97,2

No período chuvoso (novembro a março) há 80% de probabilidade de ocorrência de uma lâmina superior a 70 mm. Já no período seco (abril a setembro), para a mesma probabilidade, são esperadas chuvas iguais ou acima de 0,5 mm (Tabela 2). Essa alta variabilidade de chuvas reforça a necessidade de investimentos em sistemas de irrigação para garantia da produtividade das culturas e sustentabilidade da agricultura na região (OLIVEIRA et al., 2019).

Para os meses de janeiro a março, julho e outubro a dezembro a média mensal manteve-se entre os níveis de 40 a 50% de probabilidade de ocorrência. Nos demais meses, a média ficou entre os níveis de 30 a 40%, ou seja, há possibilidade de 60 a 70% da precipitação ser menor que o valor médio. De acordo com Saad & Frizzone (1998), não é recomendada a utilização do valor médio de precipitação pluviométrica como parâmetro para projetos de dimensionamento

de sistemas de irrigação, pois pode ocasionar um subdimensionamento do sistema. Ademais, Dallacort et al. (2011), salientam que o conhecimento de probabilidade dos valores de lâminas mínimas a precipitar com o adicional de uma margem de segurança, ocasiona em projetos corretamente dimensionados e melhor uso da água disponível.

CONCLUSÕES

O modelo de distribuição de probabilidade Gama adequou-se à precipitação pluviométrica mensal do município de Ilha Solteira - SP, com exceção do mês de agosto.

A probabilidade de ocorrer diferentes alturas mensais de precipitação é variável ao longo do ano, havendo um período de seca bem definido na região.

A lâmina média precipitada no período estudado ficou entre os níveis 30 a 50% de probabilidade de ocorrência. Sendo assim, esse aspecto pode ser considerado para um adequado planejamento da agricultura irrigada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela Bolsa de Doutorado concedida ao primeiro autor e à FAPESP pelo apoio financeiro (Processo 2009/52467-4).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTELHO, V. A. V. A.; MORAIS, A. R. Estimativas dos Parâmetros da Distribuição Gama de Dados Pluviométricos do Município de Lavras, Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 3, p. 697-706, 1999.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193-200, 2011.

FRIZZONE, J. A. **Análise de cinco modelos para cálculo da distribuição e frequência de precipitação na região de Viçosa-MG**. 1979. 100 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1979.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP - Área de Hidráulica e Irrigação, 1995. 45p.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C. Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre-ES. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 327-332, 2008.

OLIVEIRA, D. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; TEIXEIRA, A. H. C. Balanço hídrico espacial na região Noroeste Paulista em 2018. In: Inovagri International Meeting, V. Fortaleza, CE, 2019. **Anais ... Fortaleza, CE: 2019.**

PASSOS, M. L. V.; MENDES, T. J. Precipitação pluviométrica mensal e anual provável para o município de Turiaçu-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 1, p. 2283-2292, 2018.

PASSOS, M. L. V.; RAPOSO, A. B.; MENDES, T. J. Estimativa da distribuição da precipitação pluviométrica provável em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 1, p. 1106 - 1115, 2017.

SAAD, J. C. C.; FRIZZONE, J. A. Estudo da distribuição de frequência da precipitação pluvial visando o dimensionamento de sistemas de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 03, n. 1, p. 13-19, 1998.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SILVA JUNIOR, J. F.; HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, I. P. F.; REIS, L. S.; TEIXEIRA, A. H. C. Estabelecimento dos meses críticos para a agricultura irrigada a partir do estudo do balanço hídrico. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 12, n. 2, p. 122-131, 2018.

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, 2007.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. A. S.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

THOM, H. C. S. A note on the Gamma Distribution. **Monthly Weather Review**, Washington, v.86, n.4, p.117-22, 1958.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (ed.). **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980. 350p.