

# CHUVAS DE INTENSIDADE MÁXIMA NO ESTADO DE SÃO PAULO

ENG.º JOSÉ SETZER (\*)

No n.º 85 da revista DAE foi publicado artigo (8) com isoietas das chuvas de intensidade máxima para 30 minutos de duração e recorrência de 10, 25 e 50 anos. São 3 mapas do Centro-Sul do Brasil até as cidades de Cuiabá, MT, Goiá-

nia, GO, Paracatu e Teófilo Otoni, MG, e Vitória, ES.

Dos 55 postos pluviográficos considerados, damos na tabela I reprodução dos dados dos 11 paulistas e dos 4 situados em áreas limítrofes

TABELA I — Chuvas máximas conforme sua duração e recorrência (8, 1972)

| N.º do posto | Posto pluviográfico  | Totais de precipitação pluvial em mm    |    |    |     |     |   |    |     |     |     |   |     |     |     |     |
|--------------|----------------------|---|----|----|-----|-----|---|----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|
|              |                      | Recorrência de 10 anos duração em mins. |    |    |     |     | Recorrência de 25 anos duração em mins. |    |     |     |     | Recorrência de 50 anos duração em mins. |     |     |     |     |
|              |                      | 15                                      | 30 | 60 | 120 | 240 | 15                                      | 30 | 60  | 120 | 240 | 15                                      | 30  | 60  | 120 | 240 |
| 23           | Ubatuba, SP          | 40                                      | 60 | 76 | 119 | 209 | 52                                      | 78 | 90  | 142 | 290 | 66                                      | 96  | 100 | 168 | 370 |
| 21           | Santos, SP           | 39                                      | 63 | 95 | 119 | 135 | 48                                      | 83 | 129 | 159 | 178 | 52                                      | 101 | 162 | 200 | 220 |
| 18           | Paranaguá, PR        | 36                                      | 51 | 70 | 94  | 122 | 44                                      | 61 | 86  | 116 | 156 | 52                                      | 70  | 100 | 139 | 190 |
| 30           | Campos do Jordão, SP | 37                                      | 53 | 75 | 101 | 128 | 43                                      | 62 | 94  | 135 | 168 | 49                                      | 70  | 110 | 168 | 208 |
| 43           | São Simão, SP        | 27                                      | 41 | 51 | 71  | 92  | 32                                      | 47 | 59  | 86  | 115 | 35                                      | 52  | 66  | 100 | 138 |
| 34           | Resende, RJ          | 38                                      | 56 | 75 | 86  | 96  | 45                                      | 65 | 91  | 106 | 120 | 50                                      | 73  | 106 | 125 | 140 |
| 40           | São Carlos, SP       | 36                                      | 47 | 76 | 109 | 116 | 44                                      | 57 | 96  | 118 | 130 | 51                                      | 65  | 114 | 138 | 151 |
| 33           | Volta Redonda, RJ    | 39                                      | 58 | 75 | 85  | 110 | 47                                      | 71 | 93  | 108 | 145 | 54                                      | 73  | 110 | 129 | 180 |
| 24           | Jacarêzinho, PR      | 33                                      | 48 | 58 | 74  | 77  | 39                                      | 59 | 71  | 92  | 95  | 44                                      | 69  | 81  | 109 | 112 |
| 22           | São Paulo, SP        | 34                                      | 39 | 46 | 51  | 56  | 41                                      | 52 | 54  | 59  | 62  | 49                                      | 50  | 60  | 66  | 70  |
| 26           | Avaré, SP            | 32                                      | 54 | 65 | 84  | 90  | 39                                      | 69 | 83  | 115 | 116 | 45                                      | 82  | 100 | 140 | 148 |
| 25           | Taubaté, SP          | 29                                      | 49 | 60 | 68  | 100 | 35                                      | 65 | 78  | 83  | 140 | 48                                      | 80  | 94  | 98  | 176 |
| 42           | Lins, SP             | 27                                      | 40 | 54 | 55  | 62  | 34                                      | 53 | 72  | 74  | 76  | 41                                      | 66  | 75  | 80  | 90  |
| 31           | Piracicaba, SP       | 32                                      | 50 | 62 | 68  | 72  | 38                                      | 62 | 74  | 85  | 88  | 44                                      | 74  | 90  | 100 | 110 |
| 37           | Bauru, SP            | 34                                      | 54 | 66 | 77  | 83  | 42                                      | 70 | 87  | 98  | 108 | 49                                      | 85  | 108 | 120 | 130 |

ao Estado de S. Paulo (8, Tab. III). Enquanto na publicação original eles foram dispostos por ordem decrescente de latitude, preferimos ordená-los aqui por ordem decrescente de pluviosidade da estação

chuvosa (out.º-abril), pois existe correlação entre esta e a intensidade máxima das chuvas (6, 7).

Por terem sido utilizados períodos variados, cinco deles demasiadamente curtos, inferiores a 10 anos (S. Paulo 5,48; anos; Taubaté 5,96; Ubatuba 7,57; Bauru 9,35 e Avaré 9,97 anos) (5), di-

\* Assessor do Departamento de Águas e Energia Elétrica em Hidrologia no Centro Tecnológico de Hidráulica, Cidade Universitária de S. Paulo.

versos dos dados da Tab. I não podem ser considerados normais, pelas razões seguintes, para as quais basta dar apenas alguns exemplos:

- 1 — Se em 15 minutos a chuva máxima de 34 mm em S. Paulo pode ser considerada razoável graças à existência de trabalho baseado em 37 anos de dados pluviográficos <sup>(1)</sup> e não apenas em 5½ anos, já 39 mm para 30 minutos é muito pouco e as chuvas máximas de maiores durações e para recorrências maiores de 10 anos estão todas excessivamente subestimadas.
- 2 — Ao contrário, os dados de Ubatuba acham-se exagerados até o dobro do razoável nas durações de 4 horas, o exagero sendo ainda maior nas recorrências maiores de 10 anos. Na de 50 anos, chuvas de 30 e 60 mins. são quase iguais, o que é completamente anormal.
- 3 — Em Taubaté, na recorrência de 50 anos, a chuva máxima de 30 mins. é quase o dobro da de 15 mins. o que é absurdo, enquanto a de 120 mins. é quase igual à de 60 mins., afirmação esta quase igualmente absurda. Em Jacarêzinho quase não há diferença entre as chuvas máximas em 2 e 4 horas nas 3 recorrências estudadas.
- 4 — Em São Paulo, na recorrência de 50 anos, a chuva máxima em 15 mins. é 49 mm, mas a de 30 mins. é apenas 50 mm, o que constitui outro absurdo. Novamente são mínimas as diferenças entre as chuvas máximas de 1 e 2 horas para recorrências de 25 e 50 anos, e tais dados são incrivelmente baixos.
- 5 — Em Avaré, na recorrência de 25 anos, chuva máxima de 2 h foi de 115 mm e, como não houve chuva de maior duração no curto período de observações, a chuva máxima para 4 horas figura como 116 mm.
- 6 — Em Taubaté é pequena a diferença entre as chuvas de 2 e 1 hora, e tanto menor quanto maior o período de recorrência, o que já é um absurdo, mas estão muito exageradas as diferenças entre 30 e 15 mins. e entre 4 e 2 horas nas três recorrências.
- 7 — Em Lins são muito pequenas as diferenças entre as chuvas máximas de 1, 2 e 4 horas nas 3 recorrências. Um pouco maiores apa-

recem em Piracicaba, mas ainda muito pequenas.

- 8 — Apenas 35 mm de chuva em 15 mins. como fato que só se repetiria 1 vez em meio século é uma intensidade demasiadamente baixa em São Simão, onde o total anual de chuvas é próximo de 1500 mm, a estação chuvosa contribuindo com 4 vezes mais precipitação que a estação seca. Se os dados de Volta Redonda de 54 mm, São Carlos com 51 e Resende com 50 mm são bons, como parecem, então o de São Simão deveria ser não inferior a 55 mm.

Em vista das discrepâncias desta ordem <sup>(2, 9)</sup>, os 3 mapas de isoietas de chuvas máximas para 30 minutos de duração e períodos de recorrência de 10, 25 e 50 anos da citada publicação apresentam anomalias inexplicáveis, aliás, mais frequentes em outras regiões do que no território paulista e vizinhanças, pois ali os períodos de observação pluviográfica foram no geral ainda mais curtos.

Por isto os mapas apresentam picos e depressões injustificáveis. Resultaram do fato que no curto período de observações pluviográficas ora houve trombas d'água em certos pontos, ora simplesmente não aconteceram chuvas muito intensas. Tais anomalias são excepcionais. Se aconteceram, não quer dizer que acontecerão sempre com a mesma frequência. Ao contrário, estatisticamente só são normais em períodos longos <sup>3, 10)</sup>. Isto significa que para este tipo de trabalho só se deveriam levar em conta períodos de observação da mesma ordem de grandeza que a recorrência máxima estudada. Infelizmente não temos dados para isto, e no entanto devemos formar idéia como hipótese de trabalho por se tratar de dados imprescindíveis em cálculos obrigatórios. Devemos suavizar todas as curvas tomando como padrão os postos de maior acervo de dados e nunca esquecer que estamos lidando com dados provisórios por falta de outros melhores.

Usando este critério, aproveitando os dados dos períodos pluviográficos mais longos da bibliografia citada e os dados existentes no Centro Tecnológico de Hidráulica, anexo ao Lab. de Hidráulica da Esc. Politécnica da Univ. de S. Paulo, elaboramos tabela mais próxima da normal para os 14 postos pluviográficos da Tabela I, dados estes que damos na Tabela 2.

TABELA II — Chuvas máximas normais conforme sua duração e recorrência baseadas em períodos mais longos e locais mais numerosos.

| N.º do posto | Posto pluviográfico  | Totais de precipitação pluvial em mm |    |    |     |     |                        |    |    |     |     |                        |    |     |     |     |
|--------------|----------------------|--------------------------------------|----|----|-----|-----|------------------------|----|----|-----|-----|------------------------|----|-----|-----|-----|
|              |                      | Recorrência de 10 anos               |    |    |     |     | Recorrência de 25 anos |    |    |     |     | Recorrência de 50 anos |    |     |     |     |
|              |                      | duração em mins.                     |    |    |     |     | duração em mins.       |    |    |     |     | duração em mins.       |    |     |     |     |
|              |                      | 15                                   | 30 | 60 | 120 | 240 | 15                     | 30 | 60 | 120 | 240 | 15                     | 30 | 60  | 120 | 240 |
| 1            | Ubatuba, SP          | 41                                   | 62 | 79 | 93  | 106 | 50                     | 75 | 94 | 112 | 128 | 57                     | 85 | 112 | 137 | 160 |
| 2            | Santos, SP           | 40                                   | 60 | 77 | 91  | 104 | 49                     | 73 | 91 | 109 | 124 | 55                     | 82 | 108 | 132 | 154 |
| 3            | Paranaguá, PR        | 39                                   | 59 | 75 | 89  | 101 | 47                     | 71 | 89 | 106 | 121 | 53                     | 79 | 105 | 128 | 149 |
| 4            | Campos do Jordão, SP | 39                                   | 59 | 74 | 87  | 98  | 47                     | 70 | 87 | 103 | 117 | 53                     | 78 | 102 | 124 | 143 |
| 5            | São Simão, SP        | 37                                   | 56 | 71 | 83  | 93  | 45                     | 67 | 84 | 99  | 112 | 50                     | 74 | 98  | 119 | 135 |
| 6            | Resende, RJ          | 35                                   | 55 | 69 | 80  | 90  | 44                     | 66 | 82 | 96  | 109 | 49                     | 73 | 95  | 115 | 130 |
| 7            | São Carlos, SP       | 35                                   | 53 | 67 | 78  | 88  | 42                     | 63 | 78 | 93  | 106 | 47                     | 70 | 91  | 109 | 124 |
| 8            | Volta Redonda, RJ    | 34                                   | 51 | 64 | 75  | 85  | 41                     | 62 | 77 | 90  | 103 | 46                     | 69 | 89  | 106 | 121 |
| 9            | Jacarezinho, PR      | 33                                   | 50 | 63 | 74  | 84  | 40                     | 61 | 76 | 89  | 102 | 44                     | 67 | 87  | 104 | 119 |
| 10           | São Paulo, SP        | 33                                   | 50 | 63 | 74  | 83  | 40                     | 60 | 74 | 87  | 100 | 44                     | 66 | 84  | 100 | 115 |
| 11           | Avaré, SP            | 32                                   | 49 | 61 | 71  | 80  | 38                     | 58 | 72 | 84  | 96  | 42                     | 64 | 81  | 97  | 111 |
| 12           | Taubaté, SP          | 32                                   | 48 | 60 | 69  | 77  | 38                     | 57 | 71 | 82  | 93  | 42                     | 63 | 80  | 95  | 108 |
| 13           | Lins, SP             | 31                                   | 47 | 59 | 68  | 76  | 37                     | 55 | 69 | 80  | 91  | 41                     | 61 | 77  | 91  | 104 |
| 14           | Piracicaba, SP       | 30                                   | 46 | 57 | 65  | 72  | 36                     | 54 | 67 | 77  | 88  | 40                     | 60 | 75  | 88  | 100 |
| 15           | Bauru, SP            | 30                                   | 45 | 55 | 63  | 70  | 36                     | 53 | 65 | 74  | 85  | 40                     | 59 | 73  | 85  | 97  |

Além dos dados pluviográficos da bibliografia citada, entre os quais avultam os 37 anos (1928-64) do Instituto Astronômico e Geofísico de S. Paulo, pudemos utilizar os seguintes dados do Centro Tecnológico de Hidráulica:

- 1) 25 anos e 5 meses em Ubatuba (Ponta Grossa, estação E2-52),
- 2) 20 anos e 9 meses da cota 500 (Curva da Onça, est. E3-153) da Via Anhanguera, município de Cubatão,
- 3) 20 anos e 1 mês na estação Pioneiros, munic. de Guará (B4-47),
- 4) 17 anos e 7 meses em Pitel, munic. de Cachoeira (D-13),
- 5) 15 anos e 10 meses no Lab. de Hidráulica, Cid. Univ. S. Paulo, E3-145),
- 6) 15 anos e 5 meses na Ponte Pequena (na cid. de S. Paulo, E3-96),
- 7) 15 anos e 5 meses em Rib. das Antas, sul do munic. de Taubaté (E2-97),
- 8) 13 anos e 11 meses na usina Turvinho, munic. de São Miguel Arcanjo (F4-1),
- 9) 11 anos no Viveiro Florestal em Taubaté (E2-103).

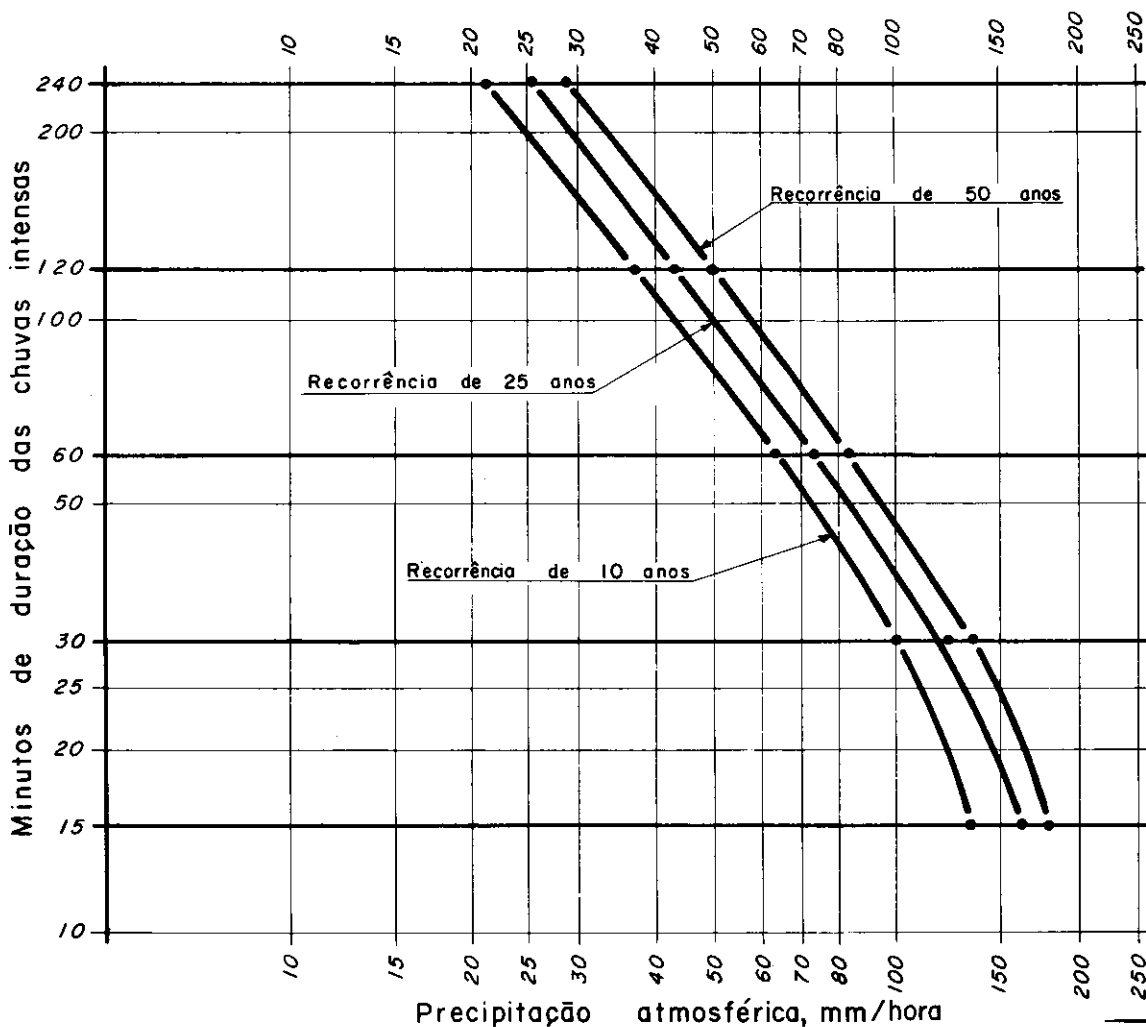
#### BIBLIOGRAFIA CITADA

1. GARCIA OCCHIPINTI, A. e MARQUES DOS SANTOS, P. — Análise das máximas intensidades de chuva na cidade de S. Paulo. 41 pgs. Inst. Astronômico e Geofísico da Univ. de S. Paulo, 1965.

2. HERSHFIELD, D. M. and KOHLER, M. A. — An empirical appraisal of the Gumbel extreme value procedure. Journ. Geophys. Research, 65(6): 1737-46, 1960.
3. MARCHETTI, A. A. — Frecuencia de las lluvias intensas de corta duración en la ciudad de Buenos Aires. Meteoros, 2(1-2):7-22, 1952.
4. PARIGOT DE SOUZA, P. V. — Possibilidades pluviais de Curitiba em relação a chuvas de grande intensidade. Rev. Técnica, 9 pgs., 1959.
5. PFAFSTETTER, OTTO — Chuvas Intensas no BRASIL. 420 pgs. Min. da Viação e Obras Públicas, Rio de Janeiro, dez. 1957.
6. SETZER, JOSÉ — Contribuição para o Estudo do Clima do Estado de S. Paulo. 239 pgs., 130 tabs., 87 diags. e 23 mapas. Dept. Estradas de Rodagem, S. Paulo, 1946.
7. SETZER, JOSÉ — Atlas Climático e Ecológico do Est. de S. Paulo. 61 pgs. 18 mapas e 7 tabs. Comissão Interestadual Bacia Paraná-Uruguai, São Paulo, 1966.
8. SOUSA PINTO, N. L., TATIT HOLTZ, A. C. e MASSUCCI, C. J. J. — Abaco e considerações gerais sobre o cálculo da vazão de dimensionamento de bueiros. Rev. DAE, 32(85):93-102, 3 mapas, 1 tab. e 1 ábaco. Junho de 1972.
9. WEISS, L. L. — A nomogram based on theory of extreme values for determining values for various return periods. Monthly Weather Rev., 83:69-71, 1955.
10. WEISS, L. L. — A nomogram for log-normal frequency analysis. Transactions Amer. Geophys. Union, 38 (1):33-37, 1957.

# CHUVAS MÁXIMAS NA CIDADE DE SÃO PAULO

INTENSIDADE EM mm/hora DE ACORDO COM A SUA DURAÇÃO E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA UMA VEZ EM 10, 25 E 50 ANOS



# CHUVAS MÁXIMAS NA CIDADE DE SÃO PAULO

CONFORME A PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA  
UMA VEZ EM 10, 25 E 50 ANOS

