



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA — MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU

1º Simpósio
do Trópico Úmido

1st Symposium
on the Humid Tropics

1er Simposio
del Trópico Húmedo

ANAIS
PROCEEDINGS
ANALES

Volume I

CLIMA e SOLO

CLIMATE and SOIL

CLIMA y SUELO

BELEM - PARÁ - BRASIL

1986



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA — MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU

1º Simpósio do Trópico Úmido

1st Symposium
on the Humid Tropics

1^{er} Simpósio
del Trópico Húmedo

Belém, Pará, 12 a 17 de Novembro de 1984

Belém, November 12 through 17, 1984

Belém, 12 a 17 de novembre de 1984

ANAIS PROCEEDINGS ANALE

Volume I

CLIMA e SOLO

CLIMATE and SOIL

CLIMA y SUELO

BELÉM - PARÁ - BRASIL



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA — MAPA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA — EMBRAPA
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO — CPATU

EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à
EMBRAPA-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n

Telefone: 226-6622

Telex: (091) 1210

Caixa Postal, 48

66000 Belém, PA - Brasil

Tiragem: 1.000 exemplares

Observação

Os trabalhos publicados nestes anais não foram revisados pelo Comitê de Publicações do CPATU como normalmente se procede para as publicações regulares. Assim sendo, todos os conceitos e opiniões emitidos são de inteira responsabilidade dos autores.

Simpósio do Trópico Úmido, I, Belém, 1984.

Anais. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986.

6v. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36)

I. Agricultura — Congresso — Trópico. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, PA, II. Título. III. Série.

CDD: 630.601

ESTIMATIVA DE PRECIPITAÇÃO PARA DIFERENTES NÍVEIS DE PROBABILIDADE EM QUATRO PERÍODOS DE TEMPO SEGUNDO A DISTRIBUIÇÃO GAMA — BELÉM, PARÁ

Homero Chaib Filho¹, Therezinha Xavier Bastos²
e Tatiana Deane de Abreu Sá Diniz²

RESUMO: Foram efetuadas estimativas de precipitação provável para a região de Belém, a diferentes níveis de probabilidade e períodos de tempo, utilizando-se a distribuição gama. O objetivo principal é auxiliar o planejador agrícola em estimativas concernentes à quantidade de precipitação esperada na região. Os dados utilizados foram obtidos na estação agrometeorológica da EMBRAPA-CPATU, em Belém, no período de 1967-1983. Como resultados, são apresentadas tabelas de precipitação provável para períodos de cinco, sete, quinze e 30 dias, em níveis de probabilidade de 5, 10, 20, 30, 50, 70, 80, 90 e 95 por cento para a região.

Termos para indexação: Estimativa de precipitação, distribuição gama, Amazônia.

EXPECTED RAINFALL ESTIMATES AT DIFFERENT PROBABILITY LEVELS IN FOUR PERIODS OF TIME BY GAMMA DISTRIBUTION. BELÉM, PARÁ

ABSTRACT: Expected rainfall estimates at different probability levels and periods of time are presented for the Region of Belém, State of Pará, Brazil, utilizing gamma distribution. The main purpose of the study was to help agricultural planning by providing expected rainfall distribution of the region. The data used were obtained at the Agrometeorological Station of EMBRAPA-CPATU, from 1967 to 1983. Expected precipitation tables for periods of five, seven, fifteen and thirty days, at probability levels of 5, 10, 20, 30, 50, 70, 80, 90 and 95 percent are presented.

Index terms: Rainfall estimates, gamma distribution, Brazilian Amazon region.

INTRODUÇÃO

Sendo a agricultura uma das atividades humanas que mais se relacionam com o clima, a instabilidade climática se constitui num fator de risco para o produtor

Em função de sua grande variabilidade, a precipitação pluviométrica é o componente climático que mais afeta a produção agrícola, podendo tornar-se expressão daquele risco. Sendo assim, é de grande interesse para a agricultura o conhecimento de prognóstica da precipitação pluviométrica.

¹Matemático M.Sc. EMBRAPA-DMQ. Caixa Postal APT 040315. CEP 70312. Brasília, DF.

²Eng. Agr. M.Sc. EMBRAPA-CPATU. Caixa Postal 48. CEP 66000. Belém, PA.

trica em períodos de tempo curtos e longos, através de tratamento estatístico conveniente, na tentativa de se minimizar os riscos decorrentes da variabilidade das chuvas.

A região de Belém reúne grande contingente de pesquisa agrícola, envolvendo culturas de ciclo curto e longo, bem como de produção de mudas para plantas perenes. Em termos climáticos, a característica dominante da região é o regime pluviométrico elevado, e a grande variabilidade das chuvas em termos anual, mensal e diário (Bastos et al. 1984), sendo, portanto, relevante para a região, trabalhos voltados para estimativas de precipitação pluviométrica provável, com finalidade de orientar o calendário agrícola regional.

Até o presente, são poucos os trabalhos voltados para a caracterização das chuvas em Belém, podendo-se citar: Cunha & Bastos (1973), Moraes et al. (1983), Nechet (1983) e Bastos et al. (1984), não sendo conhecidas referências em relação à aplicação da distribuição gama a dados pluviométricos da região.

Além da grande utilidade em trabalhos teóricos, a distribuição gama fornece representações úteis em diversas situações físicas. O fato de que a soma de variáveis aleatórias independentes, exponencialmente distribuídas, tem uma distribuição gama, levou ao surgimento desta distribuição na teoria de tópicos associados com processos randômicos no tempo, em particular nos processos de precipitação pluviométrica (Johnson & Kotz 1970).

Crutcher et al. (1973) e Vivaldi (1982), em trabalhos envolvendo a precipitação pluviométrica e a distribuição gama, citam estudos anteriores que demonstram a utilidade do uso desta distribuição no cálculo da precipitação pluviométrica.

Autores brasileiros e estrangeiros como Ellis (1972), Sediyaama (1977), Arruda & Pinto (1980), Castro et al. (1981), Vivaldi (1982), Crutcher et al. (1973) e Strommen (1974) evidenciam que a distribuição gama tem sido mais adequada para determi-

nar a probabilidade de totais mensais de chuva e de períodos diários, que outros métodos usuais de estimativas de precipitação.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados pluviométricos utilizados foram provenientes da estação agrometeorológica do CPATU, localizada em Belém, à latitude de 01°28' Sul, longitude 48°27' à Oeste de Greenwich e a 12,8 m de altitude e correspondem a valores contínuos abrangendo o período de 1967 a 1983.

Os valores de precipitação diária foram agrupados em períodos: quinquidial, semanal, quinzenal e mensal, tendo sido fixado o ano em 365 dias. Para os anos bissextos, os valores do dia 29 de fevereiro, foram adicionados aos valores do dia 28. Os critérios estabelecidos para os três primeiros períodos foram os seguintes: período quinquidial, ou de cinco dias, o ano foi dividido em 73 períodos; período semanal, o ano foi dividido em 52 períodos, sendo que o valor de precipitação pluviométrica do dia 31 de dezembro foi adicionado ao do dia 30; período quinzenal, o ano foi dividido em 24 períodos, sendo que ao último período, adicionaram-se os valores dos últimos dias restantes.

Para a estimativa de precipitação, a níveis de 5, 10, 20, 30, 50, 70, 80, 90 e 95 por cento de probabilidade, utilizou-se a função de distribuição gama representada pela fórmula:

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t/\beta} dt$$

Onde:

$F(x)$ - função de probabilidade para a variável aleatória X , calculada para a ocorrência de uma precipitação inferior ou igual a x .

α, β - parâmetros de distribuição gama (α, β 0)

$\Gamma(\alpha)$ - função gama avaliada para o valor de α .

e - base do logaritmo neperiano.
t - variável de integração.

Os parâmetros do modelo foram estimados pelo método de máxima verossimilhança. A utilização deste método implica que os parâmetros não podem assumir o valor zero, tendo sido efetuada uma modificação no modelo segundo proposição de Vivaldi (1982), como segue:

$$H(X) = p + q F(X)$$

Onde:

$$p = \frac{\text{N}^\circ \text{ de valores nulos}}{\text{tamanho da amostra}}$$

$$q = (1-p)$$

F(X) = como definido acima

H(X) = probabilidade da ocorrência de uma precipitação X, dado que não existem valores nulos na amostra.

Todos os resultados foram obtidos através de um programa FORTRAN que, para os cálculos das probabilidades, utilizou-se do "software" oferecido pelo Institute of Mathematical and Statistical Library — IMSL.

O computador utilizado foi um IBM 4341 da EMBRAPA.

RESULTADOS

As Tabelas de 1 a 4 mostram os resultados referentes à precipitação média, aos parâmetros α e β e à ocorrência máxima de precipitação a níveis de 5, 10, 20, 30, 50, 70, 80 e 95 por cento de probabilidade para períodos quinqüidial, semanal, quinzenal e mensal em Belém.

DISCUSSÃO

Analisando-se Tabelas 1, 2, 3 e 4, verifica-se que, em geral, ao se aumentar o tamanho do período estudando, cresce o

valor de α , o que indica um menor grau de assimetria* para períodos maiores. O menor valor de α , de 0,544, foi verificado no 63º período quinqüidial, enquanto o seu maior valor, de 21,266, ocorreu no primeiro período mensal (janeiro).

Quanto ao parâmetro β , cujos valores dependem de α e da média, e expressam a variabilidade das precipitações, não se registra acentuada tendência com relação à variação do tamanho dos períodos estudados.

Pode-se observar que, de maneira geral, independentemente do tamanho, os períodos de menor variabilidade apresentam grande grau de assimetria (α e β pequenos), o que indica concentração das precipitações de um ou de outro lado da média do período.

Numa análise conjunta das tabelas, pode-se extrair as seguintes informações:

- a) Os meses mais chuvosos apresentam menor grau de assimetria, indicando melhor distribuição das precipitações nestes períodos, com ênfase para o mês de janeiro;
- b) Apesar da grande variabilidade das precipitações no mês de fevereiro, sua primeira quinzena apresenta uma distribuição bastante equilibrada;
- c) Dos meses menos chuvosos, o que apresenta melhor distribuição de precipitação é o mês de setembro;
- d) Os meses de outubro e novembro apresentam grande tendência para a ocorrência de precipitação na primeira quinzena de outubro e segunda quinzena de novembro, com as outras quinzenas podendo se caracterizarem pelo pequeno índice de pluviosidade;
- e) As Tabelas de 1 a 3 mostram ainda que se pode esperar somatórios de chuva reduzidos a partir da segunda metade do ano, notadamente entre os períodos 55º e 67º do intervalo de cinco dias, 39º e 47º do intervalo de sete dias e 19º e 22º do intervalo de quinze dias, bem co-

* Assimetria ou afastamento de uma distribuição de frequência.

TABELA 1. Valores de precipitação (mm) e suas médias, a diferentes níveis de probabilidade para períodos de cinco dias (Belém - período de 1967-1983).

Período	Média	Nível de probabilidade									Estimativa	
		95	90	80	70	50	30	20	10	5	Alfa	Beta
1	41.0	106.3	85.1	63.3	50.2	32.5	19.7	14.0	8.2	5.0	1.532	26.773
2	81.7	128.5	108.8	87.7	74.3	55.2	39.7	32.0	23.1	17.3	3.093	19.958
3	55.0	129.7	106.7	82.2	67.1	46.2	30.3	22.8	14.7	9.9	2.015	27.275
4	65.5	143.4	118.9	95.1	79.3	57.3	39.8	31.3	21.6	15.6	2.592	25.266
5	65.7	139.0	117.6	94.1	79.3	58.4	41.5	33.1	23.6	17.4	2.900	22.663
6	51.0	95.0	82.5	69.0	60.3	47.4	36.5	30.9	24.1	19.4	4.676	10.907
7	63.6	121.8	120.9	94.0	77.5	54.3	36.4	27.9	18.5	12.8	2.214	28.723
8	76.3	143.9	124.9	104.0	90.5	70.7	54.0	45.4	35.0	27.8	4.418	17.277
9	81.9	145.4	127.7	108.5	95.9	77.1	61.1	52.5	46.4	46.4	5.696	14.376
10	71.4	126.0	110.0	94.3	83.4	67.3	53.4	46.1	37.1	31.1	5.835	12.230
11	68.4	122.9	107.6	91.2	80.3	64.2	50.5	43.3	34.5	28.2	5.424	12.608
12	82.2	158.6	137.0	113.2	97.9	75.6	57.0	47.4	36.2	28.2	4.047	20.321
13	76.1	163.8	140.6	111.0	92.3	66.2	45.7	35.7	24.5	17.5	2.900	30.444
14	62.5	121.7	104.9	86.5	74.5	57.3	43.0	35.7	26.9	22.1	3.920	15.951
15	66.0	145.9	122.4	96.5	60.0	57.2	39.3	30.5	20.9	14.7	2.447	26.959
16	62.9	160.6	132.9	97.9	76.5	48.9	29.0	20.2	11.4	6.8	1.423	44.239
17	64.8	130.3	111.2	90.7	77.6	58.7	43.2	35.3	26.2	20.1	3.489	18.560
18	72.3	118.5	106.0	92.3	83.1	69.3	57.1	50.6	42.3	36.9	8.138	8.879
19	55.1	131.7	110.9	83.9	67.3	44.5	28.3	20.6	12.7	8.1	1.734	31.795
20	49.6	95.7	82.6	68.2	59.0	45.5	34.3	28.6	21.7	17.1	4.051	12.234
21	69.9	121.5	117.7	96.7	83.3	63.9	47.7	39.4	29.8	23.1	3.829	18.245
22	60.0	124.6	105.6	85.2	72.2	53.8	38.8	31.3	22.7	19.6	3.128	19.197
23	58.3	113.8	97.8	80.5	69.4	53.4	40.0	32.2	25.1	21.3	3.899	14.948
24	68.2	138.2	117.8	95.9	81.7	61.6	45.1	32.7	27.0	25.0	3.386	20.137
25	68.0	127.6	110.8	92.4	80.4	63.0	48.3	40.7	31.5	27.2	4.502	15.094
26	51.7	130.4	106.7	79.7	63.2	41.2	25.1	17.9	10.5	6.8	1.565	53.023
27	59.0	103.0	96.2	80.2	69.9	54.7	42.0	35.3	27.4	21.8	4.517	13.063
28	57.9	115.7	99.7	81.2	69.4	52.4	38.4	31.4	23.2	17.7	3.440	16.824
29	33.0	70.1	59.0	47.3	39.8	29.3	20.8	16.6	11.8	8.7	2.887	11.423
30	29.8	52.7	52.7	45.0	36.3	24.7	15.8	11.8	7.4	4.9	1.870	15.926
31	33.7	84.4	72.1	52.7	41.1	25.9	15.0	10.3	5.7	3.3	1.851	24.957
32	31.2	76.1	61.9	47.1	38.0	25.7	16.5	12.1	7.6	5.0	1.835	16.994
33	29.0	72.4	59.4	44.5	35.4	23.3	14.3	10.3	6.2	3.8	1.613	17.944
34	19.6	56.9	44.2	31.3	23.7	14.0	7.5	4.8	2.4	1.2	1.085	18.030
35	19.5	47.9	39.0	29.6	23.9	16.1	10.2	7.5	4.7	3.0	1.807	10.813
36	25.3	81.2	61.2	41.3	30.0	16.1	7.6	4.4	1.8	0.8	0.828	30.585
37	34.2	71.2	70.7	52.7	41.8	27.2	16.6	11.8	7.0	4.3	1.559	21.952
38	33.6	104.6	79.5	54.5	40.1	22.3	10.9	6.6	2.9	1.3	0.899	37.398
39	33.4	81.8	66.4	50.6	40.8	27.5	17.6	12.9	8.1	5.2	1.821	18.350
40	26.9	46.4	46.4	40.8	32.8	21.9	13.8	10.1	6.2	4.0	1.743	15.465
41	20.0	57.9	44.9	31.9	24.2	14.3	7.7	5.0	2.5	1.3	1.096	18.225
42	23.1	62.6	49.6	36.3	28.2	17.7	10.2	7.0	3.9	2.2	1.336	17.324
43	22.3	53.6	46.3	34.5	27.3	17.7	10.7	7.6	4.4	2.9	1.522	14.661
44	13.2	37.0	29.0	20.9	16.1	9.8	5.5	3.7	1.9	1.1	1.217	10.884
45	22.7	67.8	52.3	36.5	27.3	15.7	8.1	5.0	2.4	1.2	0.996	22.759
46	26.4	74.2	58.1	41.8	32.0	19.5	10.8	7.2	3.8	2.0	1.198	22.011
47	32.6	95.9	74.0	52.2	39.4	23.0	12.2	7.7	3.8	1.9	1.055	30.879
48	16.4	43.8	34.8	25.6	20.0	12.7	7.4	5.2	2.9	1.7	1.388	11.821
49	27.2	65.2	60.9	43.4	33.0	19.6	10.5	6.9	3.4	1.8	1.112	24.442
50	27.9	61.8	51.6	40.8	33.9	24.3	16.8	13.1	9.0	7.6	2.505	11.157
51	18.8	47.3	38.2	28.8	22.9	15.2	9.4	6.8	4.1	2.6	1.653	11.371
52	27.0	64.5	52.7	40.5	32.9	22.5	14.7	11.0	7.0	4.7	1.956	13.790
53	21.9	41.9	41.9	34.3	26.7	16.8	9.8	6.7	3.8	2.2	1.358	16.135
54	24.6	57.7	48.2	37.0	30.0	20.5	13.2	9.9	6.3	4.1	1.915	12.829
55	16.9	28.3	28.3	24.6	20.5	14.8	10.3	8.0	5.6	4.0	2.567	6.595
56	21.3	50.5	41.4	31.9	26.0	17.9	11.8	8.8	5.7	3.8	2.019	10.568
57	16.9	48.5	37.8	27.0	20.5	12.3	6.7	4.4	2.2	1.6	1.135	14.915
58	18.3	49.7	44.3	29.9	21.7	11.6	5.4	3.1	1.3	0.5	0.819	22.387
59	19.3	45.0	40.9	30.1	23.6	15.0	8.8	6.1	3.5	2.1	1.410	13.713
60	24.3	66.5	55.2	39.1	29.3	16.8	8.7	5.4	2.5	1.2	0.998	24.348
61	14.1	52.4	37.3	23.2	15.4	6.9	2.4	1.1	0.3	0.2	0.544	25.866
62	23.1	63.5	50.3	36.4	28.1	17.3	9.8	6.6	3.5	2.1	1.255	18.385
63	18.1	65.0	47.0	29.9	20.5	9.7	3.7	1.8	0.6	0.2	0.610	29.724
64	19.0	50.7	41.8	30.1	23.1	14.1	7.8	5.2	2.7	1.5	1.200	15.850
65	24.4	73.6	56.4	39.4	29.4	16.8	8.6	5.4	2.5	1.2	0.987	24.731
66	21.0	47.3	43.2	32.3	25.6	16.7	10.1	7.2	4.3	2.6	1.553	13.495
67	16.4	40.4	39.5	26.7	19.4	10.5	4.9	2.8	1.2	0.5	0.830	19.699
68	24.1	79.5	59.4	39.6	28.3	14.8	6.6	3.7	1.4	0.6	0.762	31.650
69	25.9	74.2	57.7	41.2	31.4	18.8	10.2	6.6	3.3	1.8	1.128	22.928
70	30.8	95.8	72.8	50.0	36.8	20.5	10.1	6.1	2.7	1.2	0.906	34.034
71	33.6	109.6	85.2	55.3	38.6	18.9	7.7	4.0	1.4	0.5	0.665	50.570
72	38.9	71.5	62.4	52.3	45.8	36.3	28.1	23.9	18.8	15.1	4.910	7.920
73	47.3	86.4	75.5	63.6	55.7	44.2	34.5	29.3	23.1	18.8	5.047	9.376

Obs.: Ajustamento de uma distribuição gama, com parâmetros alfa e beta, estimados pelo método da máxima verossimilhança.

TABELA 2. Valores de precipitação (mm) e suas médias, a diferentes níveis de probabilidade para períodos de sete dias (Belém, período 1967-1983).

Período	Média	Nível de probabilidade									Estimativa	
		95	90	80	70	50	30	20	10	5	Alfa	Beta
1	69.9	155.4	129.5	102.1	84.8	60.6	41.7	32.4	22.2	15.7	2.455	28.472
2	74.5	143.5	137.7	108.5	90.3	64.8	44.7	34.9	23.9	17.0	2.500	29.786
3	86.6	174.6	149.1	121.4	103.7	78.4	57.5	47.1	34.8	26.6	3.459	25.030
4	86.5	161.3	140.3	117.2	102.3	80.4	61.9	52.3	40.7	32.7	4.650	18.609
5	86.0	162.3	140.7	117.1	101.9	79.7	60.9	51.2	39.6	31.5	4.440	19.380
6	114.1	207.0	181.0	152.8	134.2	106.9	83.6	71.3	56.4	45.9	5.195	21.963
7	99.9	168.1	149.8	129.3	115.6	95.2	77.3	67.8	55.8	47.2	7.117	14.031
8	99.1	154.4	139.9	123.6	112.6	96.0	81.0	72.7	62.4	54.6	10.410	9.520
9	119.7	211.5	198.0	163.9	142.2	110.4	83.8	70.0	53.6	42.5	4.218	28.376
10	86.1	157.1	137.3	115.5	101.3	80.4	62.7	53.4	42.0	34.1	5.053	17.037
11	85.5	169.2	145.2	119.0	102.1	77.9	58.0	47.8	35.8	27.7	3.699	23.120
12	97.7	193.5	166.2	136.2	116.8	89.0	66.1	54.3	40.6	31.4	3.671	26.622
13	93.3	147.4	133.2	117.2	106.4	90.2	75.6	67.6	57.5	49.9	9.656	9.665
14	70.3	154.8	131.6	103.3	85.4	60.6	41.3	31.9	21.6	15.1	2.357	29.822
15	93.6	150.0	141.2	121.5	108.6	89.1	72.2	63.1	51.9	43.8	6.913	13.544
16	79.5	165.0	139.9	112.8	95.7	71.1	51.2	41.3	29.8	24.9	3.103	25.607
17	90.6	184.8	157.3	127.6	108.7	81.7	59.5	48.4	35.5	32.5	3.317	27.308
18	91.0	159.8	141.1	120.1	106.3	86.0	68.3	58.9	47.5	39.3	5.912	15.394
19	79.9	173.5	145.2	115.6	96.7	70.3	49.2	38.8	27.2	19.7	2.688	29.747
20	82.0	155.1	134.3	111.8	97.3	76.0	58.0	48.8	37.7	30.0	4.419	18.568
21	45.7	75.8	67.8	58.7	52.7	43.8	35.9	31.6	26.3	22.3	7.682	5.954
22	47.3	101.4	92.7	71.1	57.7	39.4	25.5	19.0	12.1	8.0	1.924	24.571
23	38.8	90.2	74.3	57.6	47.2	32.9	21.9	16.6	11.0	7.5	2.141	18.111
24	37.0	97.1	77.6	57.4	45.1	29.0	17.3	12.1	6.9	4.1	1.458	25.364
25	27.0	67.0	54.3	41.1	33.0	22.0	13.8	10.0	6.2	3.9	1.721	15.680
26	41.9	118.2	92.6	66.5	51.0	30.9	17.1	11.4	5.9	3.2	1.191	35.219
27	44.7	120.7	95.7	69.9	54.6	34.2	19.8	13.6	7.5	4.3	1.340	33.374
28	45.0	103.8	85.7	66.6	54.8	38.5	25.7	19.7	13.1	9.0	2.206	20.408
29	30.8	79.0	66.0	48.2	37.5	23.6	13.7	9.4	5.2	3.0	1.343	22.946
30	31.1	74.4	61.0	46.7	38.0	26.0	16.9	12.6	8.1	5.3	1.945	18.016
31	26.8	56.7	54.0	40.9	32.8	21.9	13.8	10.1	6.2	4.8	1.738	15.443
32	26.7	78.1	60.5	42.8	32.3	19.1	10.2	6.5	3.2	1.7	1.081	24.740
33	36.9	98.0	78.0	57.5	45.1	28.7	17.0	11.8	6.7	4.4	1.415	26.102
34	36.8	91.0	73.7	56.0	45.0	30.1	19.0	13.9	8.6	5.5	1.751	21.007
35	30.6	65.2	59.6	45.9	37.3	25.6	16.7	12.5	8.1	5.4	1.989	15.369
36	37.8	80.6	67.9	54.3	45.7	33.5	23.7	18.9	13.4	9.9	2.853	13.251
37	28.1	75.4	59.8	44.0	34.3	21.6	12.6	8.7	4.9	2.8	1.369	20.526
38	31.7	89.0	69.5	50.1	38.5	23.4	13.1	8.7	4.6	2.5	1.203	26.325
39	31.4	57.7	53.0	43.5	37.4	28.7	21.4	17.7	13.3	10.3	3.812	8.232
40	26.2	64.4	54.0	40.5	32.1	20.9	12.8	9.1	5.4	3.3	1.569	16.727
41	23.8	61.3	49.2	36.7	29.1	19.0	11.6	8.3	4.9	4.5	1.564	15.238
42	23.4	80.4	49.2	36.3	28.5	18.2	10.8	7.5	4.3	2.5	1.433	16.314
43	30.7	97.6	73.8	50.0	36.4	19.7	9.3	5.4	2.3	1.0	0.840	36.552
44	24.3	74.6	57.0	39.4	29.2	16.4	8.2	5.0	2.3	1.8	0.936	25.977
45	26.1	91.4	66.7	42.9	29.7	14.4	5.7	2.9	1.0	0.3	0.642	40.614
46	29.8	89.1	68.6	47.9	35.8	20.7	10.6	6.7	3.2	1.5	1.004	29.659
47	20.5	57.4	44.9	32.4	25.0	15.3	8.5	5.7	3.0	2.2	1.226	16.721
48	31.7	104.3	79.5	52.0	36.6	18.5	7.8	4.2	1.5	0.6	0.702	45.105
49	32.9	100.1	75.5	53.1	39.5	22.5	11.4	7.0	3.2	1.5	0.963	34.196
50	36.1	105.7	82.0	57.8	43.6	25.6	13.6	8.7	4.3	2.1	1.066	33.875
51	46.5	129.7	102.1	73.5	56.6	34.6	19.4	12.9	6.8	3.7	1.219	38.156
52	71.0	116.7	104.5	90.8	81.7	68.1	56.0	49.5	41.3	40.9	7.993	8.884

Obs: Ajustamento de uma distribuição gama, com parâmetros alfa e beta, estimados pelo método da máxima verossimilhança.

mo certa ocorrência de reduzidos somatórios no período mais chuvoso da região. Tais condições mostram que, no primeiro caso, se pode contar com pouca possibilidade de manutenção de culturas sensíveis à deficiência de água durante alguns estádios fenológicos, sem irrigação suplementar. Por outro lado, essa época demonstra ser mais indicada

para a execução de operações ligadas à limpeza do solo e secagem de grãos. Nos demais períodos pode-se esperar, com 70 por cento de chance, que não haja problema de carência de água para as culturas em geral, podendo porém ocorrer eventuais necessidades de irrigação suplementar para culturas mais sensíveis e pequenas deficiências hídricas,

TABELA 3. Valores de precipitação (mm) e suas médias, a diferentes níveis de probabilidade para períodos de quinze dias (Belém, período 1967-1983).

Período	Média	Nível de probabilidade								Estimativa		
		95	90	80	70	50	30	20	10	5	Alfa	Beta
1	157.7	285.2	256.5	214.2	186.7	146.4	112.5	94.8	73.6	59.0	4.571	34.503
2	182.2	288.5	270.8	234.4	210.4	174.1	142.3	125.3	103.9	88.3	7.507	24.272
3	221.8	331.4	303.5	271.2	249.5	216.2	186.0	169.1	147.5	131.3	12.991	17.074
4	222.0	323.5	297.2	268.0	248.0	217.2	189.0	173.2	152.8	147.6	15.203	14.602
5	204.6	337.0	308.0	265.3	237.1	194.9	158.0	138.2	113.6	95.5	6.953	29.428
6	200.0	336.7	299.6	258.4	231.4	190.7	155.3	136.1	112.3	94.8	7.184	27.834
7	174.5	256.7	247.7	218.4	198.8	158.9	142.1	127.4	108.9	94.9	10.066	17.341
8	186.5	309.1	282.9	243.2	216.5	177.2	143.0	124.6	102.1	85.6	6.670	27.962
9	178.7	284.8	262.2	228.2	205.6	171.4	141.3	124.9	104.4	89.3	8.112	22.025
10	120.6	192.4	174.9	152.8	138.2	110.1	96.5	85.9	72.4	62.3	8.812	13.690
11	93.9	181.0	156.1	129.2	111.7	86.3	65.1	54.3	41.4	32.5	4.073	23.047
12	64.4	134.7	113.9	91.7	77.6	57.6	41.4	33.2	24.0	20.3	3.054	21.099
13	101.3	203.4	173.8	141.9	121.3	91.8	67.5	55.2	41.0	31.4	3.499	28.939
14	67.0	117.0	115.8	94.3	80.4	60.6	44.4	36.2	26.6	20.2	3.401	19.710
15	56.9	120.0	101.4	81.4	68.7	50.6	36.1	28.9	20.7	18.0	2.947	19.313
16	73.8	142.9	123.0	101.8	87.8	67.7	51.1	42.5	32.2	27.8	4.019	18.361
17	73.9	137.8	119.8	100.2	87.4	68.7	52.9	44.6	34.7	27.9	4.651	15.892
18	72.2	138.2	119.5	99.0	85.7	66.5	50.3	42.0	32.1	25.4	4.169	17.310
19	50.7	108.9	91.4	73.0	61.3	44.8	31.5	25.0	17.7	14.1	2.780	18.237
20	58.0	108.1	108.1	88.2	70.9	47.4	29.9	21.9	13.4	8.6	1.747	33.215
21	51.5	148.2	115.3	82.0	62.4	37.2	20.2	13.1	6.6	3.9	1.122	45.896
22	54.0	123.0	101.9	79.7	65.7	46.4	31.3	24.1	16.2	12.6	2.277	23.737
23	63.0	162.1	130.3	97.2	77.0	50.0	30.4	21.6	12.7	7.8	1.544	40.791
24	148.4	263.7	231.9	196.6	173.7	139.7	110.5	95.1	76.2	62.8	5.666	26.184

Obs: Ajustamento de uma distribuição gama, com parâmetros alfa e beta, estimados pelo método da máxima verossimilhança.

TABELA 4. Valores de precipitação (mm) e suas médias a diferentes níveis de probabilidade para períodos mensais (Belém, período de 1967-1983).

Período	Média	Nível de probabilidade								Estimativa		
		95	90	80	70	50	30	20	10	5	Alfa	Beta
1	357.1	493.2	459.2	420.2	393.3	351.5	312.8	290.8	262.1	240.1	21.266	16.794
2	411.0	588.2	543.4	492.0	457.0	402.8	353.2	325.4	289.3	261.4	16.876	24.356
3	420.1	603.4	556.7	504.0	467.7	411.7	360.3	331.6	294.1	265.5	16.490	25.476
4	361.1	519.8	479.4	433.2	402.0	353.7	309.4	284.4	252.1	227.6	16.298	22.154
5	304.8	454.8	416.1	372.4	342.7	297.1	255.9	233.0	203.3	191.5	13.191	23.107
6	162.9	289.7	254.6	216.0	190.8	153.5	121.3	104.3	83.7	70.8	5.657	28.800
7	168.5	274.7	246.1	214.6	193.5	161.8	133.8	118.5	99.4	85.5	8.355	20.166
8	135.4	220.7	197.8	172.5	155.5	130.0	107.5	95.3	79.9	68.7	8.363	16.192
9	141.1	220.0	199.4	176.0	160.4	136.6	115.4	103.7	88.8	82.9	10.429	13.532
10	110.6	240.1	201.5	160.0	133.8	97.2	67.9	53.5	37.3	27.0	2.665	41.493
11	106.0	238.5	198.5	155.5	128.8	91.5	62.3	48.3	32.7	23.0	2.369	44.753
12	199.0	347.4	306.5	261.8	232.2	188.2	150.1	130.0	105.1	87.3	6.088	32.677

Obs: Ajustamento de uma distribuição gama, com parâmetros alfa e beta, estimados pelo método da máxima verossimilhança.

como mudas em viveiro e hortaliças em geral.

Como outro exemplo do uso das Tabelas de 1 a 4 pode-se dizer que o produtor, interessado em conhecer a pluviosidade máxima de um certo período do ano, a um nível de 5% de probabilidade, observará

na tabela referente àquele período que, segundo o conjunto de dados pluviométricos estudados, de 100 totais de precipitação para o período apenas cinco terão valores iguais ou abaixo do indicado na tabela. Analogamente, se o nível desejado é o de 95% de probabilidade, de 100 totais de

precipitação para o período, 95 ocorrerão com valores iguais ou menores que aquele dado pela tabela.

Assim, caso o período seja mensal, no mês de março, por exemplo, pode-se esperar que em 100 ocorrências do total da precipitação nesse mês, ao nível de 5%, cinco totais tenham valores iguais ou menores que 265,5 mm, ou que 90 (correspondente ao nível de 90 por cento) sejam iguais ou menores que 556,7 mm.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Fernando L. Garagorry, Chefe do DPO/DMQ, pelas sugestões no processamento e análise dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, H.V. & PINTO, H.S. A simplified gamma probability model for analysis of the frequency distribution of rainfall in the region of Campinas-SP, Brazil. *Agric. Meteorol.*, 22:101-8, 1980.
- BASTOS, T.X.; CHAIB FILHO, H.; DINIZ, T.D. de A.S. & LOBATO, V.H.B. **Flutuação das chuvas na região de Belém em distintos intervalos de tempo. Período 1967-1983.** Belém, EMBRAPA-CPATU, 1984. 16p. Trabalho apresentado no 1.º Simpósio do Trópico Úmido, Belém, 1984.
- CASTRO, L.L.F., SEDIYAMA, C.G. GUIDONI, A.L. **Probabilidade de precipitação mensal e anual para o Estado do Espírito Santo.** Cariacica-ES., EMCAPA, 1981. 84p. (EMCAPA. Boletim Técnico, 7).
- CRUTCHER, R.H.L.; BARGEN, G.L. & MCKAY, G.F. **A note on a gama distribution computer program and graph paper.** Washington, Department of Commerce Environmental Data Service, 1973. 92p. (NOAA. Technical Report EDS 11).
- CUNHA, O. R. da & BASTOS, T.X. **A Contribuição do Museu Emílio Goeldi à meteorologia na Amazônia.** Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 1973. 69p. (Museu Paraense Emílio Goeldi. Publicações Avulsas, 23).
- ELLIS, J. **Análise estatística das alturas de chuvas anuais e mensais em Manaus, Amazonas.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorologia, 1972. p.1-12.
- JOHNSON, N.L. & KOTZ, S. **Continuous univariate distribution-1.** Boston, HOUGHTON MIFFLIN, 1970. 300p.
- MORAES, J.C. de S.; COSTA, J.P.R.C. & SANTOS, M. A.R. Um estudo estatístico sobre as precipitações em Belém. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 35; Belém, 1983. **Resumos ...** Belém, 1983. p.578.
- NECHET, D. Variabilidade diurna da precipitação em Belém-Pará. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 35, Belém, 1983. **Resumos ...** Belém, 1983. p.577.
- SEDIYAMA, C.G. **Simulation of subtropical environmental parameters for modeling irrigation requirements machinery timeliness factors and production response of soybeans.** Califórnia, University of California 1977. Tese doutorado.
- STROMMEN, **Monthly precipitation probabilities for climatic divisions in Michigan.** East Lansing, Michigan Department of Agriculture. Michigan Weather Service, 1974. 32p.
- VIVALDI, L.J. **Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos.** Brasília, EMBRAPA-DMQ, 1982. 53p. (EMBRAPA-DMQ/A/64).