

**ANÁLISE DAS PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS DE PIRACICABA, SP,
VISANDO PLANEJAMENTO AGRÍCOLA**

Clóvis Angeli Sansigolo

CPTEC, INPE, São José dos Campos, SP

RESUMO

Métodos simples são descritos para análise dos dados de precipitação diária de Piracicaba, visando planejamento agrícola. Estimativas das probabilidades dos diferentes eventos de interesse são calculadas diretamente a partir das suas frequências relativas de ocorrência ou, alternativamente, uma distribuição, como a normal, pode ser ajustada. Os métodos foram aplicados às questões agronômicas sobre o risco de veranicos, início, fim e duração da estação chuvosa e distribuição das quantidades de chuva através do ano.

1. INTRODUÇÃO

A principal causa das variações interanuais da produção agrícola é a irregularidade climática, que nos trópicos é devida principalmente à variabilidade das precipitações [1]. As questões mais importantes sobre precipitações são relativas ao início, fim e duração da estação chuvosa, distribuição das quantidades e risco de veranicos. A maioria dos estudos envolvendo estas questões tem sido feitos usando valores acumulados sobre períodos de 5, 7 ou 10 dias, devido à aparente complexidade da análise em base diária, pelo fato de haver uma razoável probabilidade de um dia ser seco, mesmo durante a estação chuvosa. Além disso, as necessidades hídricas das plantas sobre períodos de até 10 dias podem, normalmente, ser satisfeitas pela água armazenada no solo. Desta forma, muitas informações agronômicas úteis são perdidas com esta acumulação, notavelmente sobre o risco de veranicos, início e fim da estação chuvosa.

O objetivo do presente estudo é a análise da série histórica das precipitações diárias de Piracicaba, visando a definição de eventos de interesse para planejamento agrícola.

2. METODOLOGIA

A análise agroclimática mais comum é a acumulação das quantidades sobre períodos arbitrários de 5, 7 ou 10 dias, e os totais, um para cada ano num período particular, são usados para estimar as quantidades de chuva esperadas num dado nível de probabilidade. Isto pode, simplesmente, ser feito ordenando os totais e derivando os pontos percentuais empíricos, não se fazendo hipótese alguma sobre a distribuição destas quantidades. Alternativamente, uma distribuição pode ser ajustada. Uma outra análise que complementa a da distribuição das quantidades é a relativa ao risco das diferentes seqüências de dias secos. Antes de tudo, deve-se definir o limite abaixo do qual um dia pode ser considerado como seco, neste caso, 1 mm, mas podem ser utilizados quaisquer outros valores. Para análise de risco, primeiro as observações são codificadas em seqüências de dias secos e chuvosos e os cálculos são feitos tomando-se o maior valor no período de interesse [2]. Um tipo diferente de análise, mais comum na literatura, é baseado na duração da seqüência e contado só uma vez, em contraste com o método anterior, e a seqüência é arbitrariamente classificada como pertencente ao período no qual ela termina [3]; [4]; [5]; [6], mas para usos práticos diretos, os resultados são difíceis de serem interpretados.

A definição de uma data para o início da estação chuvosa não é simples, devido a natureza intermitente e irregular das precipitações tropicais. Além disso, o evento pode ser definido de diferentes formas, em função dos diferentes objetivos. A definição mais usual, baseada somente nas quantidades, leva frequentemente a falsas datas de início, e outros critérios devem ser incluídos para contornar este problema.

O início da estação chuvosa pode ser definido, de uma forma geral, como o dia após uma determinada data D, com a primeira ocorrência de no mínimo X mm, totalizados sobre T dias consecutivos, condicionado a não ocorrência de seqüências de N ou mais dias secos nos M dias seguintes a mesma. Os parâmetros considerados foram, D = 1 de setembro, X = 20 mm, T = 2 dias, N = 10 dias e M = 30 dias.

A definição de uma data para o fim da estação chuvosa depende do tipo particular de aplicação. Uma possibilidade seria a primeira ocorrência de uma longa seqüência de dias secos (N ou mais dias) após uma data específica D. A outra mais realista do ponto de vista agrícola, incluiria o armazenamento de água no solo e as taxas de evaporação de referência. Neste caso, é utilizado um simples balanço hídrico diário, e o fim das chuvas é definido como a primeira data, após D, quando o balanço cai a zero.

Estabelecidas as datas para início e fim da estação chuvosa, sua duração é calculada pelo período decorrido entre as mesmas.

Os dados de precipitação diária usados nesta análise referem-se à Estação Agroclimatológica da ESALQ, USP, em Piracicaba, SP (latitude = -22°43'30" e longitude = -47°38'30"), no período de 1917-86. Os totais mensais e número de dias chuvosos para o local encontram-se na tabela 1.

Tabela 1. Totais mensais em mm (A) e número de dias chuvosos (B) para Piracicaba (1917-86).

mes	jan	fev	mar	abr	maí	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	ano
(A)	223	181	134	63	50	44	26	31	60	107	128	203	1249
(B)	17	14	12	6	5	5	4	4	6	10	11	15	108

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As precipitações esperadas nas 73 pentadas do ano, nos níveis de 20, 50 e 80% de probabilidade, são mostradas na figura 1. Flutuações rápidas aparecem nas 3 curvas, indicando que os 70 anos de registro disponíveis ainda não foram suficientes para garantir transições suaves entre períodos sucessivos.

Quando acumulações mensais, sazonais ou anuais são consideradas, os totais de precipitação são, geralmente, normalmente distribuídos, e neste caso, os pontos percentuais podem ser calculados através da distribuição normal reduzida. Para períodos curtos, esta distribuição torna-se assimétrica, com muitos valores pequenos e poucos grandes. Distribuições gama geralmente descrevem bem esta assimetria nas quantidades de precipitação [7].

Na figura 1, também encontram-se as taxas médias de evaporação de referência (mm/5 dias), calculadas pelo método de Penman.

Uma análise das seqüências de dias secos que complementa a das quantidades, é mostrada na figura 2. Nota-se, que durante a estação chuvosa, são desprezíveis as probabilidades das seqüências de 15 ou mais dias secos, mas existe uma razoável probabilidade (aprox. 40%) de se ter seqüências de 7 dias.

As distribuições de probabilidade acumuladas para o início e fim da estação chuvosa são mostrados na figura 3. As datas medianas encontradas foram : 24 de setembro (dia 268) para o início potencial, isto é, a primeira ocorrência de 20 mm ou mais em 1 ou 2 dias, após a data de referência (D = 1 set.), e 14 de outubro (dia 287) para o início efetivo, definido como no caso anterior, mas condicionado a não ocorrência de uma seqüência de 10 ou mais dias secos nos 30 dias seguintes.

O fim da estação chuvosa, definido em função da primeira ocorrência de 10 dias secos após a data de referência, 30 de janeiro, teve como mediana 5 de março (dia 65). Este critério, baseado somente nas precipitações, levou a resultados que não diferiram significativamente dos obtidos pelo outro

mais complexo, que considera através de um balanço hídrico diário, a primeira ocasião que o mesmo cai a zero, usando-se 100 mm de armazenamento de água no solo e evaporação constante de 5mm/dia.

Nestes cálculos, não foi assumida nenhuma distribuição paramétrica para as datas, mas isto também pode ser feito. Se uma distribuição é ajustada, resumos concisos dos dados são obtidos. No caso da distribuição normal, mostrada na tabela 2, 6 parâmetros são suficientes para descrever estas 3 variáveis.

Tabela 2. Pontos percentuais da distribuição das datas de início (1) e fim (2), e duração da estação chuvosa (3), (A - distribuição não paramétrica e B - distribuição normal).

Percentis		10	20	50	80	90
	(1)	258	271	287	310	320
	(A) (2)	30	40	65	80	89
Parâmetros	(3)	101	113	135	168	184
$\bar{X}=288,3$; $s=22,2$	(1)	260	270	288	307	317
$\bar{X}=62,9$; $s=23,1$	(B) (2)	33	44	63	82	93
$\bar{X}=139,2$; $s=31,4$	(3)	99	113	139	166	179

A duração mediana da estação chuvosa foi de 135 dias, 113 dias ou menos em 1/5 dos anos e 168 dias ou menos em 4/5 dos anos. A correlação observada entre as datas de início e fim das chuvas é suficientemente pequena (0,03) para se supor independência entre as mesmas. Assim, tornam-se simples as respostas para questões condicionais relativas a duração, como por exemplo qual seria a duração estimada, dado que o início ocorreu em 1 de novembro

(dia 305). A duração mediana dada esta data de início, é estimada em 125 dias (o período decorrido entre 1 de novembro e a data mediana para o final (dia 65)) e para 80%, 140 dias.

Estimativas dos intervalos de confiança para os percentis dos diferentes eventos considerados são dadas em [8]. Supondo-se distribuição normal, o erro padrão do ponto α % é dado aproximadamente por:

$$SE = s [(1/n) + (z_{\alpha})^2 / 2 (n-1)]^{1/2}$$

Como exemplo, a estimativa do percentil 20, para o início das chuvas, (dia 270), tem como erro padrão aproximado, 3 dias.

A principal limitação do método direto de análise é a necessidade de registros longos, que aparece devido ao uso ineficiente dos dados. Como vantagens, tem-se sua simplicidade, poucas suposições são feitas, e os cálculos podem ser feitos a mão.

Estes métodos podem ser complementados por um alternativo que enfatiza o uso eficiente dos dados, através da modelagem dos padrões sazonais das precipitações diárias, e a partir deste são derivadas as probabilidades dos diferentes eventos de interesse [9]; [10].

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] NIEUWOLT, S. Agricultural droghts in the tropics. Theor. Appl. Climat. 37:29-38. 1986.
- [2] STERN, R.D.; DENNETT, M.D. & DALE, I.C. Analysing daily rainfall measurements to give agronomically usefull results. Exp. Agric. 18:223-236. 1982.
- [3] BUISHAND, T.A. Stochastic modelling of daily rainfall sequences. Wageningen, Veenman & Zonen. 211 p. 1977.
- [4] ARRUDA, H.V. & PINTO, H.S. An alternative model for dry-spell probability analysis. Mon. Wea. Rev. 108:823-825. 1980.

- [5] HILLS, R.C. & MORGAN, J.H.T. An interactive approach to the analysis of rainfall records for agricultural purposes. *Exp. Agric.* 17:1-16. 1981.
- [6] DOUGUEDROIT, A. The variations of dry spells in Marseilles from 1865 to 1984. *J. Climatol.* 7:541-551. 1987.
- [7] THOM, H.C.S. Some methods of climatological analysis. WMO Technical Note 81. 53 p. 1966.
- [8] BRADLEY, J.V. *Distribution-free Statistical tests*. New Jersey, Prentice hall. 388p. 1977.
- [9] STERN, R.D.; DENNETT, M.D. & DALE, I.C. Methods for analysing daily rainfall measurements to give agronomically usefull results II. A modelling approach. *Exp. Agric.* 18:237-253. 1982.
- [10] SANSIGOLO, C.A. Modelagem estocástica de precipitações diárias. *Rev. Bras. Eng. (Caderno de Recursos Hídricos)* 6(1):29-42. 1988.

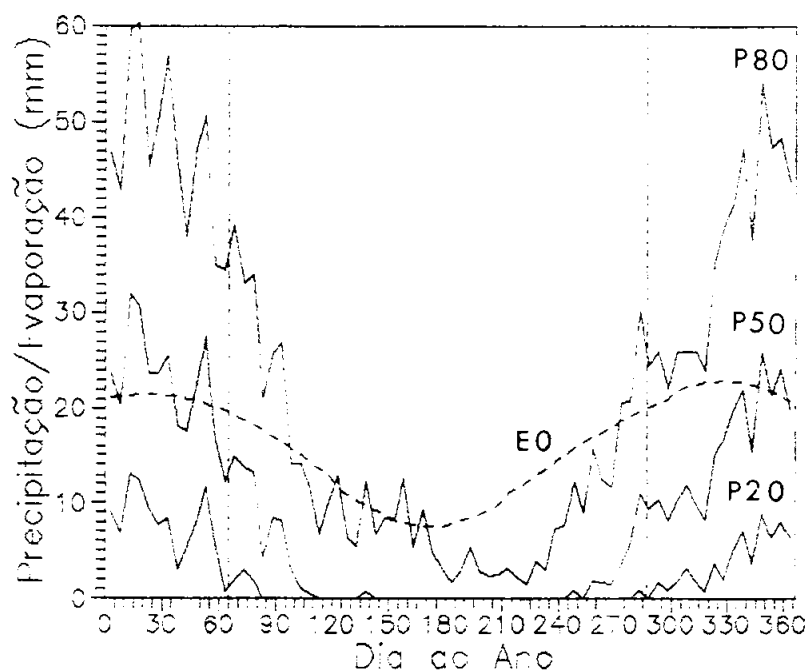


Fig. 1. Pontos percentuais empíricos da distribuição das precipitações (P80, P50 e P20) e evaporação de referência (EO), para as 73 pentadas do ano.

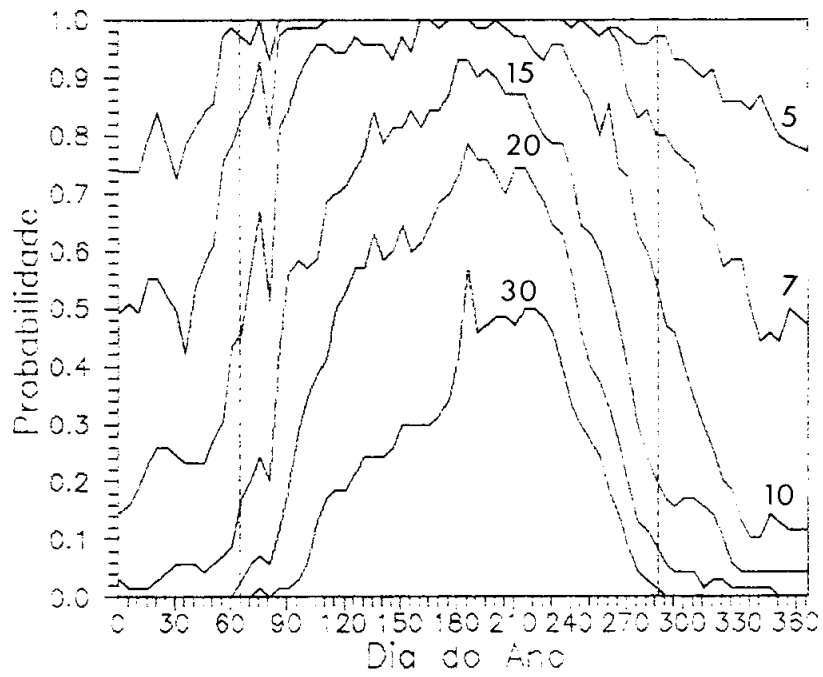


Fig. 2. Probabilidades de ocorrência de períodos secos de, no mínimo 5, 7, 10, 15, 20, e 30 dias nos 30 dias seguintes à data plotada.

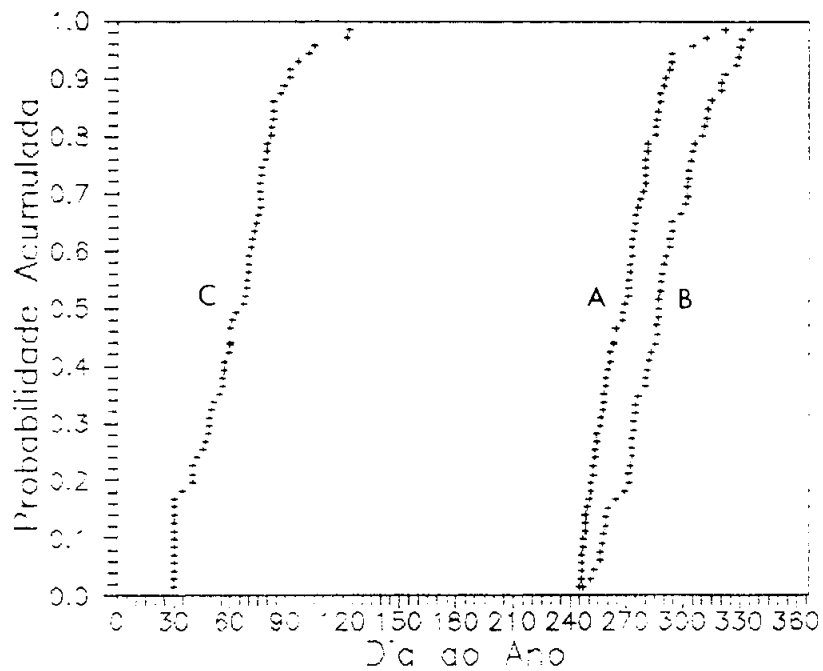


Fig. 3. Distribuições de probabilidade para o início potencial (A), efetivo (B) e fim (C) da estação chuvosa.