



# A precipitação pluvial provável em Jaboticabal, São Paulo

Romísio Geraldo Bouhid André<sup>1(\*)</sup> e Yumiko Marina Tanaka da Anunciação<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista – Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP. (Aposentado), E-mail: romisio.andre@gmail.com

<sup>2</sup> Cemaden/MCTIC, Estrada Dr. Altino Bondensan, 500, CEP 12247-016 São José dos Campos, SP. E-mail: ymarina.tanaka@gmail.com

(\*) Autor para correspondência.

## INFORMAÇÕES

### História do artigo:

Recebido em 17 de Julho de 2017

Aceito em 27 de Dezembro de 2017

### Termos para indexação:

Precipitação pluvial mensal  
função de distribuição normal  
função de distribuição gama

## RESUMO

As séries de dados de precipitação pluvial total mensal, sazonal e anual de 1956 a 2015, em Jaboticabal, São Paulo, são exploradas estatisticamente e ajustadas à distribuição normal, nos meses chuvosos, de setembro a maio, e à distribuição gama, nos meses secos, de junho, julho e agosto. Os dados foram obtidos junto à Estação da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, e junto à Estação Agroclimatológica do Departamento de Ciência Exatas da UNESP, Campus de Jaboticabal, situada na região nordeste do Estado de São Paulo, e cujas coordenadas geográficas são: latitude 21° 14' 14" S, longitude 48° 46' 25" W e altitude de 713 m. A função de distribuição de probabilidade fornece em qual nível de probabilidade ocorre a precipitação pluvial mínima provável em cada período analisado. Assim, espera-se que essa informação contribua na tomada de decisão, e não somente utilizar apenas o valor médio, como referência em projetos que necessitam da quantidade de precipitação pluvial.

© 2017 SBAgro. Todos os direitos reservados.

## Introdução

O conhecimento da variação da precipitação pluvial é fundamental no planejamento agrícola, em obras de engenharia, no abastecimento dos recursos hídricos e em todas as atividades que dela dependam e que são prejudicadas quando não ocorre o necessário para que elas sejam implementadas. O estudo da precipitação pluvial realizado por meio de estatísticas, aplicadas em sua série de registros, quando ajustada a uma função de distribuição de probabilidade teórica, poderá ser utilizada para planejamentos futuros de diversas atividades do setor produtivo.

A determinação da função de distribuição de probabilidade para a estimativa de precipitação pluvial em diferentes escalas de tempo foi objetivo de muitos estudos em vários municípios brasileiros, como do Estado do Paraná, por

Sampaio et al. (2006), em Nova Maringá no Estado do Mato Grosso, por Moreira et al. (2010), no Agreste do Estado de Pernambuco, por Paiva et al. (2013), em Bento Gonçalves no Estado do Rio Grande do Sul, por Rodrigues et al. (2013), nos municípios do Estado de Santa Catarina, por Coan et al. (2014), e em Sete Lagoas no Estado de Minas Gerais, por Silva et al. (2014).

O ajuste da precipitação pluvial à distribuição de probabilidade gama incompleta, com o uso do método da máxima verossimilhança para estimar os parâmetros de escala e de forma da função, e a verificação pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, possibilitou estimar a precipitação pluvial provável para diferentes níveis de probabilidade, por exemplo, nos estados de Minas Gerais e Goiás por Sedyama et al. (1996),

Esse método também foi aplicado no Estado da Bahia,

em Ilhéus, por Almeida (1998); no Estado de Minas Gerais, em Lavras, por Botelho et al. (1999), em Lages, Estado de Santa Catarina por Soccol et al. (2010), e em Goiânia, Estado de Goiás por Lobato et al. (2014), com objetivos de contribuir para a tomada de decisão nessas localidades.

Em estudo anterior, para o município de Jaboticabal no Estado de São Paulo, utilizando uma base de dados diários de precipitação pluvial de 58 anos (André & Garcia, 2014), verificou-se que há dois períodos distintos de chuvas: um chuvoso, de outubro a março, e outro seco, de abril a setembro. A variação sazonal da precipitação pluvial mostra que o verão contribui com 51,2% da precipitação total anual, o outono com 20%, o inverno com 5,4% e a primavera com 23,3%. Os meses mais chuvosos para a região são dezembro, janeiro e fevereiro, e os mais secos são julho e agosto. O objetivo deste trabalho foi explorar estatisticamente a série de precipitação pluvial de 60 anos (1956-2015) para totais mensais, sazonais e anuais, e apresentar as funções de distribuição de probabilidade em cada escala de tempo e, contribuir assim, com mais informações aos tomadores de decisão.

## Material e métodos

Para o presente trabalho, foram utilizados dados observados de precipitação pluvial diária de um período de 60 anos. Os dados do período de 1956 a 1970 foram obtidos junto à Estação da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, e os dados de 1971 a 2015 junto à Estação Agroclimática do Departamento de Ciência Exatas da UNESP, Campus de Jaboticabal, situada na região nordeste do Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são latitude 21°14' 14" S, longitude 48° 46' 25" e altitude de 713 m.

O método da máxima verossimilhança foi utilizado para estimar os parâmetros de forma e de escala da função de distribuição gama. Para a verificação Função Densidade Acumulada Complementar (FDAC), que fornece a precipitação pluvial em probabilidades, foi utilizado o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (K-S), que é um teste não paramétrico, e tem como base a diferença máxima (D) entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica e teórica. Quando os parâmetros da função teórica são estimados a partir da amostra, podem ocorrer rejeições indevidas da hipótese nula. Assim, outra tabela para valores críticos de D foi recalculada. Para amostras  $N > 40$ , e para alfa igual a 0,05, 0,02 e 0,01, D crítico é, respectivamente,  $1,36\sqrt{N}$ ,  $1,52\sqrt{N}$  e  $1,63\sqrt{N}$  (Naghattini & Pinto, 2007).

Para este trabalho, foram selecionadas a Função Distribuição Normal para representar a precipitação pluvial no período chuvoso, e a Função Distribuição Gama para o período seco, nas diferentes escalas de tempo. Para a escala mensal, nos meses em que não ocorreu precipitação pluvial, o valor zero foi substituído por 0,1 mm, devido à utili-

zação da função logarítmica no cálculo dos parâmetros da função gama (Soccol et al., 2010). Para as estimativas dos parâmetros das funções de distribuição normal e gama, os testes de aderência e os gráficos foi utilizado o software R (2013).

## Resultados e discussão

### Precipitação pluvial total anual

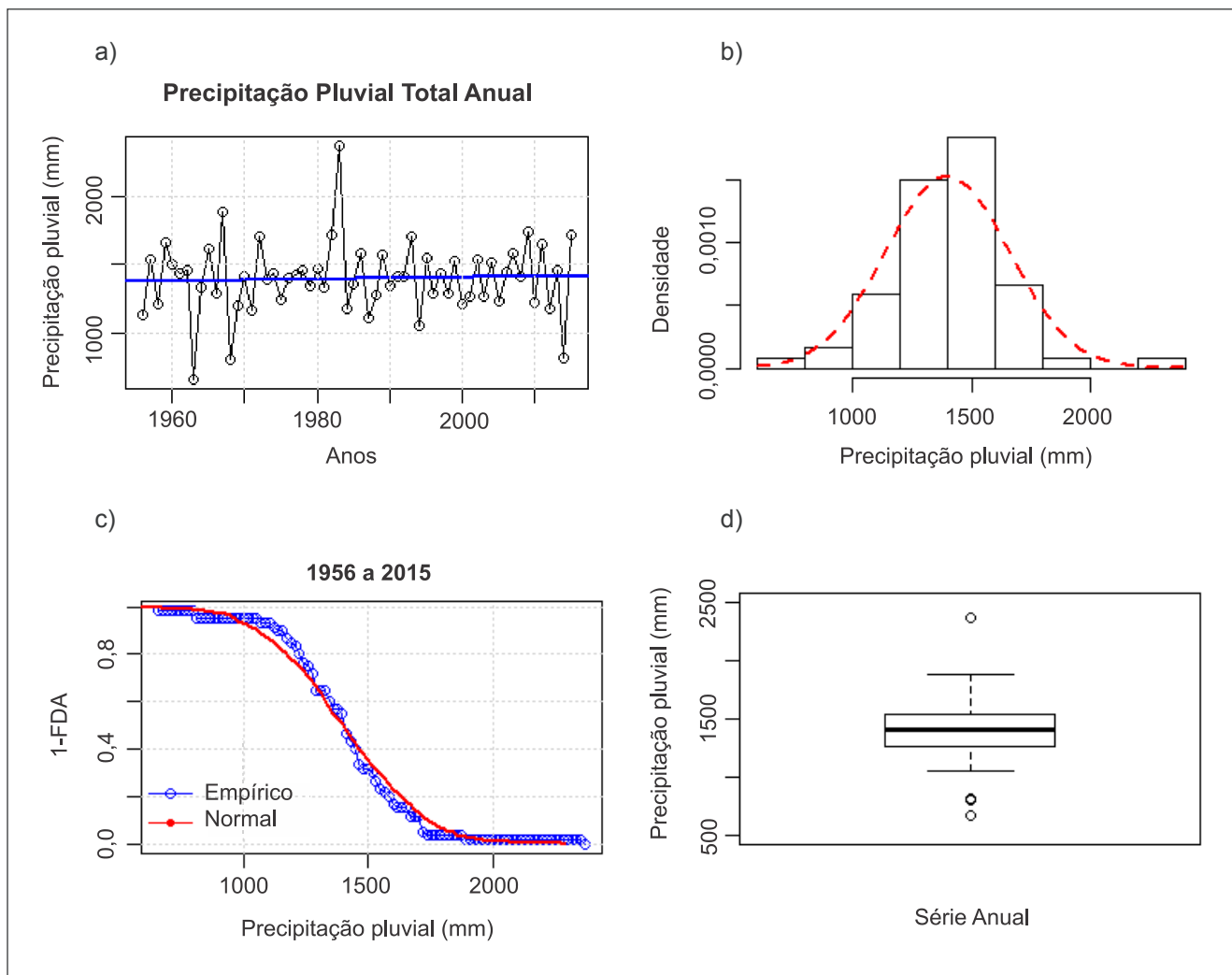
A série temporal do total de precipitação pluvial anual, de janeiro a dezembro, para o período de 1956 a 2015, é apresentada na Figura 1a. Observa-se que, na década de 60, ocorreram os menores valores anuais. No início da década de 80, ocorreu o valor máximo e, a partir de meados da década de 80, os totais ficaram próximos à média histórica de 1.402,7 mm, com desvio-padrão de 251,5 mm. Esse período de 60 anos de chuva anual não apresentou tendência na análise visual. O acumulado anual variou de 661,7 mm (mínimo), observado em 1963, a 2367,9 mm (máximo), em 1983, sendo o ano mais chuvoso de toda a série estudada. O quartil superior foi de 1.533,9 mm e o inferior de 1.258,5 mm, indicando que 50% dos dados ficaram no intervalo formado por esses dois valores. O histograma (Figura 1b) sugere que a curva de frequência pode ser representada por uma distribuição normal.

A verificação com o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, a 5% de significância, não rejeitou a hipótese nula de que a função distribuição normal é adequada para representar a precipitação pluvial total anual. A Figura 1c mostra os totais anuais em probabilidades, onde a precipitação pluvial provável estimada para o nível de 80% é acima de 1.160 mm, uma chance de oito a cada dez anos. Para o nível de probabilidade de 20%, a precipitação estimada é acima de 1.600 mm, ou uma chance de dois a cada dez anos. A precipitação pluvial estimada acima de 1.380 mm ocorre próximo ao nível de probabilidade de 50%, tendo uma chance de cinco a cada dez anos.

O boxplot (Figura 1d) também mostra simetria na variação dos totais anuais e destaca os valores extremos mínimos observados em 1963, 1968 e em 2014, e o único valor máximo em 1983. O resumo estatístico está mostrado na Tabela 1.

O ano caracterizado como seco, 1962/63, foi neutro em relação a anomalia da temperatura do oceano Pacífico equatorial. O ano de 1963/64 foi de El Niño, 1967/68 foi de La Niña e 1968/69 foi de El Niño. Os anos chuvosos de 1982/83 foram de El Niño e 1983/84 foi neutro (CPC, 2016). Nos demais anos de El Niños e La Niñas, os totais de chuva anual, nesse local, ficaram próximos ao valor médio. Os anos caracterizados como extremamente secos ocorreram em toda Região Sudeste e no estado de Goiás, em 1963 e em 1968, desde o sul de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul. O ano de 1983 ficou caracterizado como extremamente úmi-

**Figura 1.** Precipitação pluvial total anual de 1956 a 2015 (janeiro a dezembro) em Jaboticabal, SP. (a) série temporal, (b) histograma e curva normal (pontilhada), (c) 1-FDA função distribuição acumulada complementar e (d) boxplot.



**Tabela 1.** Resumo estatístico da precipitação pluvial anual, período de janeiro a dezembro de 1956 a 2015.

Estadísticas	Mín	1º Quartil	Média	Mediana	3º Quartil	Máx	Desvio Padrão	Desvio Quartil	CV (%)
Precipitação pluvial (mm)	661,7 (1963)	1258,0	1398,0	1412,0	1534,0	2367,9 (1983)	261,8	137,7	17,9

do em grande parte do centro-sul do país (INMET, 2016).

### Precipitação pluvial total sazonal

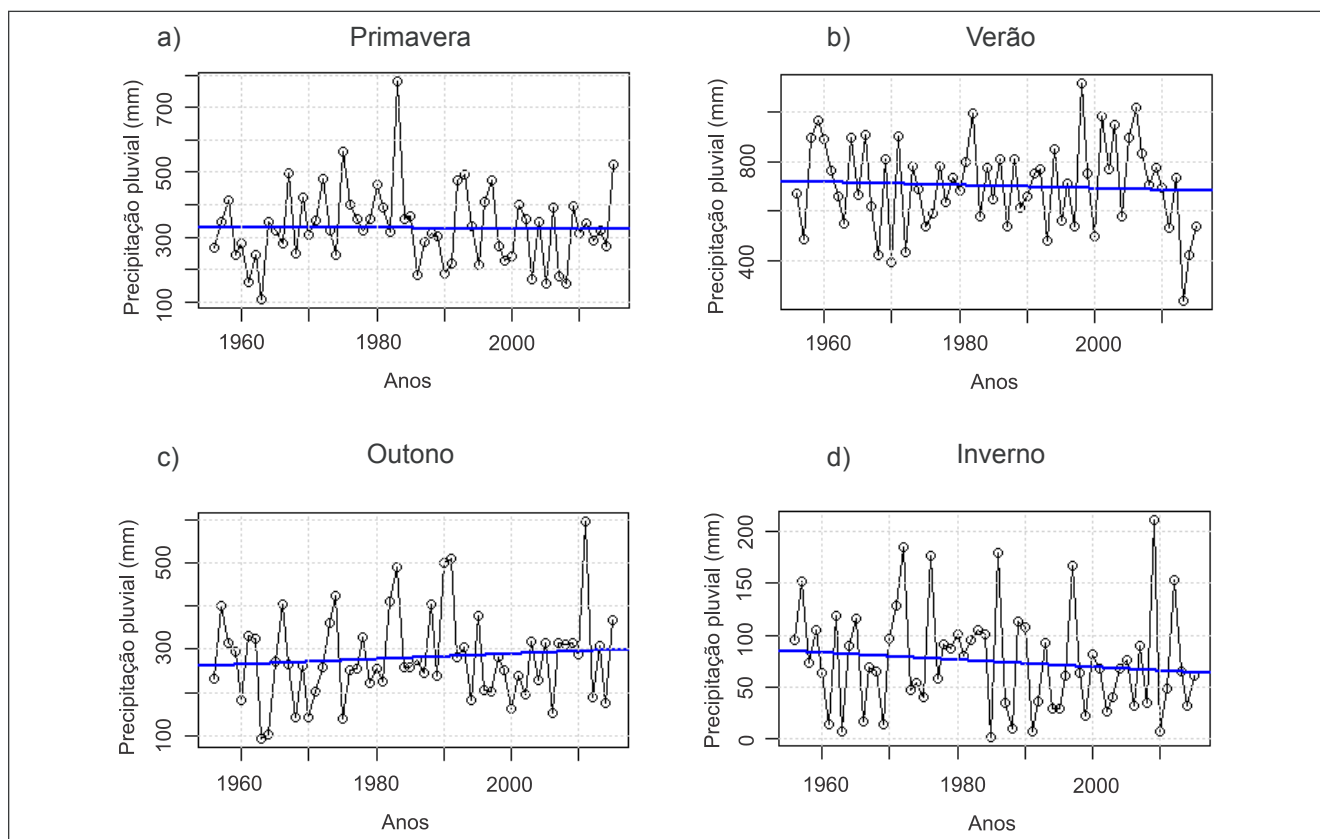
As séries temporais de precipitação pluvial total de três meses estão apresentadas na Figura 2, onde a precipitação pluvial da primavera é o total dos meses de setembro, outubro e novembro (SON), a do verão é a precipitação pluvial dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF), para o outono é a soma da precipitação pluvial dos meses de março, abril e maio (MAM) e a do inverno é o total de precipitação pluvial de junho, julho e agosto (JJA). Essas séries não apresentaram tendência significativa. A primavera (SON) é o início da estação chuvosa e apresenta alta variabilidade. Observa-se que, na primeira metade dessa série (Figura 2a), há predomínio de valores acima da média

e, na segunda metade, dominam os valores abaixo da média. Além disso, destaca-se um ano extremamente chuvoso (1983).

O verão (DJF) é a estação que apresenta os maiores totais de precipitação pluvial e, também, a maior variabilidade, sendo as décadas de 70 e 80 com pouca variabilidade e próximos à média (Figura 2b), com exceção do verão de 1982, que foi chuvoso, com 997,1 mm. As décadas de 60 e 90 tiveram muita variabilidade. O ano de 1998 foi o mais chuvoso com 1.116,0 mm. Os últimos sete anos da série tiveram tendência negativa, sendo 2013 o verão mais seco de toda a série histórica com apenas 239,9 mm (Tabela 2).

O outono é o final da estação chuvosa, quando diminui a quantidade da precipitação pluvial. Observa-se que as décadas de 90 e 2000 foram as mais secas da série, mas, na

**Figura 2.** Séries temporais da precipitação pluvial total sazonal e suas tendências, (a) Primavera (SON), (b) Verão (DJF), (c) Outono (MAM) e (d) Inverno (JJA).



**Tabela 2.** Resumo estatístico dos totais sazonais de precipitação pluvial, período de 1956 a 2015, em Jaboticabal - SP.

Trimestres	Mín. (ano)	1ºQuartil	Mediana	Média	3ºQuartil	Máx. (ano)	Desv-pad	Desvio Quartil	Coef var
<b>DJF</b>	239,9 (2013)	573,8	710,7	705,1	811,3	1116,0 (1998)	177,2	118,8	0,25
<b>MAM</b>	94,6 (1963)	216,7	263,4	280,8	319,8	595,3 (2011)	101,4	51,6	0,36
<b>JJA</b>	2,6 (1985)	35,6	68,2	75,1	101,3	210,5 (2009)	49,3	32,9	0,66
<b>SON</b>	109,1 (1963)	246,9	319,0	329,9	392,6	780,2 (1983)	116,8	72,9	0,35

década de 60, em 1963 (94,6 mm) e 1964 (101,9 mm) foram observados os outonos mais secos, enquanto que o mais chuvoso ocorreu em 2011 (595,3 mm). Os outonos de 1990 (500,5 mm) e 1991 (509,0) também ficaram acima do limite máximo, conforme pode ser observado na Figura 2c. O inverno é o trimestre menos chuvoso, onde se destaca o ano de 2009, que teve o inverno mais chuvoso com 210,5 mm (Figura 2d e Tabela 2).

Os histogramas (Figura 3) e os boxplot (Figura 4) das estações de primavera, verão e outono mostram que podem ser representadas pela distribuição normal. O inverno seria mais bem representado pela função gama devido à assimetria da curva, resultado da grande quantidade de valores baixos.

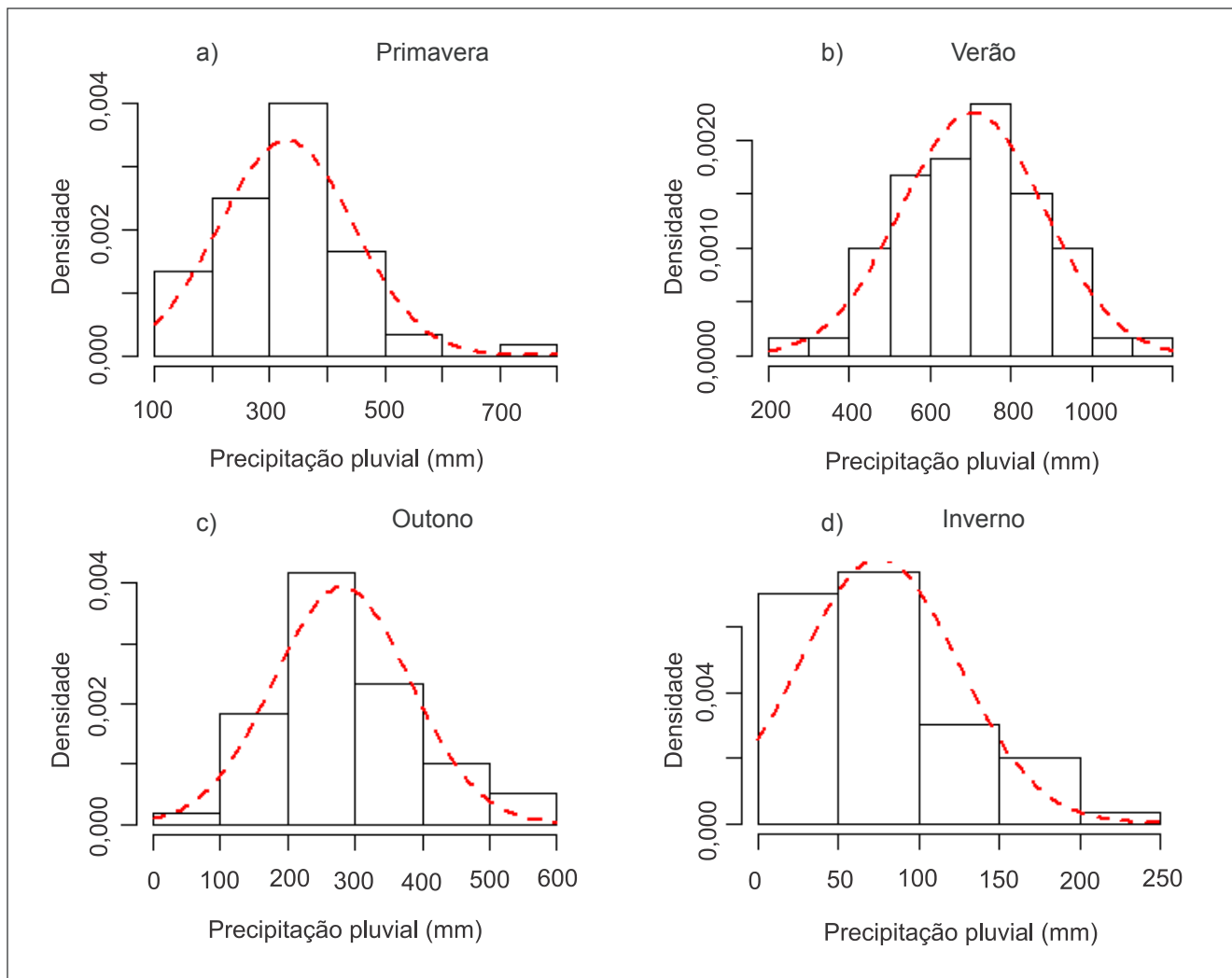
Os valores estimados de precipitação pluvial sazonal (Tabela 3) para os níveis de probabilidade  $P(X > x)$  de 10, 20, 25, 50, 75, 80 e 90%, representam a ocorrência da precipi-

tação pluvial mínima provável. A precipitação pluvial provável estimada para o nível de probabilidade de 80% para SON é de 240 mm, ou seja, espera-se uma chance de oito em cada dez anos que ocorra precipitação pluvial igual ou superior a 240 mm.

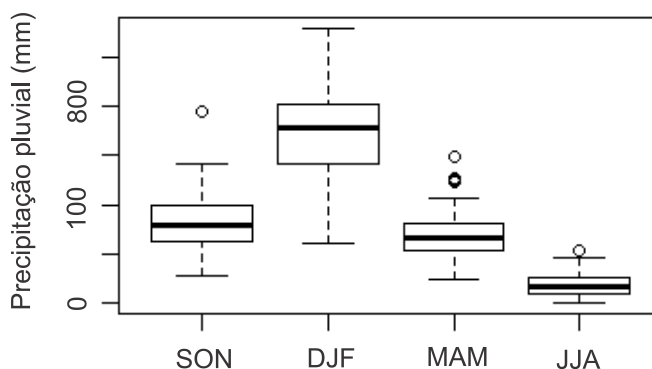
Na primavera, para o nível de probabilidade de 20%, a estimativa é de precipitação pluvial acima de 400 mm, ou seja, uma chance de dois a cada 10 anos, como mostra a função de distribuição acumulada complementar (1-FDA) (Figura 5 e Tabela 3). Essa mesma probabilidade no verão é para precipitação pluvial acima de 800 mm. No outono, é acima de 360 mm e, no inverno, acima de 100 mm.

Os parâmetros de forma (alfa), escala (beta) e taxa (teta) da função distribuição gama são estimados pelo método da máxima verossimilhança e a verificação do ajuste da função é realizado por meio do teste Kolmogorov-Smirnov (K-S). Para os trimestres da primavera, verão e outono, o teste

**Figura 3.** Histogramas dos totais sazonais (a) Primavera (SON), (b) Verão( DJF), (c) Outono( MAM )e (d) Inverno ( JJA), período de 1956 a 2015, em Jaboticabal – SP.



**Figura 4.** Boxplot para a precipitação pluviométrica sazonal, primavera (SON), verão (DJF), outono (MAM) e inverno (JJA), período 1956 a 2015, em Jaboticabal – SP.



K-S não rejeita a função de distribuição normal, e, para o inverno, o teste não rejeita a função de distribuição Gama, a 5% de significância.

#### Precipitação pluviométrica total mensal

A série do total de precipitação pluviométrica mensal para cada mês e sua tendência linear mostra que os meses de janeiro, abril, maio, setembro e novembro apresentam tendência positiva. Os meses de julho, outubro e dezembro

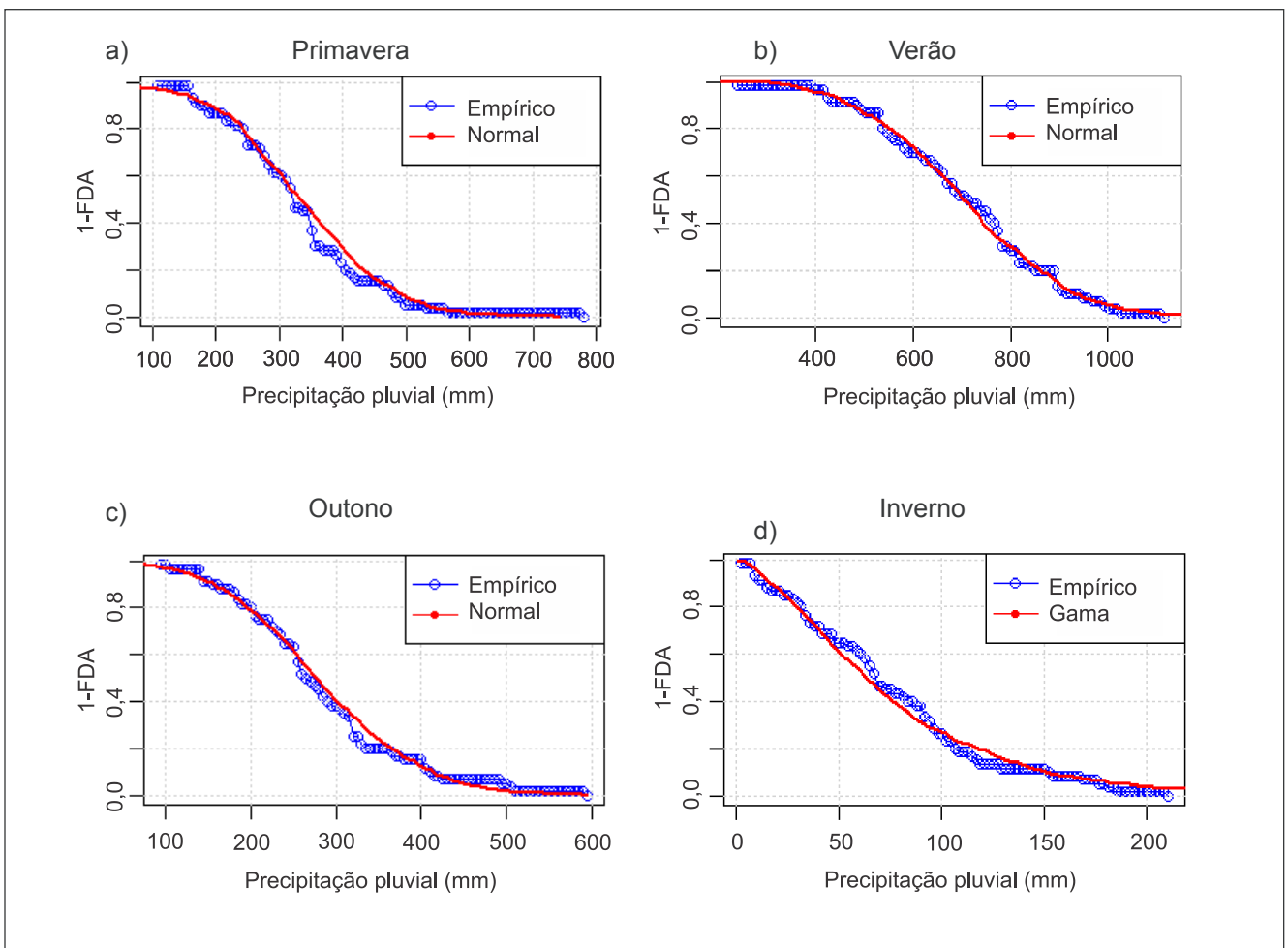
têm tendência negativa, mas, estatisticamente, elas não são significativas ao nível de 5% (Figura 6).

Os histogramas da precipitação pluviométrica total mensal e suas curvas de distribuição de frequência, de janeiro a dezembro de 1956 a 2015, sugerem qual função de distribuição de probabilidade pode ser mais adequada para representá-las (Figura 7). Para os meses de junho, julho e agosto, a distribuição de frequência sugere que pode ser representada pela função de distribuição Gama e, nos de-

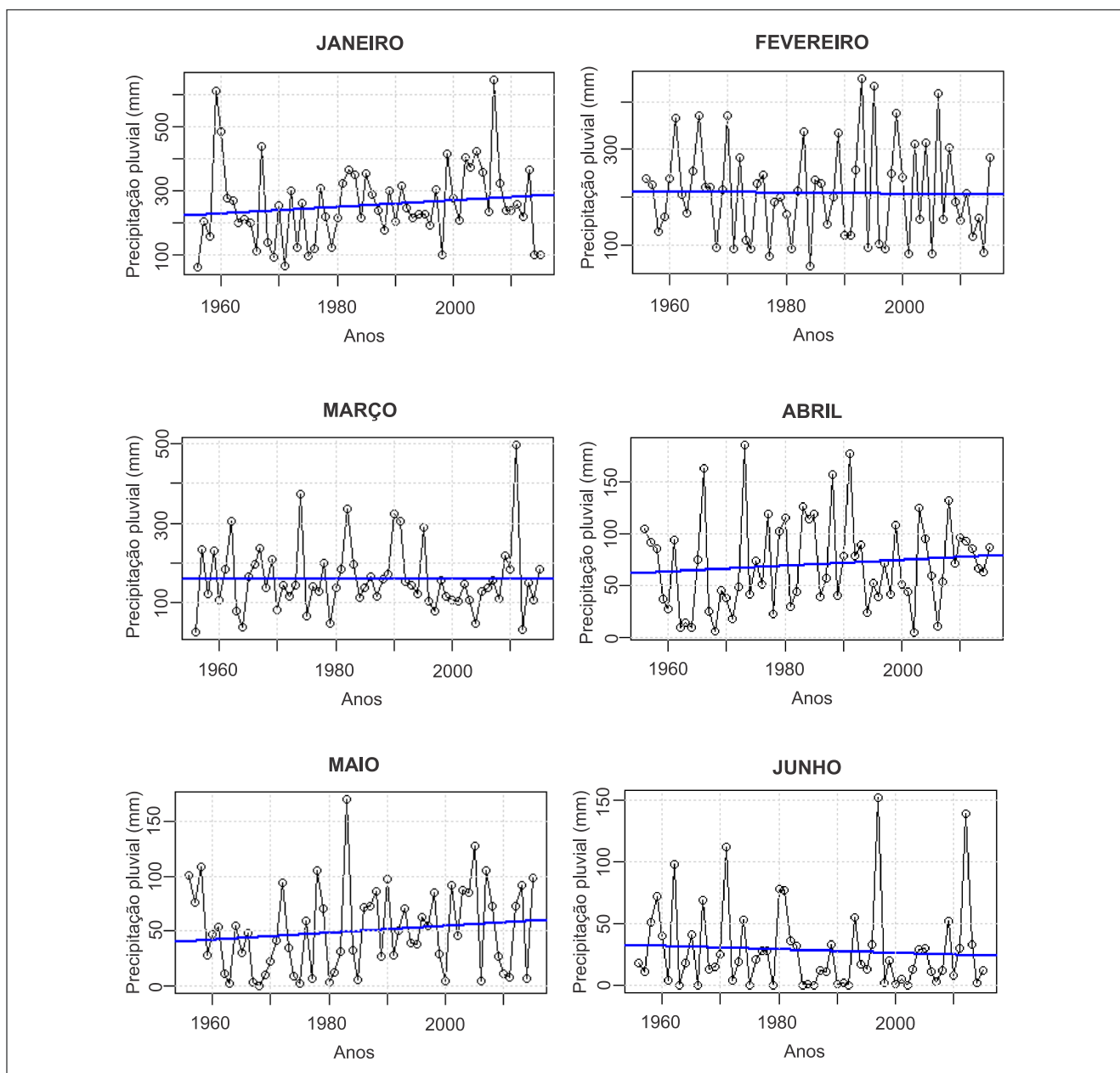
**Tabela 3.** Precipitação pluvial mensal (mm) mínima provável, estimada para diferentes níveis de probabilidade  $P(X>x)$  pela função gama incompleta para junho, julho, agosto e trimestre JJA, para os outros meses e períodos pela função de distribuição normal.

Meses	90%	80%	75%	50%	25%	20%	10%
Jan	104	156	177	262	342	360	415
Fev	78	125	145	211	278	295	336
Mar	43	82	98	157	214	227	261
Abr	14	33	40	72	102	110	127
Mai	0	17	23	51	76	81	97
Jun	0	2	4	17	41	49	73
Jul	0	0	0	12	34	42	64
Ago	0	0	0	11	35	43	67
Set	0	23	30	60	92	101	124
Out	36	65	74	115	156	166	191
Nov	67	96	108	154	200	210	240
Dez	140	176	187	241	297	310	344
<b>SON</b>	188	231	246	327	402	427	485
<b>DJF</b>	480	562	586	709	827	857	933
<b>MAM</b>	158	198	216	283	351	369	409
<b>JJA</b>	15	31	36	69	101	107	152
<b>Ano</b>	1067	1165	1204	1378	1564	1604	1738

**Figura 5.** Função densidade acumulada complementar (1-FDA) para os trimestres (a) primavera (SON), (b) verão(DJF), (c) outono (MAM) e (d) inverno (JJA).



**Figura 6.** Séries de precipitação pluvial total mensal de Janeiro a Junho de 1956 a 2015 e a linha de tendência linear em azul.



mais meses, pela função de distribuição normal.

A Figura 8 mostra os boxplots para os totais mensais de precipitação pluvial em Jaboticabal – SP, no período de 1956 a 2015. Neste gráfico, observa-se que os valores discrepantes ocorreram principalmente nos meses secos (junho, julho e agosto) e nos meses de transição de estação (março, abril e setembro, outubro e novembro). No verão, destaca-se o mês de janeiro, onde foram observados dois extremos acima de 600 mm, sendo que, também, é no verão que são observados os maiores totais mensais e os maiores desvios-padrão (Tabela 4). Durante os meses de transição do período chuvoso para o seco, os totais mensais de precipitação pluvial e os respectivos desvios-padrão são reduzidos a cada mês, sendo que o oposto acontece na transição do período seco para o chuvoso. A medida de dispersão relativa fornecida pelo coeficiente de variação mostra que

os meses secos apresentam maior variabilidade do que os meses de maior precipitação pluvial (Tabela 4).

O teste de aderência K-S, realizado para os meses e trimestres chuvosos e para a precipitação pluvial total anual, não rejeita a hipótese nula  $H_0$  de que a distribuição normal é adequada para representar essas séries, com nível de significância de 5%, pois o valor D calculado é menor que o valor D crítico (0,175 tabelado). O teste de aderência K-S para os meses secos (junho, julho e agosto), e para o trimestre composto por esses meses, não rejeita a hipótese nula  $H_0$  de que a função de distribuição gama é adequada para representá-los, a 5% de significância, e, para os meses de julho e agosto, foram significativos a 1% e 2%, respectivamente. Para esses períodos, verifica-se que as médias (aritmética) ficaram mais próximas dos níveis de probabilidade de 30% a 40%. Na sequência, são apresentados os

Figura 6. para os meses de Julho a Dezembro (continuação).

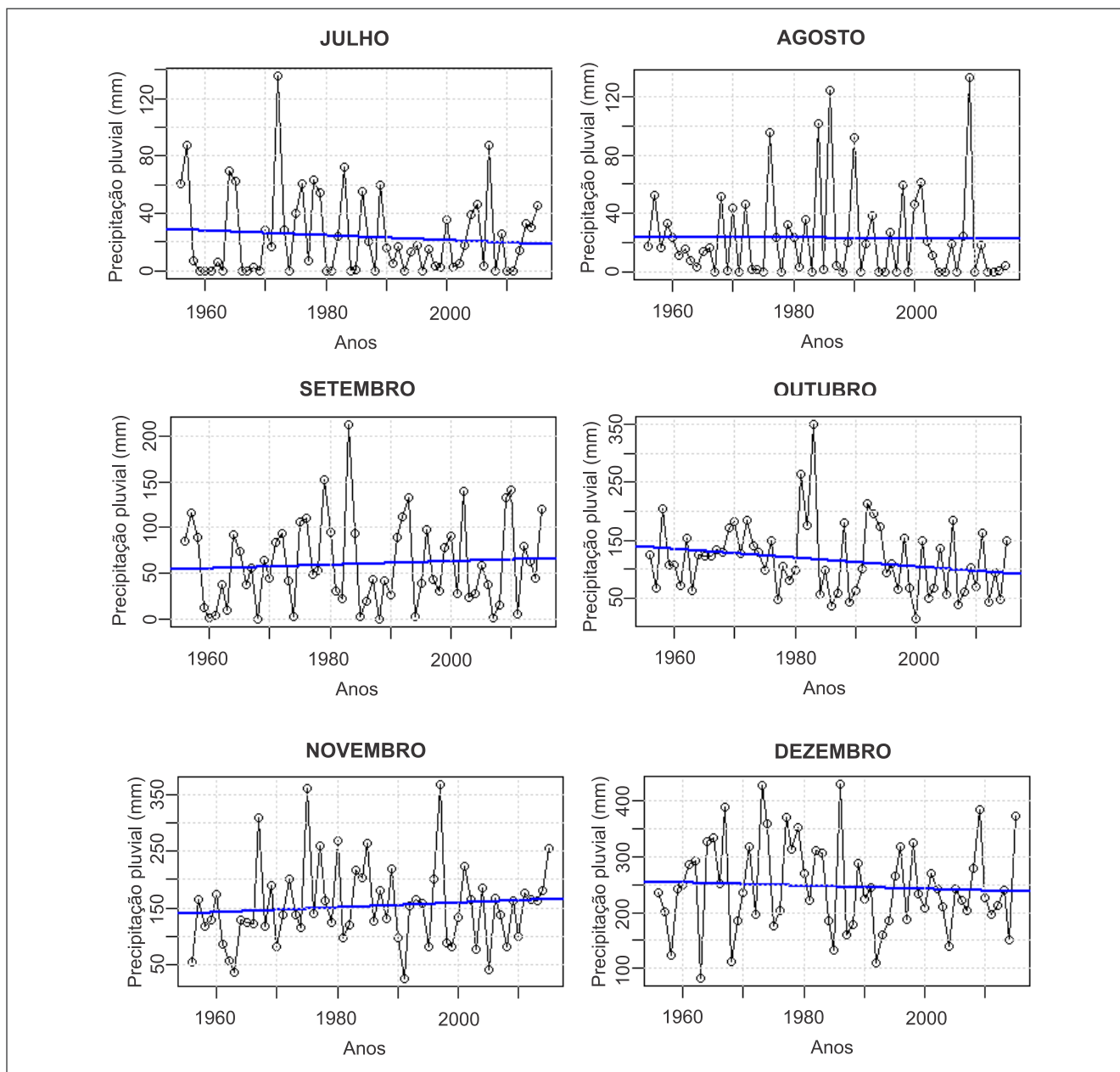
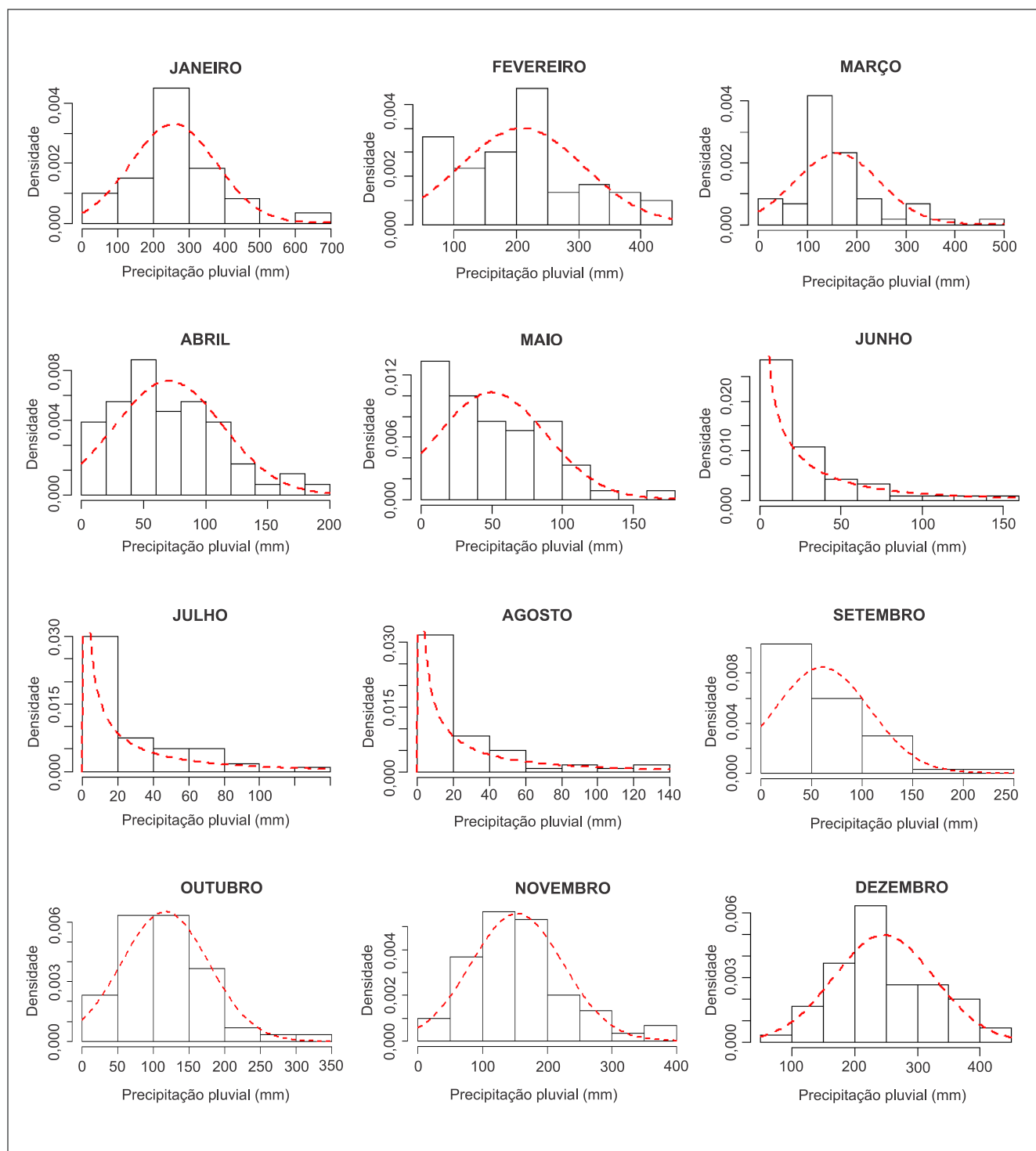


Tabela 4. Resumo estatístico da precipitação pluvial mensal em Jaboticabal-SP no período de 1956 a 2015.

Meses	Mínimo	1º Quartil	Mediana	Média	3º Quartil	Máximo	Desvio-padrão	CV %
Janeiro	65,0	201,9	239,6	262,3	322,0	644,6	119,1	0,45
Fevereiro	57,0	123,0	207,2	209,8	252,2	447,3	99,4	0,47
Março	27,3	109,2	142,8	160,9	192,6	496,0	87,9	0,55
Abril	5,0	38,7	63,0	70,1	95,2	185,0	44,4	0,63
Maiο	0,0	14,7	46,4	50,1	75,1	170,2	38,4	0,77
Junho	0,0	3,3	17,9	28,8	35,3	152,1	34,2	1,19
Julho	0,0	0,0	13,2	23,4	38,1	135,7	29,6	1,27
Agosto	0,0	0,0	15,9	23,9	32,8	133,1	31,9	1,33
Setembro	0,0	23,9	46,3	59,7	91,7	212,9	47,3	0,79
Outubro	15,6	66,9	106,9	116,8	151,9	349,9	61,5	0,53
Novembro	26,3	103,9	138,2	150,9	180,4	367,0	71,4	0,47
Dezembro	83,8	196,1	238,2	246,0	302,3	428,7	78,8	0,32



**Figura 7.** Histogramas mensais e respectivas curvas da distribuição de frequência (pontilhada), de janeiro a dezembro no período de 1956 a 2015.



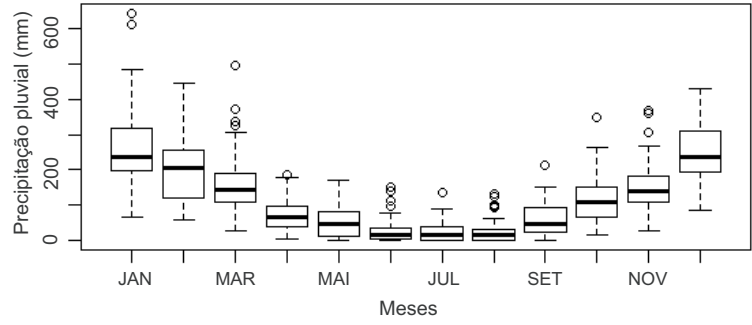
gráficos (Figura 9) e a tabela (Tabela 3) das probabilidades.

Os valores de precipitação pluvial mensais estimados para os níveis de probabilidade  $P(X > x)$  de 10, 20, 25, 50, 75, 80 e 90% representam a ocorrência da precipitação pluvial mínima provável (Tabela 3). Verifica-se que a precipitação pluvial provável estimada para o nível de probabilidade de 80%, em janeiro, é acima de 156,0 mm (FDAC inversa), ou seja, espera-se uma chance de oito a cada dez anos que ocorra em janeiro precipitação pluvial superior a 156,0 mm

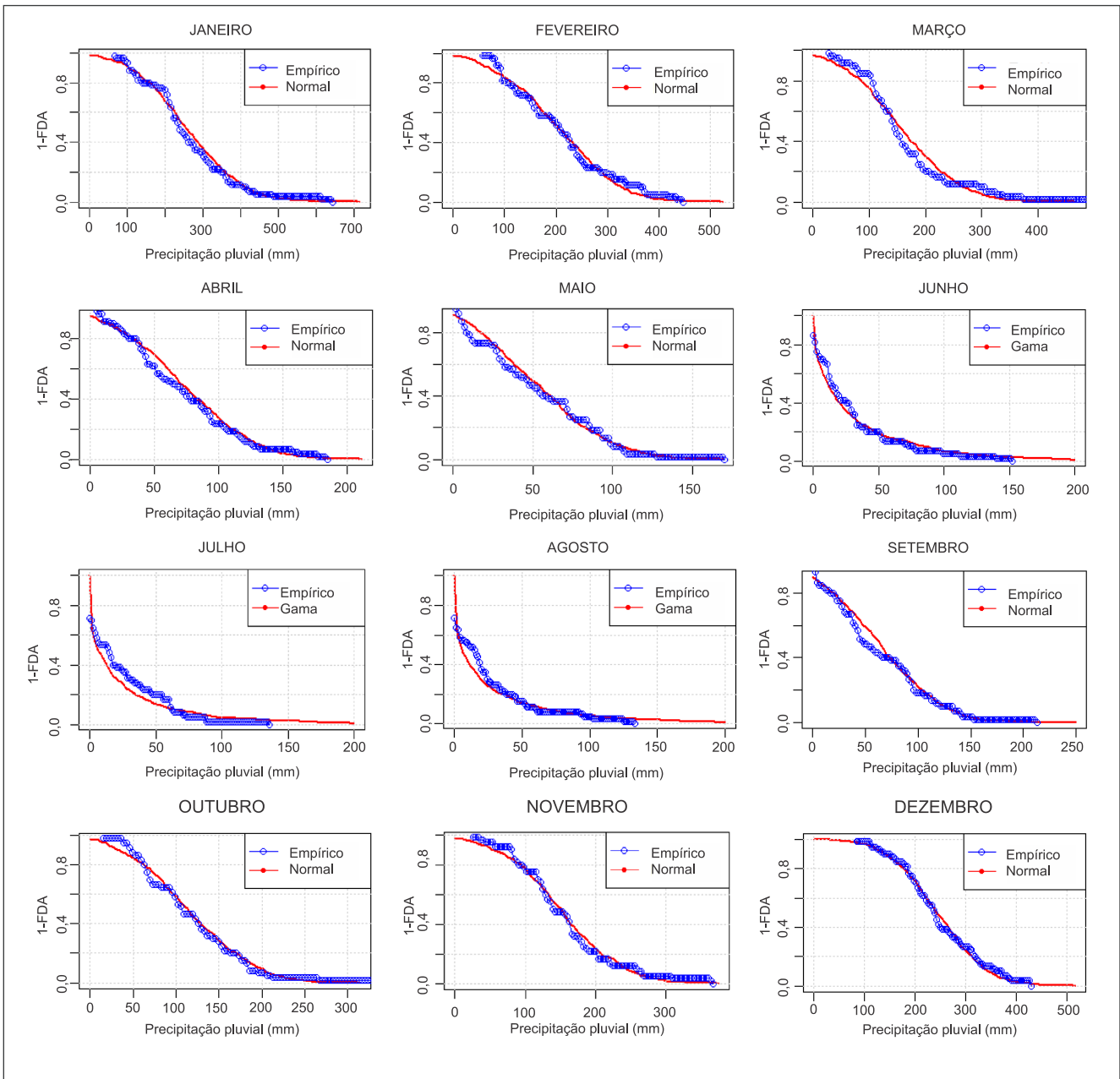
e, para dezembro, espera-se precipitação pluvial acima de 176,0 mm (Tabela 3).

As médias ocorrem no nível de probabilidade de 50%, ou seja, uma chance de cinco a cada dez anos. As diferenças entre a precipitação pluvial nos níveis de probabilidade de 80 e 50% são estimadas em menos de 40% (-106 mm) e menos de 27%, (-66 mm), para janeiro e dezembro, respectivamente. Por isso, orienta-se que, em projetos de irrigação suplementar, utilize-se estimativas de precipitação pluvial

**Figura 8.** Boxplot da precipitação pluvial total mensal, período de 1956 a 2015, em Jaboticabal - SP.



**Figura 9.** Função Distribuição de Probabilidade Acumulada Complementar (1-FDA) e função empírica mensais.



nos níveis acima de 75% e 80%, e não nos níveis de probabilidade de 50%, que podem subestimar a suplementação. Além disso, para atividades que dependam da precipitação pluvial, saber o quanto chove de oito em dez anos é melhor do que a ocorrência de cinco em dez. Para o nível de probabilidade de 20%, ou seja, uma chance de dois a cada dez anos, estima-se chuva acima de 360,0 mm para o mês de janeiro e acima de 310,0 mm para o mês de dezembro. Reciprocamente, existe 80% de probabilidade (uma chance de oito em dez anos) de que seja menor que esse valor (Tabela 3).

Essa análise se estende para os demais meses, nos quais a distribuição normal mostrou-se adequada a representá-los: de fevereiro a maio e de setembro a novembro. As maiores diferenças percentuais entre as estimativas de precipitação pluvial nos níveis de probabilidade de 80 e 50% foram maiores para os meses de abril (55%), maio (67%) e setembro (62%), que são meses de transição entre os períodos chuvoso e seco (abril e maio) e de seco para chuvoso (setembro). Esse resultado mostra que a utilização da estimativa da média deveria ser melhor avaliada em projetos que suplementem a precipitação pluvial para que esses não sejam subdimensionados (Tabela 3).

Para os meses caracterizados como secos, junho, julho e agosto, ajustados pela distribuição gama, a precipitação pluvial média esperada acontece nos níveis de probabilidade entre 30 e 40%, que é aproximadamente o dobro do valor para o nível de probabilidade de 50%, estimada em 12 e 11,0 mm, para julho e agosto, respectivamente. No nível de probabilidade de 20%, a precipitação pluvial estimada é superior a 40,0 mm para cada mês, e, no trimestre JJA, estima-se pouco mais que 100 mm.

## Conclusões

A precipitação pluvial observada em 60 anos em Jaboticabal, São Paulo, analisada em escalas mensal, trimestral e anual, pode ser representada pela função de distribuição normal nos meses chuvosos, de janeiro a maio e de setembro a dezembro, nos trimestres de primavera - SON, verão - DJF e outono - SON e na escala anual, verificado pelo teste de aderência K-S, com nível de significância de 5%. essa distribuição facilita o cálculo das probabilidades.

Para os meses secos, junho, julho e agosto, e o trimestre de inverno - JJA, o teste de aderência K-S não rejeitou a hipótese nula de que a função de distribuição gama possa representar esses períodos, com nível de significância de 1% para julho e 2% para agosto, e 5% para os demais.

Com os dados observados ajustados às funções de distribuição de probabilidades, obtêm-se as estimativas de precipitação pluvial mínima provável. Por exemplo, para o nível de probabilidade de 80%, a precipitação pluvial para janeiro é superior a 156,0 mm. Para dezembro, espera-se

precipitação pluvial acima de 176,0 mm. Para o nível de probabilidade de 50%, a precipitação pluvial esperada é superior a 262 mm e 241 mm, para janeiro e para dezembro, respectivamente. Assim, em projetos de irrigação suplementar baseados em valores médios de precipitação pluvial, as subestimativas são da ordem de 40% e 27%, para janeiro e dezembro, respectivamente. Essa diferença é de até 67% para o mês de maio, que é um mês de transição de chuvoso para seco.

Nos meses mais secos, o uso da função de distribuição gama mostra que a estimativa da precipitação pluvial média acontece nos níveis de 30 a 40% de probabilidade, que é aproximadamente o dobro da precipitação pluvial mensal para o nível de probabilidade de 50%.

Espera-se que a precipitação pluvial em níveis de probabilidade atenda melhor as demandas dos tomadores de decisão e não apenas a utilização do valor médio da precipitação pluvial em escalas mensais, trimestrais e anuais.

## Agradecimento

Ao prof. Adhemar Sanches, do Departamento de Ciências Exatas, da FCAV/UNESP pelas orientações, discussões e sugestões que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, H.A. Probabilidade de ocorrência de chuva na micro região de Ilhéus - Itabuna, Bahia, 5 p., Edição X CBMet - Brasília. 1998.
- ANDRÉ, R.G.B., GARCIA, A. Variabilidade temporal da precipitação em Jaboticabal-SP. *Nucleus*, v.11, n.2, 2014.
- 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 Agrotec.*, Lavras, v.23, n.3, p.697-706, 1999.
- COAN, B.P., BACK, A.J, BONETTI, A.V. Precipitação mensal e anual provável no Estado de Santa Catarina. *Rev. Bras. de Climatologia*. v.10., 2014.
- CPC Climate Prediction Center. National Weather Service. Disponível em [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml). Acesso em 31 jul. 2016.
- INMET Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/indicePrecipitacaoPadronizada>. Acesso em 31 jul.2016.
- LOBATO, E.J.V., CASAROLI, D., SANTOS, F.C.V.. COSTA NETO, G.M.F. Utilização da distribuição gama em séries pluviométricas do município de Goiânia - GO. *Boletim Técnico*, Ed. do Autor, 106p. 2014.
- MOREIRA, P.S.P., DALLACORT, R, MAGALHÃES, R.A. INOUE, M.H, STIELER, M.C., SILVA, D.J., MARTINS, J.A. Distribuição de probabilidade de ocorrência de chuvas no município de Nova Maringá-MT. *Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta Floresta*, v.8, n.1, p.9-20, 2010.
- NAGHETITNI, M. E PINTO, E.J.A. *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte. 552 p. CPRM, 2007.
- PAIVA, A.L.R., SANTOS, S.M., FIGUEIREDO, NITA, M.R. Análise das precipitações médias acumuladas mensais na região do Agreste Pernambucano. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 20. Bento Gonçalves - RS, 17-22 de novembro de 2013.
- R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>, 2013. Acesso em: 01 jan.2014.

RODRIGUES, J.A.; SANTOS FILHO, J.; CHAVES, L.M. Funções de densidade de probabilidade para a estimativa de precipitação mensal. *Semina. Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina*, v.34, n.1, p.03-08, jan/jul., 2013.

SAMPAIO, S.C., LONGO, A.J., QUEIROZ, M.M.F., GOMES, B.M., VILAS BOAS, M.A. SUZEK, M. Estatística da distribuição da precipitação mensal provável no Estado do Paraná. *Acta Sci. Human Soc. Sci., Maringá*, v.28, n.2, p.267-272, 2006.

SEDIYAMA, G.C., MELO, J.S.P., ALVES, A.R., COELHO, D.P. Determinação dos parâmetros da distribuição gama em função das alturas médias mensais da precipitação dos dias chuvosos. *Revista Ceres*, v.43, n.247, p.254-266, 1996.

SILVA, A.P.C.M., RODRIGUES, J.A., SANTOS FILHO, J. Estudo da precipitação pluviométrica no período seco e chuvoso do município de Sete Lagoas- MG. *Rev. Estatística da UFOP*. v.3, n.3, 2014

SOCCOL, O.J.; CARDOSO, C.O.; MIQUELLUTI, D.J. Análise da precipitação provável para o município de Lages, SC. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.14, n.6, p.569-574, 2010.

#### REFERENCIAÇÃO

ANDRÉ, R., G. B.; ANUNCIAÇÃO, Y. M. T. A precipitação pluvial provável em Jaboticabal, São Paulo. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.25, n.2, p.347-359, 2017.

# The likely rainfall in Jaboticabal, São Paulo State, Brazil

Romisio Geraldo Bouhid André<sup>1(\*)</sup> and Yumiko Marina Tanaka da Anunciação<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista – Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP. (Retired), E-mail: romisio.andre@gmail.com

<sup>2</sup>Cemaden/MCTIC, Estrada Dr. Altino Bondensan, 500, CEP 12247-016 São José dos Campos, SP, Brazil. E-mail: ymarina.tanaka@gmail.com

(\*)Corresponding author

---

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 17 July 2017

Accepted 27 December 2017

### Index terms:

Monthly precipitation

normal distribution function

gamma distribution function

## ABSTRACT

The monthly, seasonal and annual time series data of total rainfall from 1956 to 2015 in Jaboticabal, São Paulo, are statistically analyzed and adjusted to the normal distribution in the rainy months from September to May and to the gamma distribution in the dry months, June, July and August.

The data were obtained from the Paulista Company Railway Station, and the Agroclimatological Station of the Exact Sciences Department of UNESP, Jaboticabal, located in the northeast region of the São Paulo State, and whose geographical coordinates are 21° 14'14 "S latitude, 48°46'25" W longitude and 713 m of altitude. The probability distribution function provides at what level of probability the likely minimum precipitation occurs in each analyzed period. Thus, it is expected that this information contributes to the decision makers, and not only using the average value as reference in projects that require the amount of precipitation.

© 2017 SBAGro. All rights reserved.

---

## CITATION

ANDRÉ, R., G. B.; ANUNCIÇÃO, Y. M. T. A precipitação pluvial provável em Jaboticabal, São Paulo. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.25, n.2, p.347-359, 2017.