

PE-01

CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS PRECIPITAÇÕES
ATRAVÉS DE MODELOS EMPÍRICO-LÓGICOS*

CARLOS ALBERTO V. OLIVEIRA,
DULFE LUSTOSA NOGUEIRA e
EVARISTO EDUARDO DE MIRANDA,
Técnicos da Fundação CEPA-PI.

completo
PI 01/1

INTRODUÇÃO

Atualmente quando se deseja conhecer o nível das precipitações anuais para uma localidade sem pluviômetro, o único recurso possível é a interpolação de isoietas. Essa interpolação não é satisfatória em razão de:

- Os mapas disponíveis são confeccionados a escalas pequenas (1/2.000.000 ou mais);
- Os mapas são antigos e utilizam parcialmente a rede pluviométrica;
- Os mapas existentes são de isolinhas e não de isoietas (não levam em consideração o relevo).

OBJETIVOS E HIPÓTESES

Partindo-se da hipótese de que a distribuição espacial no Piauí, não é aleatória, procurou-se obter a determinação matemática dos padrões de distribuição espacial das chuvas, através de modelos estatísticos, que permitem estimar as precipitações anuais para qualquer ponto do Estado que não disponha de pluviômetro, partindo, unicamente, de seus dados de localização geográfica.

Para esse trabalho, dividiu-se o Estado em 4 regiões e para cada região construiu-se uma equação. Essas equações são capazes de estimar as precipitações anuais para uma área de 460.000 km² que engloba todo o Estado do Piauí e parte dos Estados limítrofes do Maranhão, Ceará, Pernambuco e Bahia.

Na construção dessas equações, dado a sua situação geográfica e a longa série de dados disponíveis, tomou-se como estação de referência os postos pluviométricos de Batalha para a região I, Valen-

* Retirada de transparências apresentadas, na ocasião, pelo autor.

OBJETIVO PRINCIPAL
OBTENÇÃO DE UM MODELO SIMPLES CAPAZ DE ESTIMAR AS PRECIPITAÇÕES ANUAIS DE UMA LOCALIDADE PARTINDO UNICAMENTE DE SUA LOCALIZAÇÃO

ANÁLISE DE DADOS DISPONÍVEIS
REDE PLUVIOMÉTRICA
DADOS PLUVIOMÉTRICOS
MÉDIAS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO

OBTENÇÃO DE DADOS COMPLEMENTARES
DISTÂNCIA, ALTITUDE, ÂNGULO E CORDENADAS CARTESIANAS DOS POSTOS EM RELAÇÃO A UMA ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA

ELABORAÇÃO DOS MODELOS

PARÂMETROS SELECIONADOS PARA OS MODELOS

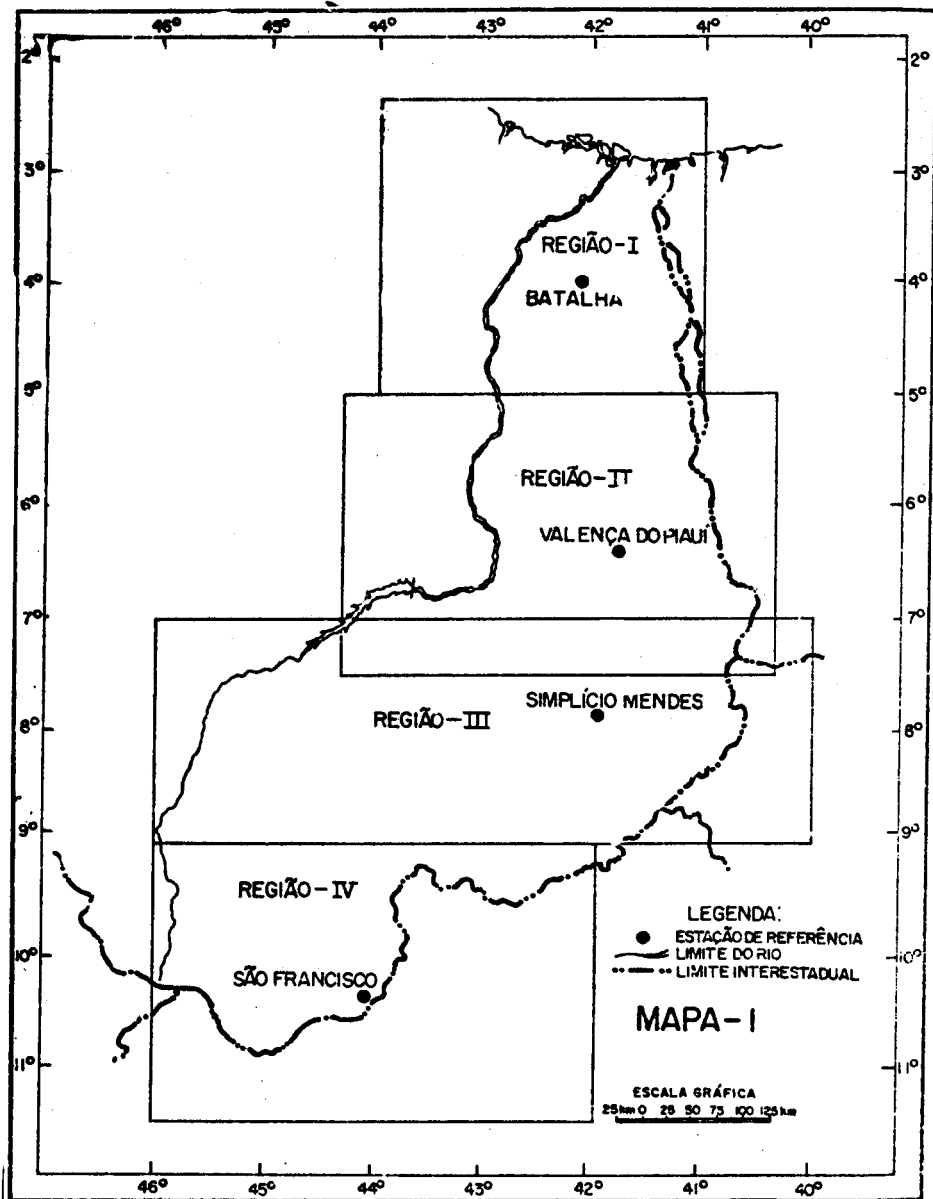
\hat{Y} = PRECIPITAÇÕES ANUAIS MÉDIAS (\hat{Y})	X_6 = ÂNGULO	* ORDENADA
X_1 = DISTÂNCIA	X_7 = ÂNGULO	* ALTITUDE
X_2 = ALTITUDE	X_8 = DISTÂNCIA	* ALTITUDE
X_3 = ÂNGULO	X_9 = ÂNGULO	* ABSCISSA
X_4 = ABSCISSA	X_{10} = ÂNGULO	* DISTÂNCIA
X_5 = ORDENADA	X_{11} = ÂNGULO	* ABSCISSA * ORDENADA

MODELOS OBTIDOS

REGIÃO I : $Y = 1.785,66 - 2,50 X_1 - 0,30 X_2 - 3,22 X_4$
REGIÃO II : $Y = 1.162,95 - 2,94 X_1 - 0,74 X_2 + 0,55 X_3 - 1,95 X_4 + 0,007 X_6 + 0,007 X_8$
REGIÃO III : $Y = 680,56 + 0,27 X_1 + 0,01 X_3 - 0,83 X_4$
REGIÃO IV : $Y = 926,91 - 0,66 X_4 - 0,97 X_5 - 0,000062 X_9$

TESTE DOS MODELOS

REGIÃO I : $R = 0,83$, AJUSTE MÉDIO = 8,24 %
REGIÃO II : $R = 0,88$, AJUSTE MÉDIO = 13,9 %
REGIÃO III : $R = 0,81$, AJUSTE MÉDIO = 13,43 %
REGIÃO IV : $R = 0,84$, AJUSTE MÉDIO = 11,38 %



ça do Piauí para a região II, Simplício Mendes para a região III e São Francisco para a região IV.

ANÁLISES DOS DADOS DISPONÍVEIS

Os dados pluviométricos de base foram fornecidos pelo Banco de Dados da Divisão de Hidrometeorologia da SUDENE e homogeneizados pelo método do "Vetor Regional" pela equipe da CEPA-PI.

Apesar da homogeneização dos dados pluviométricos, é importante notar que a rede pluviométrica é de criação recente. Cerca de 86% dos postos que constituem a rede oficial tem menos de 30 anos de existência e constata-se uma fraca densidade de postos (1 pluviômetro/1.200 km² aproximadamente).

REGIÃO	MÉDIAS PLUVIOMÉTRICAS MENSAIS (mm)	DESVIOS PADRÕES (mm)	EXTREMO DE PRECIPITAÇÃO ANUAL (mm)
I	1.320,6	290,0	731,0 - 2.157,0
II	928,3	346,4	437,0 - 1.898,0
III	779,3	196,5	448,0 - 1.461,0
IV	908,0	229,8	537,0 - 1.586,0
ESTADO	930,7	322,5	437,0 - 2.157,0

Quando se utiliza o mapa de precipitações pluviométricas do Estado, verifica-se nitidamente a presença de um gradiente pluviométrico orientado de leste para oeste. Observa-se um aumento gradativo das chuvas a medida que nos afastamos da zona de influência dos aliseos (Semi-Árido) e nos dirigimos rumo a noroeste, onde a presença da massa equatorial amazônica se faz mais notável. Todavia esse gradiente climático comporta muitas gradações em vários sentidos, ligados à altitude, a existência de obstáculos orográficos, etc.

A OBTENÇÃO DE DADOS COMPLEMENTARES

A estimativa das precipitações anuais de qualquer ponto lo-

calizado em qualquer uma das 4 regiões estudadas exigiu a integração de parâmetros espaciais que foram calculados em função das estações de referência.

Esses parâmetros calculados para a utilização nos modelos foram:

- distância, entre o posto e a estação de referência, em quilômetro;
- altitude, em metro;
- ângulo, entre o posto e a estação de referência, em graus;
- abscissa, do posto para a estação de referência, em quilômetro;
- ordenada, do posto para a estação de referência, em quilômetro.

A partir desses dados gerou-se as interações latitude x altitude; ângulo x latitude; latitude x longitude x altitude, que também foram utilizados nos modelos.

Com esse conjunto de dados, completados pelos dados pluviométricos, construiu-se um modelo empírico-lógico para cada um das 4 regiões em que foi dividido o Estado.

CONSTRUÇÃO DOS MODELOS

Os modelos adotados presumem uma proporcionalidade linear das Variáveis independentes para com a variável dependente e tem a forma:

$$Y = X + \epsilon, \text{ onde:}$$

Y é um vetor aleatório

X é uma matriz N x P

ϵ é um Vetor P x P

ϵ é um vetor $N(0, \sigma^2 I)$.

A matriz X foi composta pelas variáveis:

- X1 = distância; X6 = Ângulo * Ordenada;
- X2 = Altitude; X7 = Ângulo * Altitude;
- X3 = Ângulo; X8 = Distância * Altitude;

X_4 = Abscissa; X_9 = Ângulo * Abscissa;
 X_5 = Ordenada; X_{10} = Ângulo * Distância;
 X_{11} = Ângulo * Abscissa * Ordenada.

O método usado para determinar a ordem de inserção das variáveis no modelo foi "Stepwise procedure" após ter-nos assegurado da inexistência de multicolinearidade entre as variáveis.

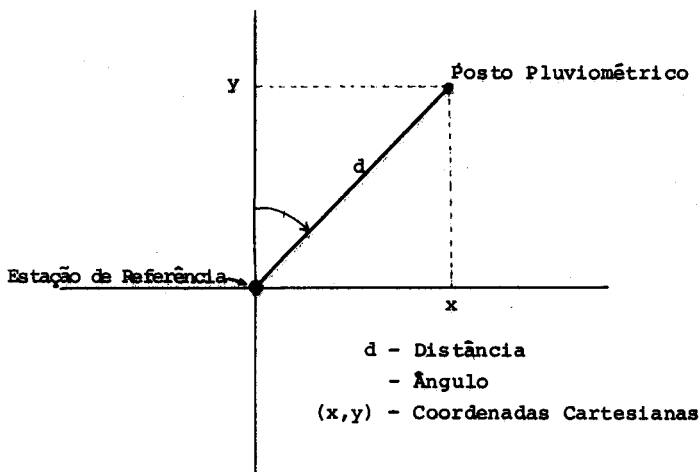


FIGURA 2 - PARÂMETROS ESPACIAIS CALCULADOS

MODELOS OBTIDOS

A análise estatística revelou que as correlações obtidas pelos modelos nas 4 regiões estudadas confirmam a importância dos parâmetros selecionados na determinação das precipitações. Os valores foram respectivamente:

Região I: $R = 0,83$
 Região II: $R = 0,88$
 Região III: $R = 0,81$
 Região IV: $R = 0,84$

Os testes "T" apresentaram as variáveis mais relevantes na determinação das precipitações (\hat{Y}), sendo observado para cada região o seguinte:

Região I: as variáveis X1, X4 e X2;

Região II: as variáveis X1, X3, X4, X2, X6 e X8;

Região III: as variáveis X1, X3 e X4;

Região IV: as variáveis X4, X5 e X9.

Utilizou-se também o teste "F" para comparar o efeito da inclusão de cada uma das variáveis quando as outras já estão no modelo.

Com resultados bastantes satisfatórios os modelos ajustados para cada região foram:

Região I: $\hat{Y} = 204,66 - 2,50X1 - 0,30X2 - 3,22X4$;

Região II: $\hat{Y} = 230,95 - 2,94X1 - 0,74X2 + 0,55X3 - 1,95X4$
 $+ 0,007X3 * X5 + 0,007X2 * X3$;

Região III: $\hat{Y} = 22,56 + 0,27X1 + 0,01X3 - 0,83X4$;

Região IV: $\hat{Y} = 172,09 - 0,66X4 - 0,97X5 - 0,000062X3 * X4$
 $* X5$.

RESULTADOS

Nas regiões estudadas, as equações obtidas permitem uma estimação das precipitações anuais com um desvio médio de 10% para o conjunto das estações estudadas.

Salientamos que os modelos obtidos só são válidos para as regiões em estudo. No entanto, para outras áreas, novos modelos poderão ser obtidos, utilizando-se a metodologia proposta.