SÉRIE ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO
DOCUMENTO 02

NOVEMBRO 1981

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ

SECRETARIA DE AGRICULTURA

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS NO PIAUÍ

CARACTERIZAÇÃO E MODELOS

Comissão Estadual de Planejamento Agrícola do Piauí - CEPA - PI
Fundação Vinculada à Secretaria de Agricultura

de Pesquisa Agropecuaria do Trópico Semi-Árido
/ EMBRAPA

..57728122
'2d
:1

1984.00353

FUNDAÇÃO CEPA - PI.
Coord. Estatística e Documentação
Biblioteca — Doação

GOVERNO DO ESTADO DO PIAUÍ

SECRETARIA DE AGRICULTURA

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS NO PIAUÍ

CARACTERIZAÇÃO E MODELOS

Distribuição espacial das
1981 LV-1984.00353
7596-1

EVARISTO EDUARDO DE MIRANDA*
JOSÉ TADEU SANTOS OLIVEIRA**
JOAQUIM DE SOUSA MIRANDA***
RICARDO JOÃO SOARES BARROS****

COLABORADORES:
DULFE LUSTOSA NOGUEIRA-Engº Agrº da CEPA-PI
JOSÉ DE ARIMATÉA ALVES SARAIVA - Engº Agrº da CIDAPI
CARLOS ALBERTO DE OLIVEIRA-Estatístico do CPATSA/EMBRAPA

* Engº Agrº, Doutor em Ecologia-Pesquisador do CPATSA/EMBRAPA
** Engº Agrº da CEPA-PI
*** Engº Agrº da CEPA-PI
**** Estatístico - Téc. em Planej. Agrícola da CEPA-PI

EMBRAPA

RESUMO

Este trabalho apresenta quatro (4) equações capazes de estimar as precipitações anuais para qualquer ponto do Estado, partindo unicamente de seus parâmetros de localização geográfica. Ajustadas "in situ", elas foram elaboradas para uma área de 460.000 km^2 que engloba todo o Estado do Piauí e partes dos estados limítrofes, do Maranhão, Ceará, Pernambuco e Bahia. Cada equação tem a forma:

$$Y = X\beta + \xi;$$

Y é um vetor aleatório;

X é uma matriz n x p;

β é um vetor p x 1;

ξ é um vetor aleatório $N(0, \sigma^2 I)$.

No estudo, a matriz X foi composta pelas variáveis: distância, ângulo, altitude, coordenadas cartesianas e suas interações com relação a uma estação de referência. Nas regiões estudadas as equações obtidas permitem uma estimação das precipitações anuais com um desvio médio de aproximadamente 10% para o conjunto das estações estudadas.

SUMMARY

This work presents four (4) equations able to estimate the yearly precipitations for any place of the state, beginning only from their parameters of geographical localization. Adjusted "in situ", they were elaborated for an area of 460.000 km^2 that includes all the state

1 - INTRODUÇÃO

Mais do que o nível das precipitações, o problema de sua variabilidade no tempo e no espaço vem sendo apontado como uma das principais causas das secas que periodicamente atingem a região semi-árida do Nordeste. Apesar de muitos trabalhos terem sido dedicados a esse problema, a grande maioria se limita a examinar a questão da variabilidade temporal das chuvas (probabilidades de chuva, ciclos de secas, prognósticos de chuvas, etc.) sem abordar a importante e complementar questão da variabilidade espacial das precipitações.

Somente o conhecimento dos padrões de distribuição espacial e temporal das precipitações pode permitir uma melhor adaptação do homem do campo, através de sistemas de cultivo e de produção adequados, ao problema do risco climático, entendido no seu sentido físico.

Isto é bastante claro no caso de trabalhos de preservação de recursos hídricos (açudes, barragens, barreiros, cisternas), frequentemente necessários em localidades que não possuem pluviômetros. Seu dimensionamento depende, em última instância, de uma estimativa das precipitações, o que normalmente é feito através da interpolação de isoietas. Essa interpolação não é satisfatória, pois os mapas disponíveis foram realizados a pequena escala (1/2.000.000 ou mais) (NIMER 1979), utilizando parcialmente a rede atual (mapas antigos) e na realidade tratam-se frequentemente de mapas de isolinhas (não levam em consideração o relevo).

2 - OBJETIVOS E HIPÓTESES

Partindo da hipótese de que a distribuição espacial das precipitações no Trópico Semi-Árido não é aleatória, pesquisadores do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA/EMBRAPA), vêm desenvolvendo trabalhos com vistas à determinação matemática dos padrões de distribuição espacial das chuvas (MIRANDA & OLIVEIRA 1981a), através de modelos estatísticos ajustados "in situ" (AFCET, 1977) que permitem estimar as precipitações anuais de uma localidade, partindo-se unicamente de seus dados de localização (MIRANDA & OLIVEIRA, 1981b).

Após examinar-se a viabilidade de um trabalho análogo para o Estado do Piauí, decidiu-se, numa primeira fase, dividir o Estado em 4 regiões e ter como objetivo principal a obtenção de um modelo matemático simples por região, capaz de estimar a precipitação anual para qualquer parte dessa área, através unicamente de seus parâmetros de situação espacial, considerados na escala de 1/1.000.000.

As regiões delimitadas ultrapassam ligeiramente as fronteiras do Estado e tiveram suas áreas centradas nas localidades de Batalha, Valença do Piauí, Simplício Mendes e São Francisco (mapa 1). Receberam, respectivamente, denominações de REGIÃO I, REGIÃO II, REGIÃO III e REGIÃO IV e suas principais características são indicadas a seguir:

Região I - entre os paralelos 2º30' e 5ºS e entre os

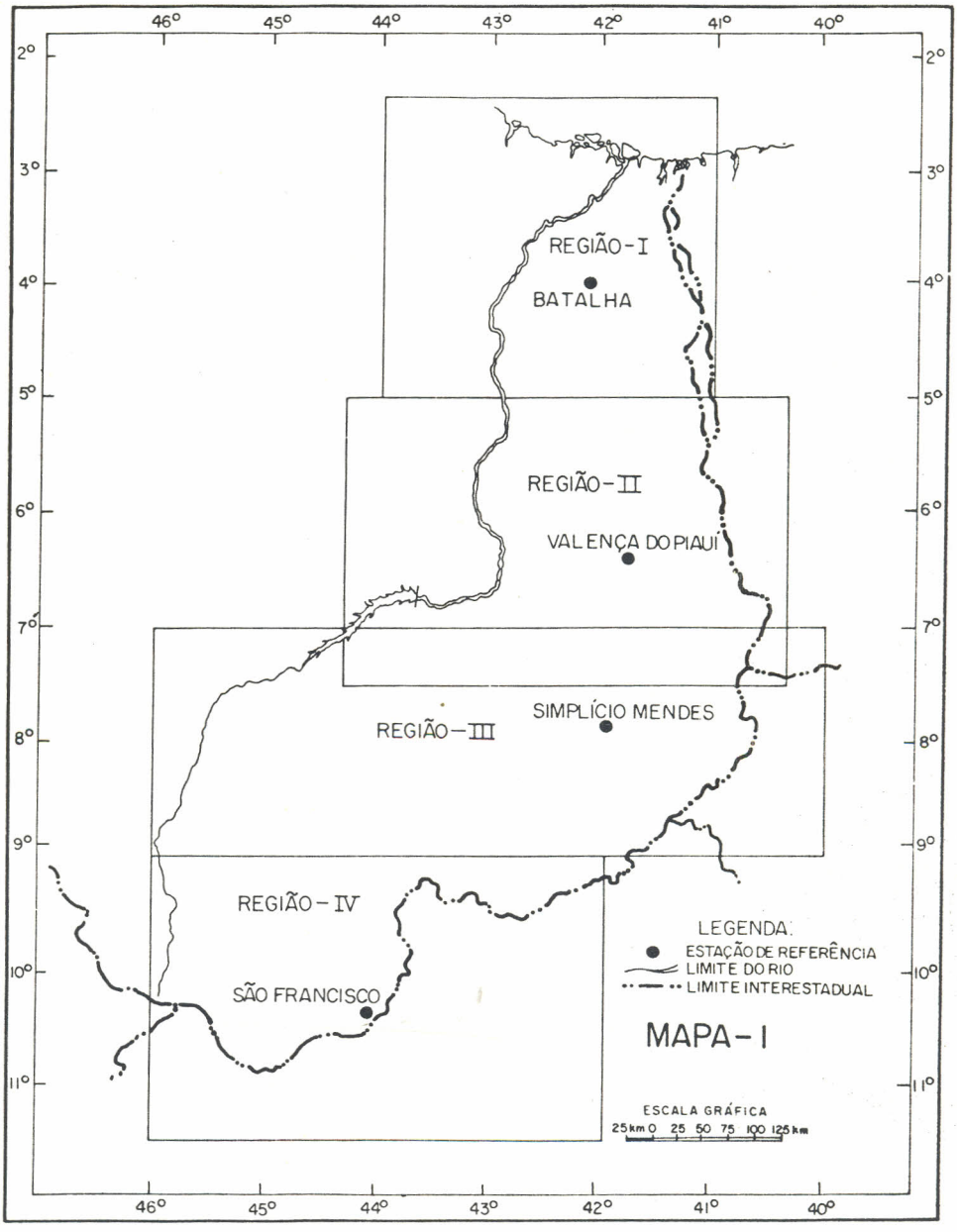
meridianos 41° e 44°W compreendendo uma área de aproximadamente 71.550 km^2;

Região II - entre os paralelos 5° e 7°30'S e meridianos 40°20' e 44°W compreendendo uma área de aproximadamente 122.160 km^2;

Região III - entre os paralelos 7° e 9°S e meridianos 40° e 46°W compreendendo uma área de aproximadamente 148.300 km^2;

Região IV - entre os paralelos 9° e 11°30'S e meridianos 42° e 46°W compreendendo uma área de aproximadamente 122.430 km^2.

As principais etapas metodológicas do estudo são resumidas na Figura 1.


46°
45°
44°
43°
42°
41°
40°
2°
3°
4°
5°
6°
7°
8°
9°
10°
11°
REGIÃO-I
BATALHA
REGIÃO-II
VALENÇA DO PIAUÍ
REGIÃO-III
SIMPLÍCIO MENDES
REGIÃO-IV
SÃO FRANCISCO
LEGENDA:
ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA
LIMITE DO RIO
LIMITE INTERESTADUAL
MAPA-I
ESCALA GRÁFICA
25km 0 25 50 75 100 125km

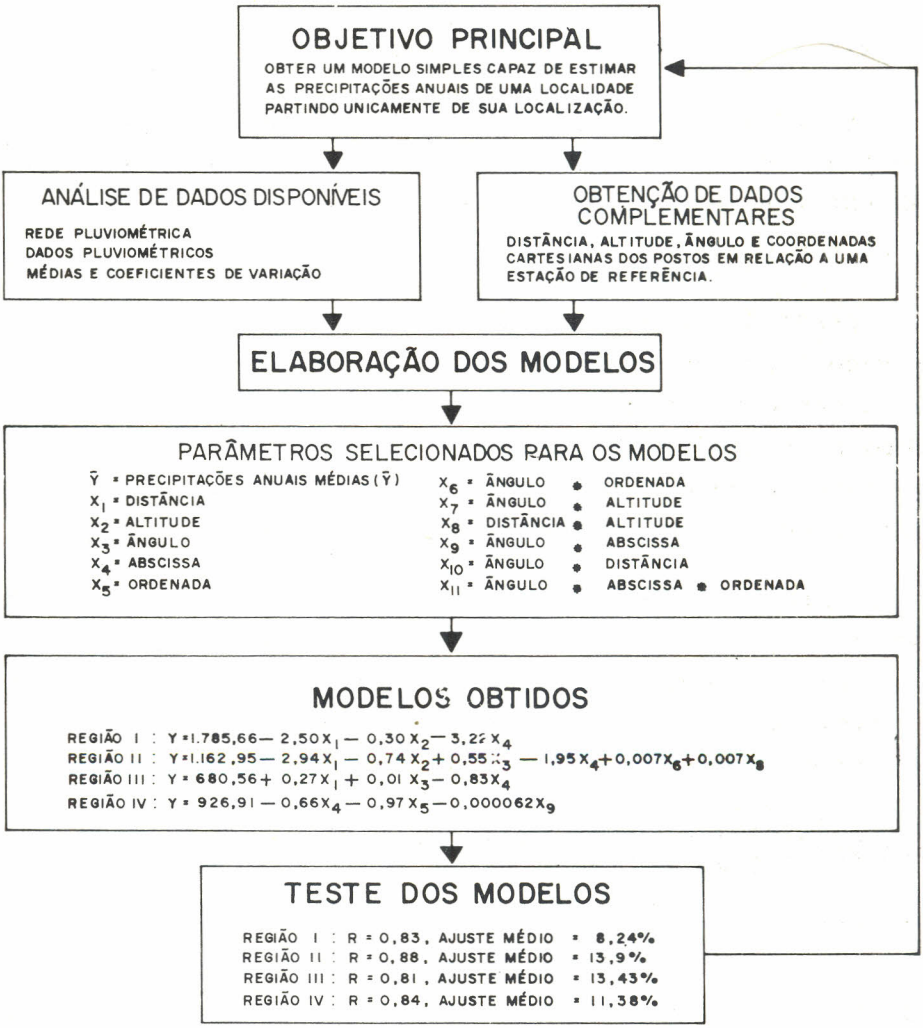


FIGURA 1 - ETAPAS METODOLÓGICAS DO ESTUDO

3. MÉTODOS

3.1 - Análise 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 (MIRANDA et alii, 1981).

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

Os valores pluviométricos da rede oficial do Estado têm uma média de 930,7 mm, com um desvio padrão de 322,5mm e extremos que vão de 437,0 mm a 2.157,0 mm. Para cada uma das regiões estudadas estes dados apresentam-se da seguinte forma:

REGIÃO	MÉDIAS PLUVIOMÉTRICAS ANUAIS (mm)	DESVIO PADRÃO (mm)	EXTREMOS 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 plotados no mapa do Estado, os valores medianos das precipitações indicam um crescimento progressivo das chuvas no sentido Noroeste, em função do gradiente climático que se estabelece na medida em que se deixa a região semi-árida em direção da Amazônia. Todavia, esse gradiente climático comporta muitas gradações em vários sentidos, ligadas à altitude, à existência de obstáculos orográficos, etc ... (mapas 2, 3, 4 e 5).

3.2 - A Obtenção de Dados Complementares

A estimativa das precipitações anuais de qualquer ponto localizado em qualquer uma das 04 regiões estudadas, a partir unicamente de sua posição geográfica, exigiu a integração de parâmetros espaciais que foram calculados em função de estações de referência.

BATALHA, VALENÇA DO PIAUÍ, SIMPLÍCIO MENDES e SÃO FRANCISCO, dadas suas posições geográficas e a larga série de dados disponíveis, foram escolhidas como estações de referência das regiões I, II, III e IV respectivamente. Em seguida, para cada posto, foram calculados seus parâmetros espaciais, tendo o Mapa Hipsométrico ao Milionésimo como base (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 1975).

Os parâmetros calculados (Fig. 2) para utilização posterior nos modelos foram:

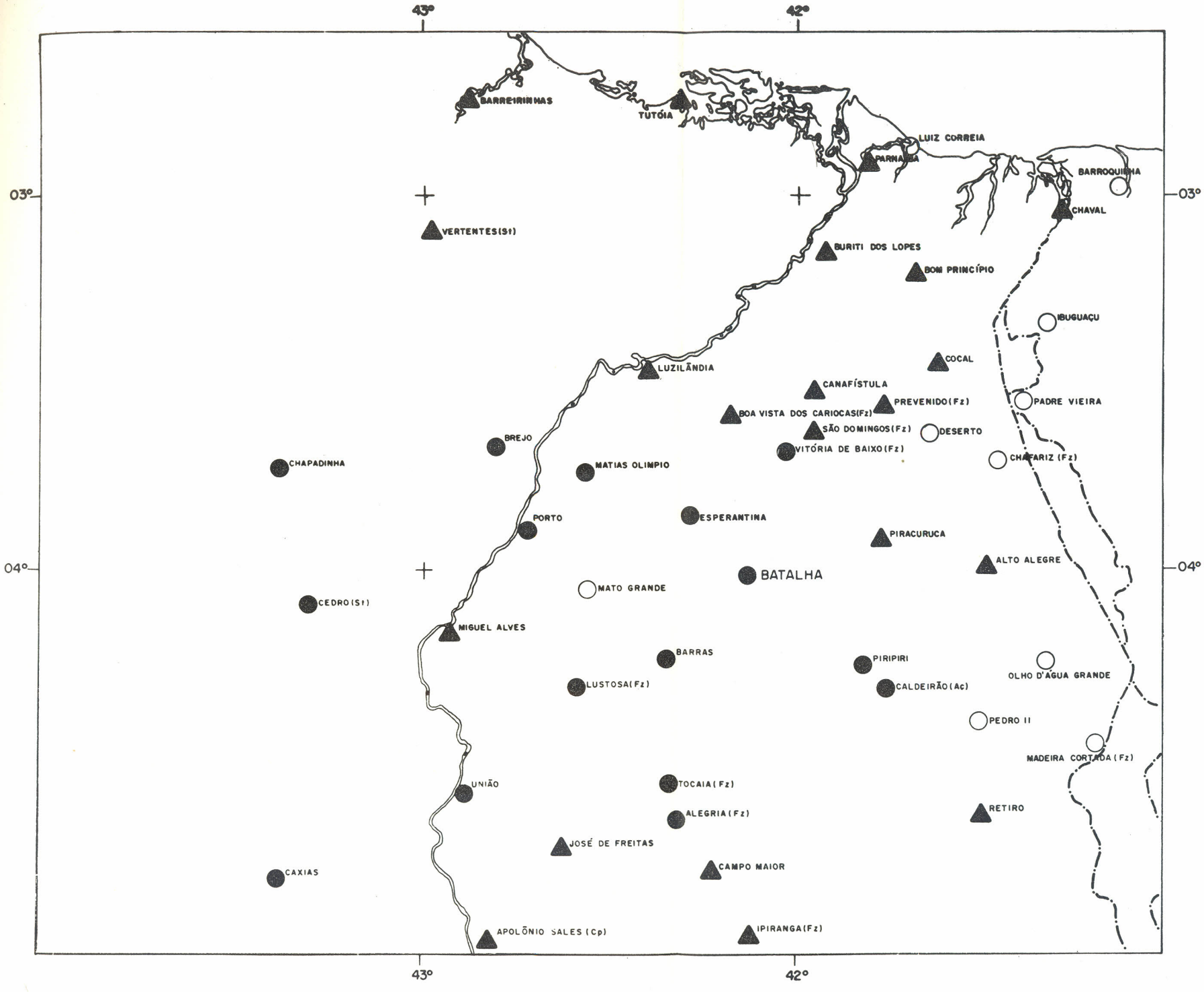
- distância, entre o posto e a estação de referência, em quilômetros;
- altitude, em metros;

- ângulo, entre o posto e a estação de referência, em graus;
- abscissa, do posto para a estação de referência, em quilômetros;
- ordenada, do posto para a estação de referência, em quilômetros.

A partir desses dados de base gerou-se um conjunto de interações, as quais também foram utilizadas nos modelos, como segue:

- ângulo * ordenada;
- ângulo * altitude;
- distância * altitude;
- ângulo * abscissa;
- ângulo * distância;
- ângulo * abscissa * ordenada.

Com esse conjunto de dados, completado pelos dados pluviométricos, constituiu-se um modelo empírico-lógico para cada uma das regiões do Estado, seguindo um procedimento que será exposto a seguir.

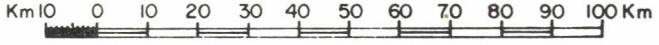

43º
42º
03º
04º
BARREIRINHAS
TUTÓIA
LUIZ CORREIA
PARNAÍBA
BARROQUINHA
CHAVAL
VERTENTES(St)
BURITI DOS LOPES
BOM PRINCÍPIO
IBUGUAÇU
COCAL
LUZILÂNDIA
CANAFÍSTULA
PREVENIDO(Fz)
PADRE VIEIRA
BOA VISTA DOS CARIOCAS(Fz)
SÃO DOMINGOS(Fz)
DESERTO
BREJO
VITÓRIA DE BAIXO(Fz)
CHAFARIZ(Fz)
CHAPADINHA
MATIAS OLIMPIO
PORTO
ESPERANTINA
PIRACURUCA
ALTO ALEGRE
BATALHA
MATO GRANDE
CEDRO(St)
MIGUEL ALVES
BARRAS
PIRIPIRI
OLHO D'ÁGUA GRANDE
LUSTOSA(Fz)
CALDEIRÃO(Ac)
PEDRO II
MADEIRA CORTADA(Fz)
UNIÃO
TOCAIA(Fz)
ALEGRIA(Fz)
RETIRO
JOSÉ DE FREITAS
CAMPO MAIOR
CAXIAS
APOLÔNIO SALES(Cp)
IPIRANGA(Fz)

REGIÃO I

Variabilidade Espacial das Precipitações Anuais

Região de Batalha

ESCALA

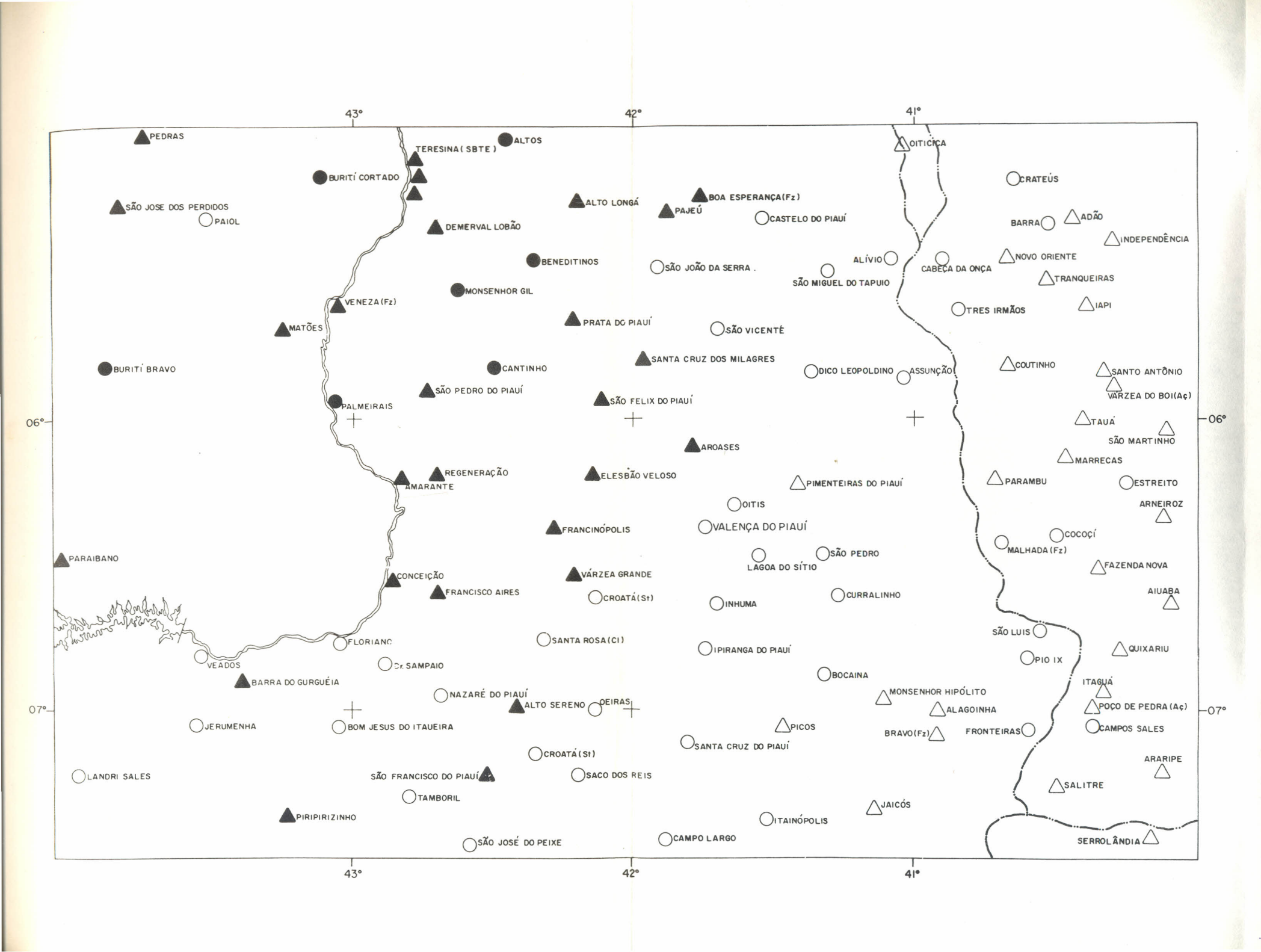


LEGENDA

650 a 1050 — ○
1050 a 1450 — ▲
1450 a 1850 — ●

MAPA - 2

Desenho: Carlos Ramos


43°
42°
41°
06°
07°
PEDRAS
TERESINA (SBTE)
ALTOS
OITICICA
BURITÍ CORTADO
CRATEÚS
SÃO JOSE DOS PERDIDOS
PAIOL
ALTO LONGÁ
BOA ESPERANÇA(Fz)
PAJEÚ
CASTELO DO PIAUÍ
BARRA
ADÃO
INDEPENDÊNCIA
DEMERVAL LOBÃO
BENEDITINOS
SÃO JOÃO DA SERRA .
ALÍVIO
CABEÇA DA ONÇA
NOVO ORIENTE
SÃO MIGUEL DO TAPUIO
TRANQUEIRAS
MONSENHOR GIL
VENEZA(Fz)
TRES IRMÃOS
IAPI
PRATA DO PIAUÍ
MATÕES
SÃO VICENTÉ
SANTA CRUZ DOS MILAGRES
BURITÍ BRAVO
CANTINHO
DICO LEOPOLDINO
ASSUNÇÃO
COUTINHO
SANTO ANTÔNIO
SÃO PEDRO DO PIAUÍ
VARZEA DO BOI(Aç)
PALMEIRAIS
SÃO FELIX DO PIAUÍ
TAUÁ
SÃO MARTINHO
AROASES
MARRECAS
REGENERAÇÃO
ELESBÃO VELOSO
PARAMBU
ESTREITO
AMARANTE
PIMENTEIRAS DO PIAUÍ
OITIS
ARNEIROZ
FRANCINÓPOLIS
VALENÇA DO PIAUÍ
COCOÇÍ
MALHADA(Fz)
PARAIBANO
LAGOA DO SÍTIO
SÃO PEDRO
FAZENDA NOVA
CONCEIÇÃO
VÁRZEA GRANDE
FRANCISCO AIRES
CROATÁ(St)
CURRALINHO
AIUABA
INHUMA
SÃO LUIS
FLORIANO
SANTA ROSA(CI)
IPIRANGA DO PIAUÍ
QUIXARIU
VEADOS
Dr. SAMPAIO
PIO IX
BOCAINA
BARRA DO GURGUÉIA
ITAGUÁ
NAZARÉ DO PIAUÍ
MONSENHOR HIPÓLITO
ALTO SERENO
OEIRAS
ALAGOINHA
POÇO DE PEDRA(Aç)
JERUMENHA
BOM JESUS DO ITAUEIRA
PICOS
BRAVO(Fz)
FRONTEIRAS
CAMPOS SALES
SANTA CRUZ DO PIAUÍ
CROATÁ(St)
ARARIPE
LANDRI SALES
SÃO FRANCISCO DO PIAUÍ
SACO DOS REIS
SALITRE
TAMBORIL
JAICÓS
PIRIPIRIZINHO
ITAINÓPOLIS
SÃO JOSÉ DO PEIXE
CAMPO LARGO
SERROLÂNDIA

REGIÃO II

Variabilidade Espacial das Precipitações Anuais

Região de Valença

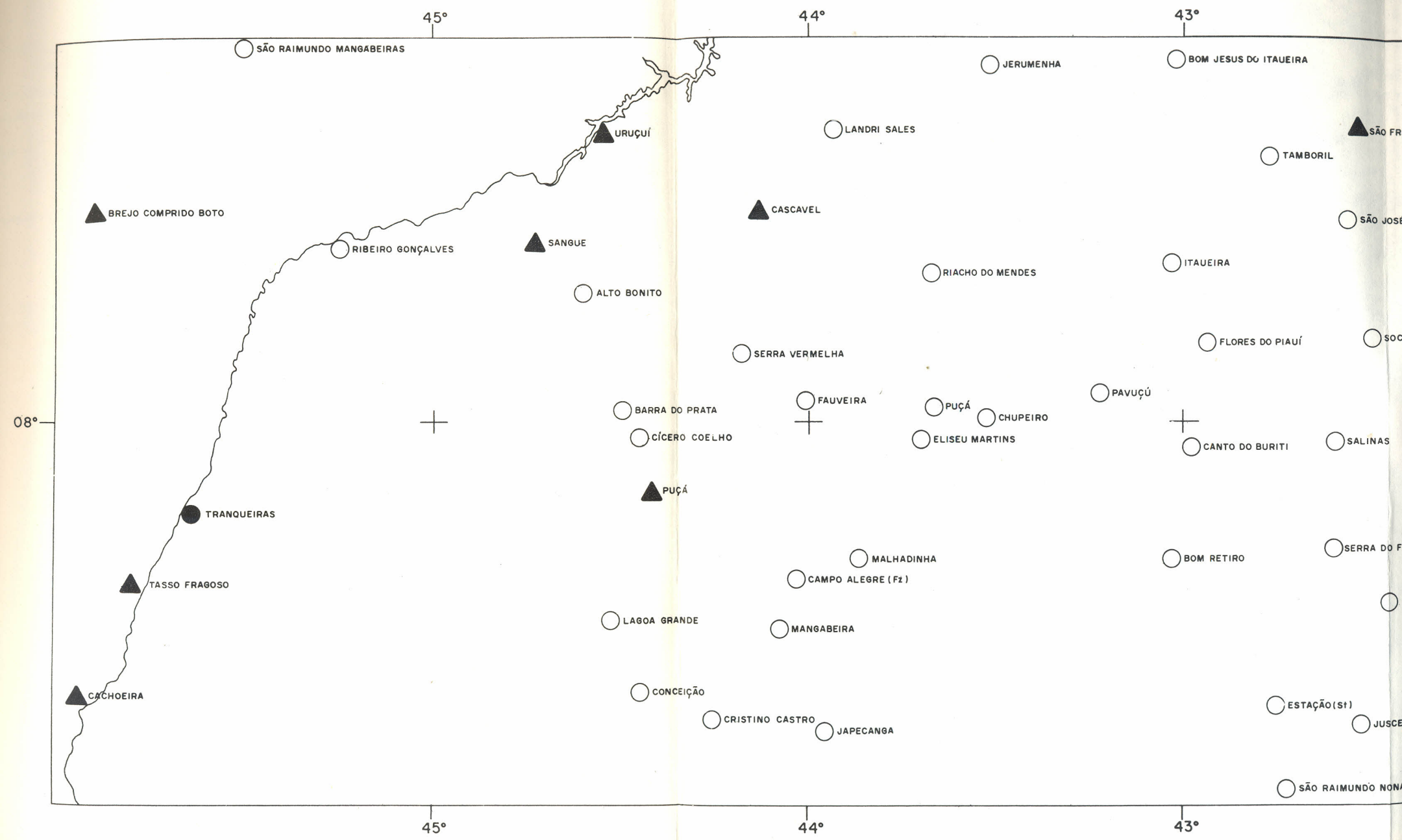
ESCALA

LEGENDA

250 a 650- △
650 a 1050- ○
1050 a 1450- ▲
1450 a 1850- ●

MAPA-3

Desenho: Carlos Ramos


45°
44°
43°
08°
SÃO RAIMUNDO MANGABEIRAS
JERUMENHA
BOM JESUS DO ITAUEIRA
URUÇUÍ
LANDRI SALES
SÃO FR
TAMBORIL
BREJO COMPRIDO BOTO
CASCAVEL
SÃO JOSÉ
RIBEIRO GONÇALVES
SANGUE
ITAUEIRA
RIACHO DO MENDES
ALTO BONITO
FLORES DO PIAUÍ
SOC
SERRA VERMELHA
PAVUÇÚ
FAUVEIRA
BARRA DO PRATA
PUÇÁ
CHUPEIRO
CÍCERO COELHO
ELISEU MARTINS
CANTO DO BURITI
SALINAS
PUÇÁ
TRANQUEIRAS
SERRA DO F
MALHADINHA
BOM RETIRO
TASSO FRAGOSO
CAMPO ALEGRE (Fz)
LAGOA GRANDE
MANGABEIRA
CACHOEIRA
CONCEIÇÃO
ESTAÇÃO (St)
CRISTINO CASTRO
JUSCE
JAPECANGA
SÃO RAIMUNDO NONA
45°
44°
43°

REGIÃO III

Variabilidade Espacial das Precipitações Anuais

Região de Simplício Mendes

ESCALA

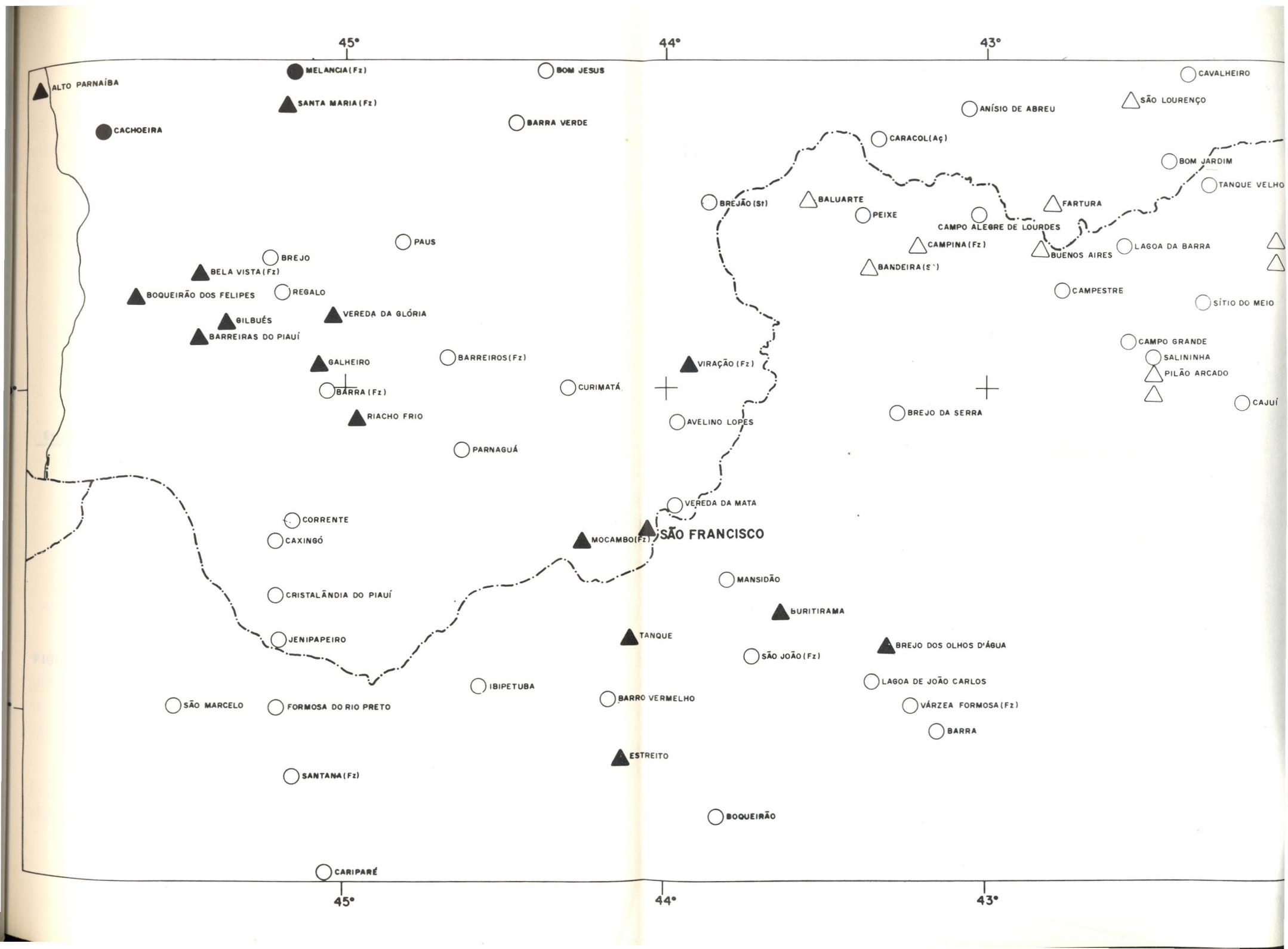
10Km 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100Km

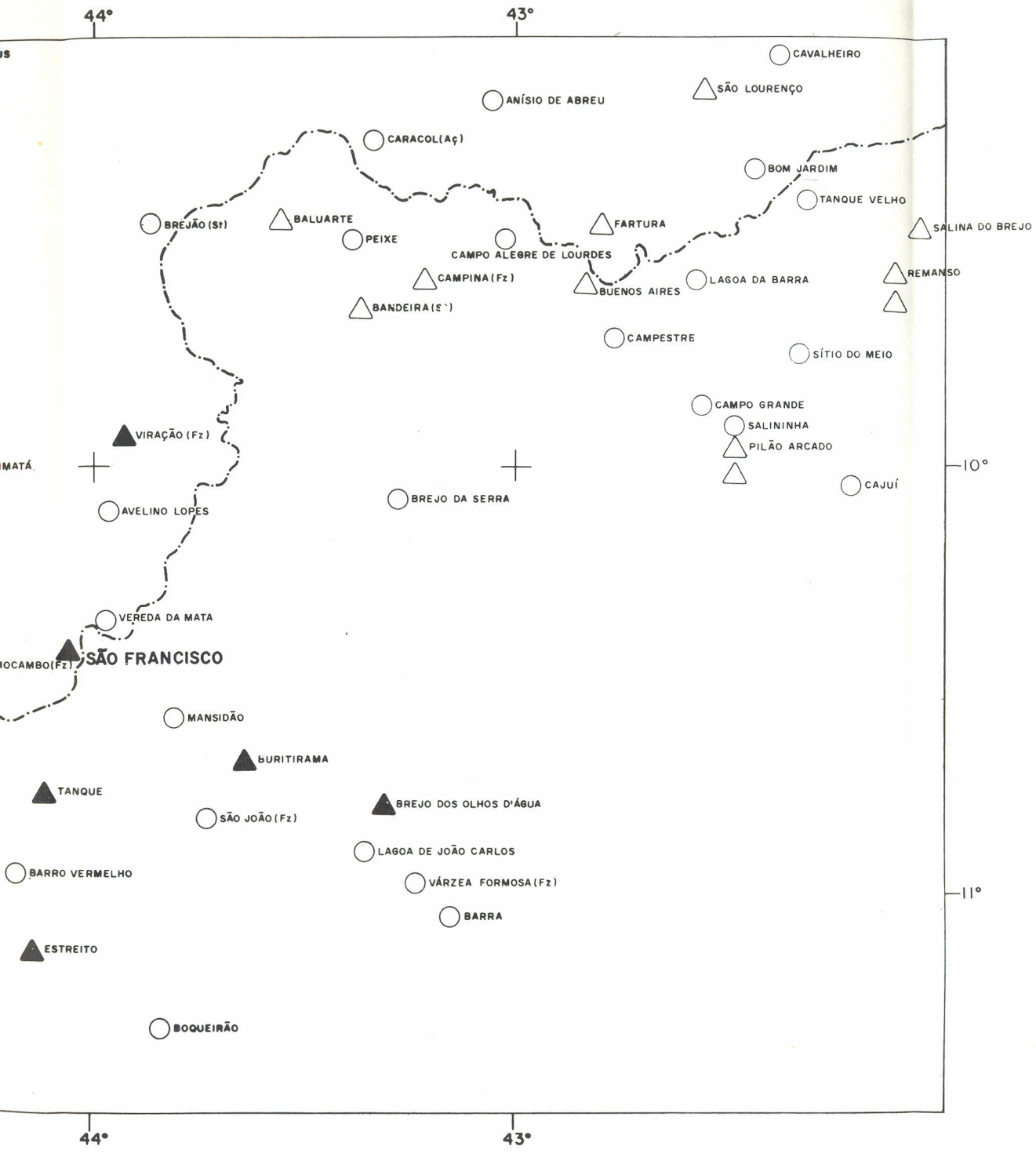
LEGENDA

250 a 650 — △
650 a 1050 — ○
1050 a 1450 — ▲
1450 a 1850 — ●

MAPA - 4

Desenho:
FRANCISCO FONTINELLE


45°
44°
43°
MELANCIA (Fz)
BOM JESUS
ALTO PARNAÍBA
SANTA MARIA (Fz)
CACHOEIRA
BARRA VERDE
CAVALHEIRO
SÃO LOURENÇO
ANÍSIO DE ABREU
CARACOL (Aç)
BOM JARDIM
TANQUE VELHO
BREJÃO (St)
BALUARTE
PEIXE
FARTURA
CAMPO ALEGRE DE LOURDES
CAMPINA (Fz)
BUENOS AIRES
LAGOA DA BARRA
BANDEIRA (S.)
PAUS
BREJO
BELA VISTA (Fz)
BOQUEIRÃO DOS FELIPES
REGALO
CAMPESTRE
SÍTIO DO MEIO
GILBUÉS
VEREDA DA GLÓRIA
BARREIRAS DO PIAUÍ
CAMPO GRANDE
SALININHA
PILÃO ARCADO
GALHEIRO
BARREIROS (Fz)
VIRAÇÃO (Fz)
CAJUÍ
BARRA (Fz)
CURIMATÁ
RIACHO FRIO
BREJO DA SERRA
AVELINO LOPES
PARNAGUÁ
VEREDA DA MATA
CORRENTE
SÃO FRANCISCO
CAXINGÓ
MOCAMBO (Fz)
MANSIDÃO
CRISTALÂNDIA DO PIAUÍ
BURITIRAMA
JENIPAPEIRO
TANQUE
BREJO DOS OLHOS D'ÁGUA
SÃO JOÃO (Fz)
IBIPETUBA
LAGOA DE JOÃO CARLOS
SÃO MARCELO
FORMOSA DO RIO PRETO
BARRO VERMELHO
VÁRZEA FORMOSA (Fz)
BARRA
ESTREITO
SANTANA (Fz)
BOQUEIRÃO
CARIPARÉ
45°
44°
43°



REGIÃO IV

Variabilidade Espacial das Precipitações Anuais

Região de São Francisco

ESCALA

10Km 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100Km

LEGENDA

250 a 650 — △
650 a 1050 — ○
1050 a 1450 — ▲
1450 a 1850 — ●

MAPA - 5

Desenho:
FRANCISCO FONTINELLE

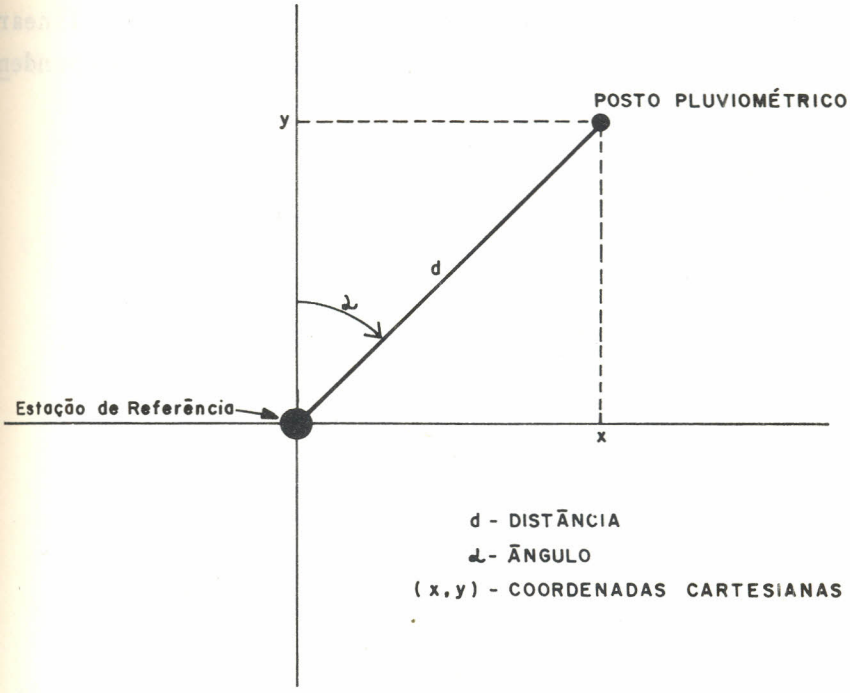


FIGURA 2 - PARÂMETROS ESPACIAIS CALCULADOS

3.3 - Construção dos Modelos

Dada a analogia existente entre a construção dos 04 modelos, o procedimento utilizado será descrito de modo geral no que se refere às 4 regiões.

O modelo adotado presume uma proporcionalidade linear das variáveis independentes para com a variável dependente e tem a forma:

$$Y = X\beta + \xi;$$

Y é um vetor aleatório;
X é uma matriz n x p:
β é um vetor P x 1;
ξ é um vetor aleatório $N(0, \sigma^2 I)$.

A matriz X foi composta pelas variáveis:

X1 = Distância;
X2 = Altitude;
X3 = Ângulo;
X4 = Abscissa;
X5 = Ordenada;
X6 = Ângulo * Ordenada;
X7 = Ângulo * Altitude;
X8 = Distância * Altitude;
X9 = Ângulo * Abscissa;
X10 = Ângulo * Distância;
X11 = Ângulo * Abscissa * Ordenada.

Vale salientar que na análise estatística, em alguns casos, pode-se fazer necessária a normalização da função, isto é, uma transformação algébrica da variável dependente de modo a permitir melhor continuidade da função e, consequentemente, uma melhor distribuição (mais próxima da normal).

O método usado para determinar a ordem de inserção das variáveis no modelo foi "Stepwise procedure" após termo-nos assegurado

da inexistência de multicolinearidade entre as variáveis (DRAPER, 1966).

a) Este método inicia-se com a determinação da matriz de correlação, e a primeira variável Xi a entrar na regressão é a que apresentar a mais alta correlação com a resposta.

b) Como segundo passo, determina-se a matriz de correlação parcial e seleciona-se, como próxima variável a entrar na regressão, a variável Xj com mais alto coeficiente de correlação parcial com a resposta.

c) Dada a equação de regressão Y = f(Xi, Xj) para i = j, o método examina a contribuição da variável Xi, dado que a variável Xj já faz parte do modelo.

d) Esse processo continua até a emergência da primeira variável não significativa.

Os dados utilizados foram codificados no Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido e o tratamento foi realizado através do computador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária existente na sua sede de Brasília.

4. RESULTADOS

4.1 - 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 obtidos foram respectivamente:

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

Estes valores são importantes na medida que comprovarem mais uma vez o alto nível de significância das variáveis consideradas.

Os testes T apresentaram as variáveis mais relevantes na determinação da precipitação ($\hat{Y}$), 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. Assim sendo, obteve-se:

Região I: Variável distância (X1) - F = 13,83**;
Variável abscissa (X4) - F = 64,49**;
Variável altura (X2) - F = 2,35.

Região II: Variável distância (X1) - F = 15,44**;
Variável ângulo (X3) - F = 3,58;
Variável abscissa (X4) - F = 52,50**;
Variável altitude (X2) - F = 4,30*;
Variável interação ângulo x ordenada (X6) - F = 43,75**;
Variável interação distância x altitude (X8) - F = 7,52**.

Região III: Variável distância (X1) - F = 2,06;
Variável ângulo (X3) - F = 30,16**;
Variável abscissa (X4) - F = 132,08**.

Região IV: Variável abscissa (X4) - F = 12,98**;
Variável ordenada (X5) - F = 12,29**;
Variável interação ângulo x abscissa x ordenada (X11) - F = 33,59**.

Os primeiros 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 + 0,007X6 + 0,007X8;
Região III: $\hat{Y}$=22,56 + 0,27X1 + 0,01X3 - 0,83X4;
Região IV: $\hat{Y}$= - 172,09 - 0,66X4 - 0,97X5 - 0,000062X9.

Para estimar a precipitação pluviométrica ($\hat{Y}$) de qualquer ponto no Estado, deve-se somar a precipitação média da estação de referên

cia da região onde está inserido o ponto desejado, ao intercepto do modelo (mapa 6).

4.2 - Teste dos Modelos

Para cada região, o valor das precipitações anuais médias de cada posto que serviu à construção do modelo foi posteriormente estimado a partir de seus parâmetros de localização geográfica. Assim, o modelo estimou as precipitações anuais médias das quatro (4) regiões para o conjunto dos postos considerados em cada uma delas.

R E G I Ã O I

1. A média dos desvios entre as precipitações observada e estimada apresentou-se baixa (8,24%), indicando o excelente ajuste do modelo;
2. Com exceção dos postos Olho D'água Grande/PI e Brejo/MA, o desvio entre a média observada e a média estimada situou-se sempre abaixo de 20%, sendo que 67% dos postos apresentaram desvios inferiores a 10% (Fig. 3);
3. O desvio entre a média observada e estimada não variou com o nível das precipitações anuais (Fig. 3) e o modelo estimou de modo análogo as chuvas no intervalo aproximado de 700 mm a 1.820 mm.
4. O desvio entre a média observada e estimada parece independente do coeficiente de variação interanual das precipitações (Fig. 4).

5. O princípio de normalidade dos dados não foi violado (Fig. 5) e a análise pelo método dos mínimos quadrados não parece invalidada (Box et alii 1978).
6. Enfim, a distribuição espacial dos desvios entre as precipitações observada e estimada não deixa aparecer nenhuma tendência local (mapa 7).

R E G I Ã O II

1. A média dos desvios entre as precipitações observada e estimada apresentou-se baixa (12,32%), mostrando assim, que o modelo utilizado foi adequado no ajuste das precipitações pluviométricas;
2. 84% dos postos tiveram seus desvios entre as médias observada e estimada abaixo de 20% e somente 14% apresentaram desvios entre 20% e 30% (Fig. 6);
3. Também nesta região, o desvio entre as médias observada e estimada não variou com o nível das precipitações (Fig. 6) e o modelo estimou semelhantemente as chuvas no intervalo de 490 mm a 1.500 mm.
4. Em análise gráfica (Fig. 7), o desvio entre as médias observada e estimada parece independente do coeficiente de variação interanual das precipitações;
5. O exame gráfico dos resíduos (Fig. 8) indica que o princípio de normalidade dos dados não foi violado e que a análise pelo método dos mínimos quadrados não parece invalidada (Box et alii 1978);

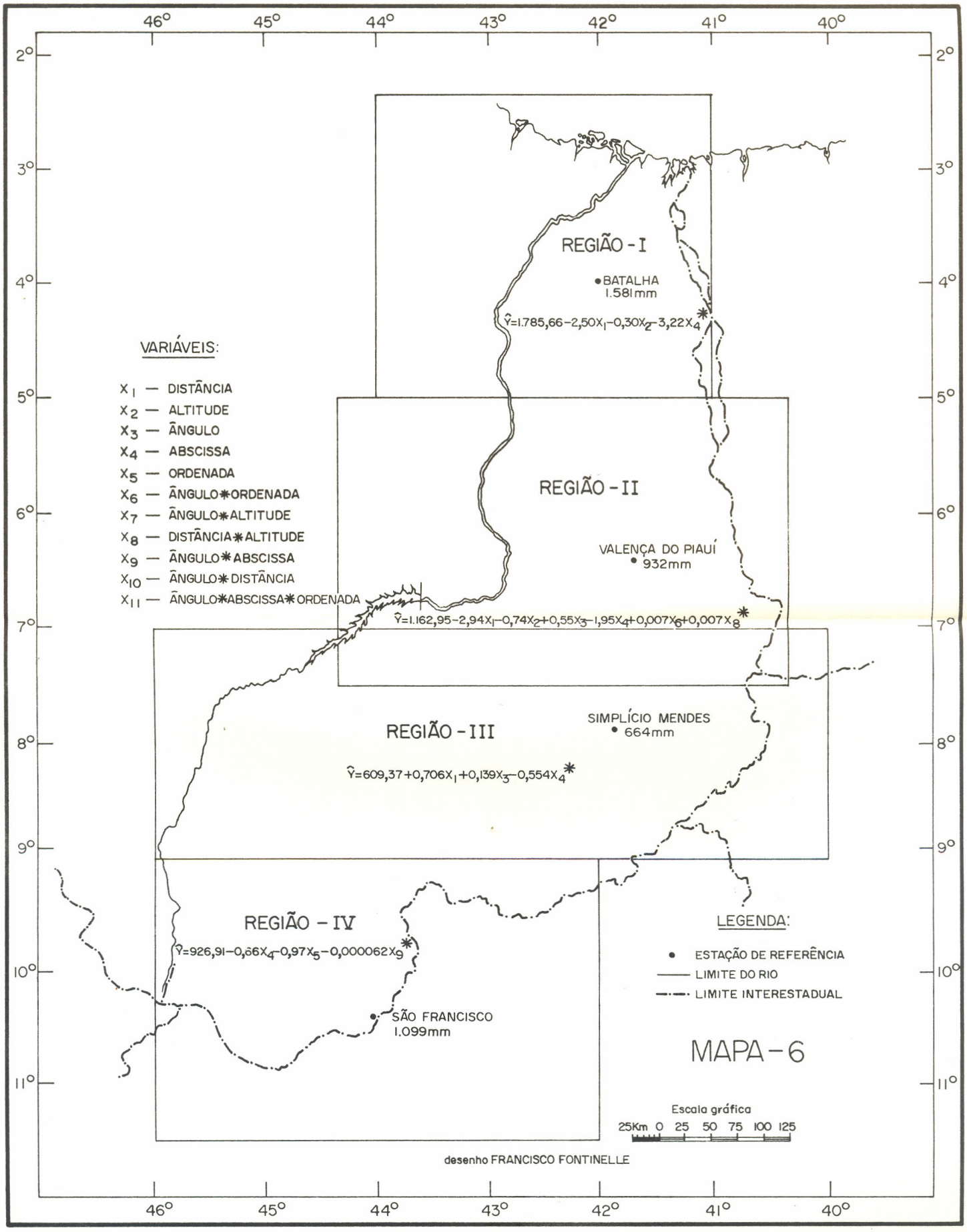
6. A distribuição espacial dos desvios entre as precipitações observada e estimada não deixa aparecer nenhuma tendência local (mapa 8).

REGIÃO III

1. A média dos desvios entre as precipitações observada e estimada apresentou-se baixa (11,43%), provando que o modelo utilizado ajustou-se satisfatoriamente aos dados de precipitações observadas;
2. Dos 100 (cem) postos da região, apenas 09(nove) apresentaram o desvio entre a média das precipitações observada e estimada superior a 25%, sendo que 84% dos postos tiveram seus desvios abaixo de 20% (Fig. 9);
3. O desvio entre as médias observada e estimada não variou com o nível das precipitações (Fig. 9) e o modelo estimou de modo análogo as chuvas no intervalo de 586 mm a 1.223 mm;
4. O desvio entre as médias observada e estimada parece independente do coeficiente de variação interanual das precipitações (Fig. 10);
5. A análise residual do modelo (Fig. 11) indica que o princípio da normalidade dos dados não foi violado e que a análise pelo método dos mínimos quadrados não parece invalidada (Box et alii 1978);
6. A distribuição espacial dos desvios entre as precipitações observada e estimada não deixa aparecer nenhuma tendência local (mapa 9).

REGIÃO IV

1. A média dos desvios entre as precipitações observada e estimada nesta região foi de aproximadamente 11%, o que indica um bom ajuste do modelo;
2. Dos 69 postos que constituem esta região, 80% tiveram seus desvios entre as médias observada e estimada a baixo de 20% (Fig. 12);
3. No exame gráfico (Fig. 12), o desvio entre as médias observada e estimada não variou com o nível das precipitações anuais e o modelo estimou de modo análogo as chuvas no intervalo de 568 mm a 1.515 mm;
4. O desvio entre as médias observada e estimada parece independente do coeficiente de variação interanual das precipitações (Fig. 13);
5. O princípio de normalidade dos dados não foi violado (Fig. 14) e a análise pelo método dos mínimos quadrados não parece invalidada (Box et alii 1978);
6. A distribuição espacial dos desvios entre as precipitações observada e estimada não deixa aparecer nenhuma tendência local (mapa 10).



* INCLUÍDA A PRECIPITAÇÃO MÉDIA DA ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA DA REGIÃO.

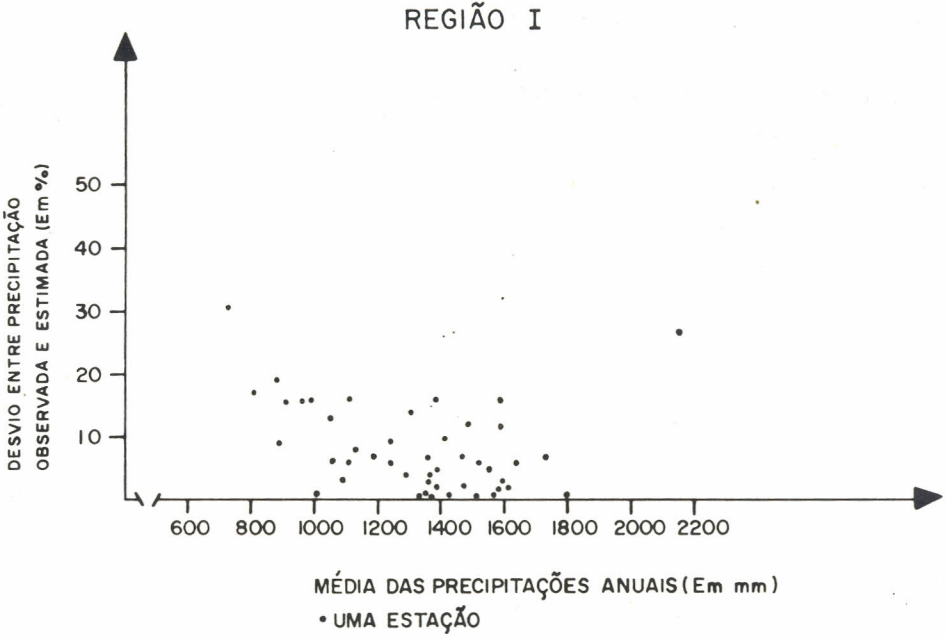


FIGURA 3 – RELAÇÃO ENTRE DESVIO DA ESTIMAÇÃO E A MÉDIA DAS PRECIPAÇÕES ANUAIS.

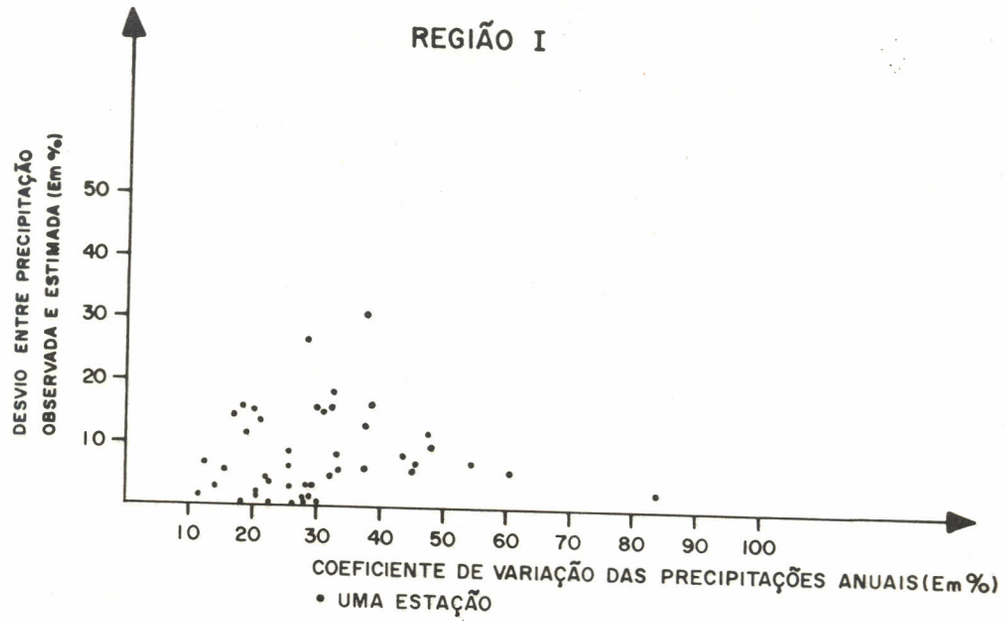


FIGURA 4 — RELAÇÃO ENTRE O DESVIO DA ESTIMAÇÃO E O COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS

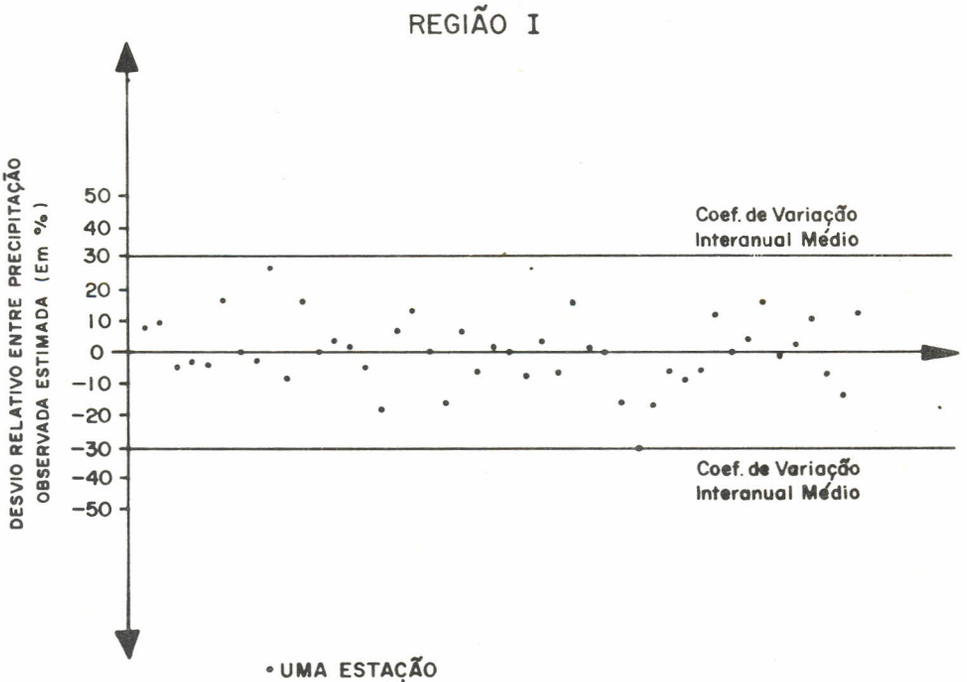
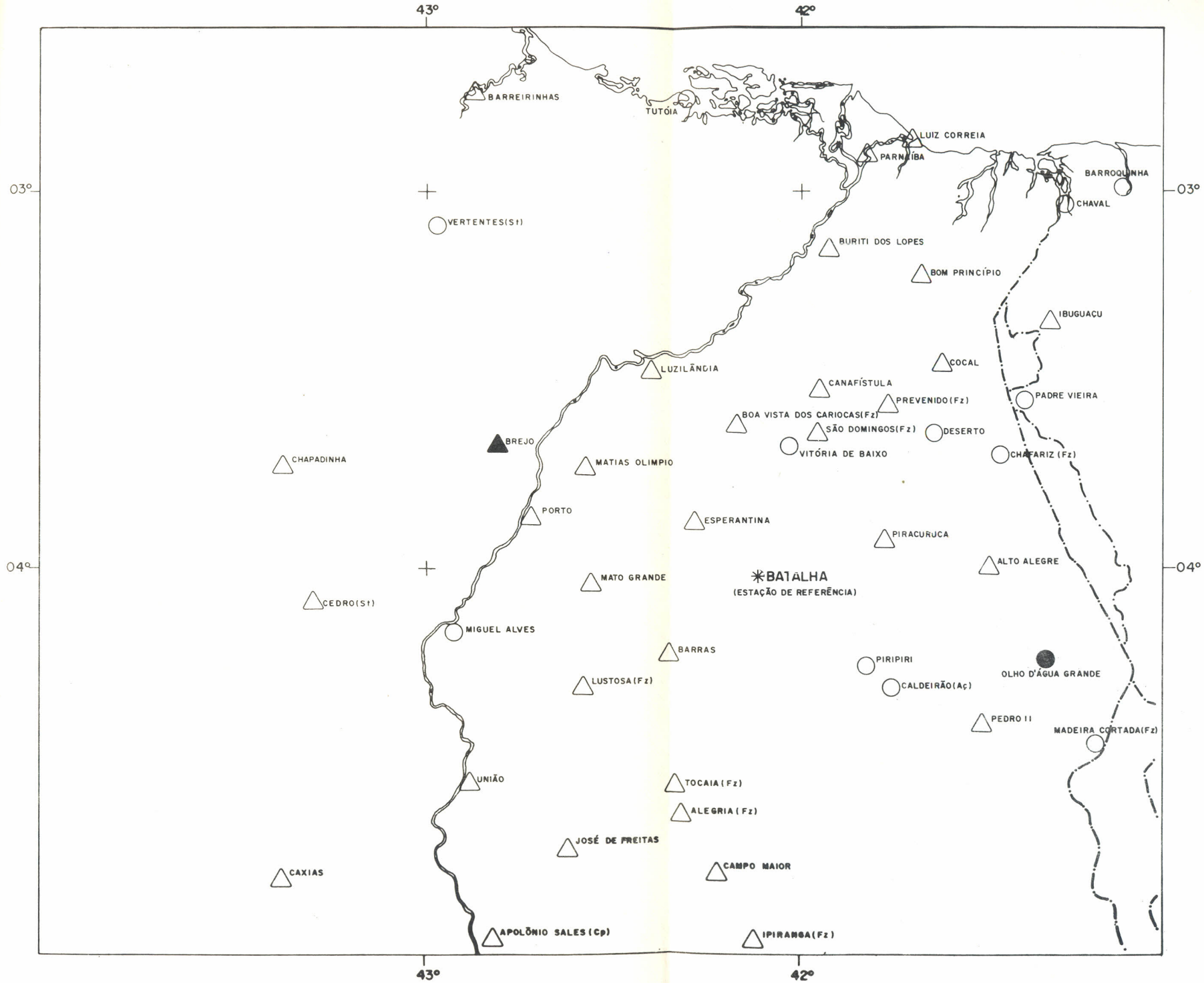


FIGURA 5 – VARIAÇÃO RESIDUAL DO MODELO

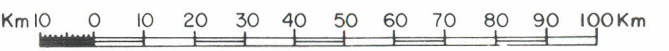

43º
42º
03º
04º
BARREIRINHAS
TUTÓIA
LUIZ CORREIA
PARNAÍBA
BARROQUINHA
CHAVAL
VERTENTES(St)
BURITI DOS LOPES
BOM PRINCÍPIO
IBUGUAÇU
COCAL
LUZILÂNDIA
CANAFÍSTULA
PREVENIDO(Fz)
PADRE VIEIRA
BOA VISTA DOS CARIOCAS(Fz)
SÃO DOMINGOS(Fz)
DESERTO
BREJO
VITÓRIA DE BAIXO
CHAFARIZ(Fz)
CHAPADINHA
MATIAS OLIMPIO
PORTO
ESPERANTINA
PIRACURUCA
ALTO ALEGRE
MATO GRANDE
BATALHA
(ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA)
CEDRO(St)
MIGUEL ALVES
BARRAS
PIRIPIRI
OLHO D'ÁGUA GRANDE
LUSTOSA(Fz)
CALDEIRÃO(Aç)
PEDRO II
MADEIRA CORTADA(Fz)
UNIÃO
TOCAIA(Fz)
ALEGRIA(Fz)
JOSÉ DE FREITAS
CAMPO MAIOR
CAXIAS
APOLÔNIO SALES(Cp)
IPIRANGA(Fz)

REGIÃO I

Distribuição Espacial dos Desvios entre a Precipitação Observada e Estimada

Região de Batalha

ESCALA



LEGENDA

Desvios Absolutos em %

0 a 10 — △

10 a 20 — ○

20 a 30 — ▲

> 30 — ●

MAPA - 7

Desenho: Carlos Ramos

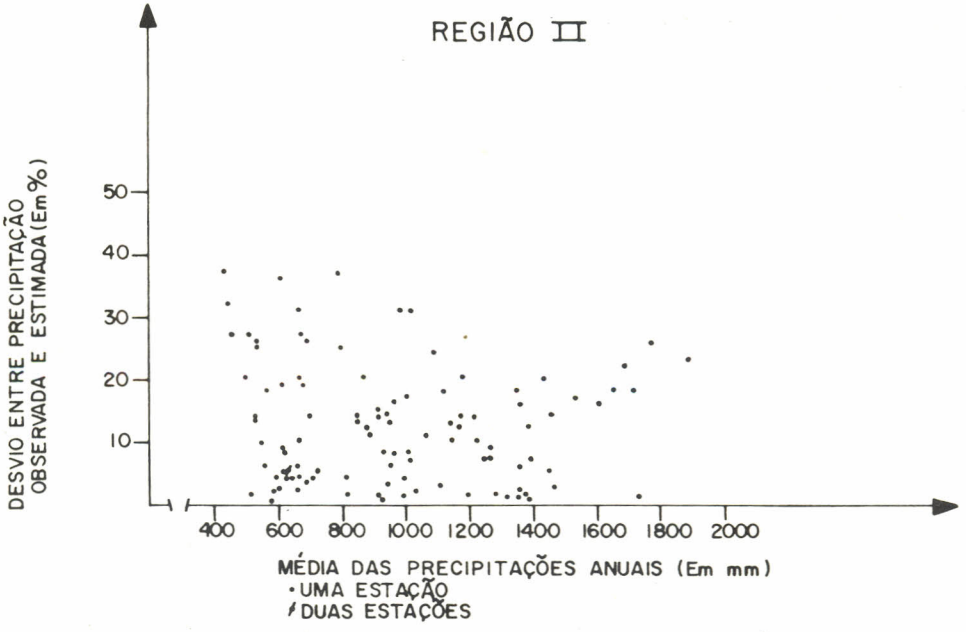


FIGURA 6 - RELAÇÃO ENTRE DESVIO DA ESTIMAÇÃO E A MÉDIA DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS

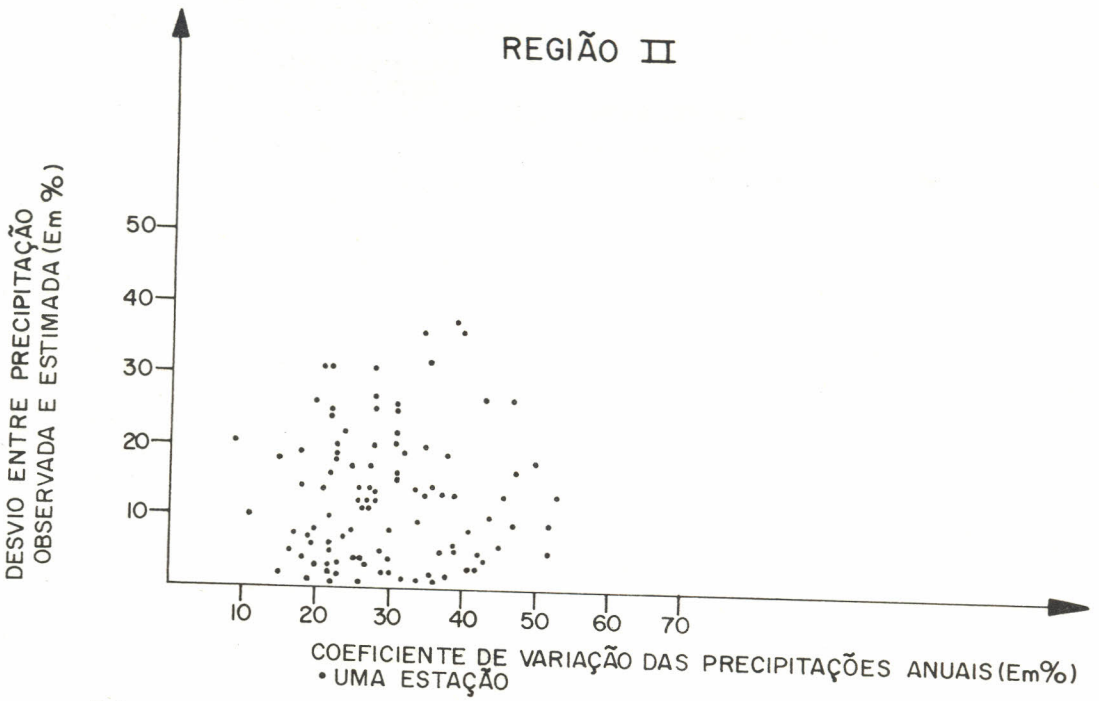


FIGURA 7 - RELAÇÃO ENTRE O DESVIO DA ESTIMAÇÃO E O COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS

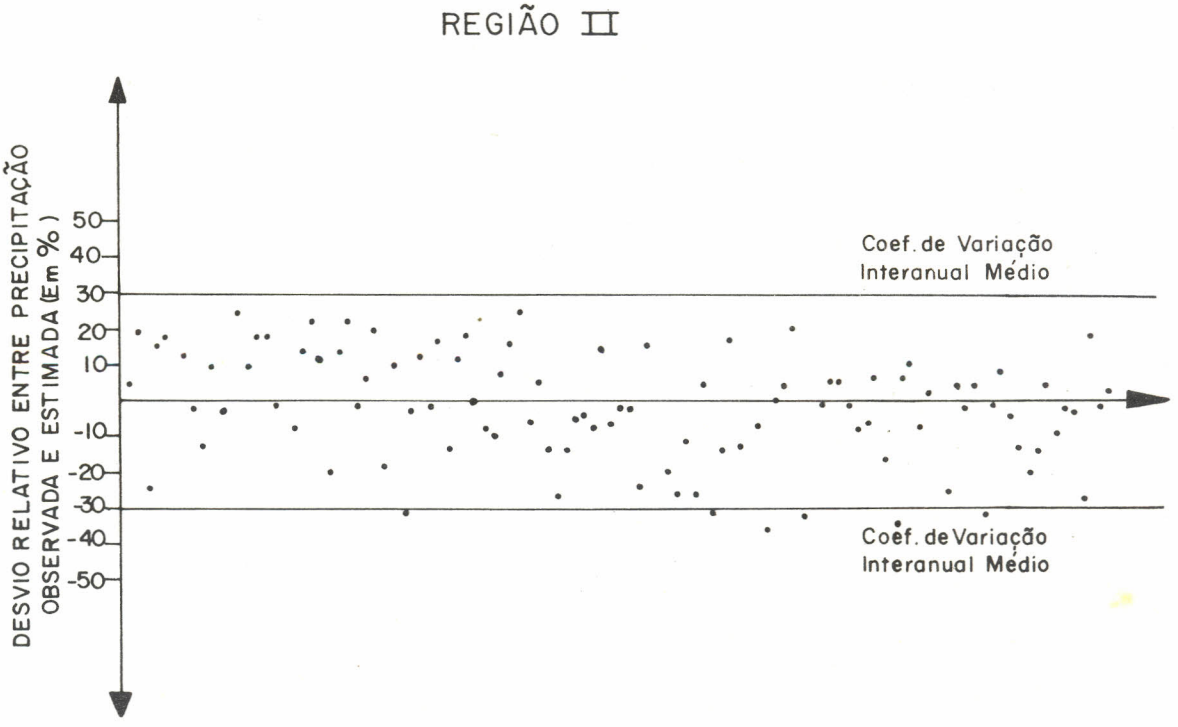
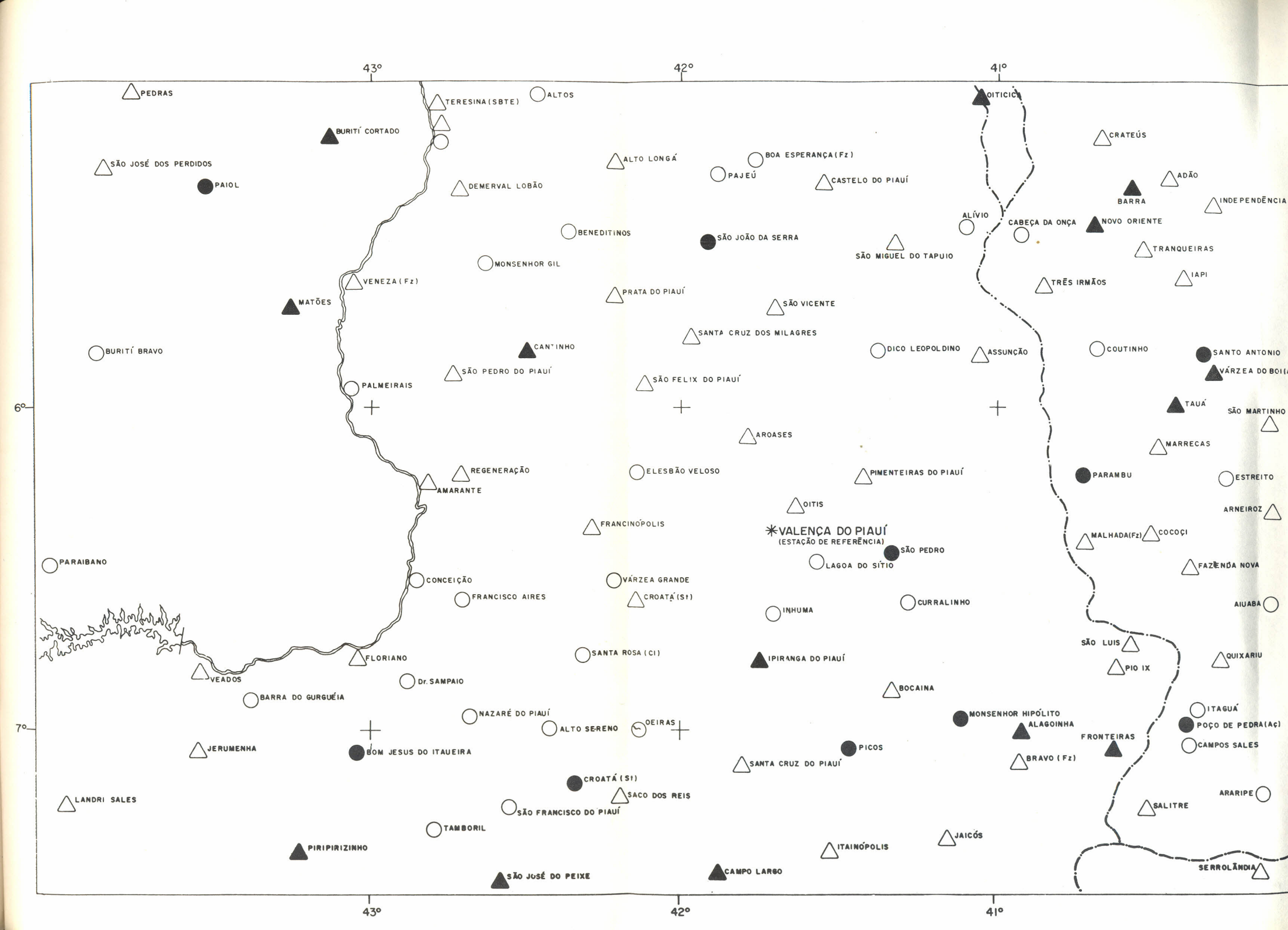


FIGURA 8 - VARIAÇÃO RESIDUAL DO MODELO

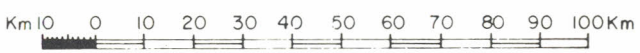

43º
42º
41º
6º
7º
PEDRAS
TERESINA (SBTE)
ALTOS
BURITÍ CORTADO
SÃO JOSÉ DOS PERDIDOS
PAIOL
DEMERVAL LOBÃO
ALTO LONGÁ
BOA ESPERANÇA (Fz)
PAJEÚ
CASTELO DO PIAUÍ
BENEDITINOS
SÃO JOÃO DA SERRA
MONSENHOR GIL
VENEZA (Fz)
MATÕES
PRATA DO PIAUÍ
SÃO VICENTE
SANTA CRUZ DOS MILAGRES
BURITÍ BRAVO
CANTINHO
SÃO PEDRO DO PIAUÍ
PALMEIRAIS
SÃO FELIX DO PIAUÍ
AROASES
REGENERAÇÃO
AMARANTE
ELESBÃO VELOSO
FRANCINÓPOLIS
PARAIBANO
CONCEIÇÃO
VÁRZEA GRANDE
FRANCISCO AIRES
CROATÁ (SI)
FLORIANO
SANTA ROSA (CI)
VEADOS
Dr. SAMPAIO
BARRA DO GURGUÉIA
NAZARÉ DO PIAUÍ
ALTO SERENO
OEIRAS
JERUMENHA
BOM JESUS DO ITAUEIRA
CROATÁ (SI)
SACO DOS REIS
LANDRI SALES
SÃO FRANCISCO DO PIAUÍ
TAMBORIL
PIRIPIRIZINHO
SÃO JOSÉ DO PEIXE
CAMPO LARGO
ITAINÓPOLIS
JAICÓS
SERROLÂNDIA
OITICICA
CRATEÚS
ADÃO
BARRA
INDEPENDÊNCIA
ALÍVIO
CABEÇA DA ONÇA
NOVO ORIENTE
SÃO MIGUEL DO TAPUIO
TRANQUEIRAS
TRÊS IRMÃOS
IAPI
DIOGO LEOPOLDINO
ASSUNÇÃO
COUTINHO
SANTO ANTONIO
VÁRZEA DO BOI
TAUÁ
SÃO MARTINHO
MARRECAS
PIMENTEIRAS DO PIAUÍ
PARAMBU
ESTREITO
OITIS
ARNEIROZ
VALENÇA DO PIAUÍ
(ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA)
SÃO PEDRO
MALHADA (Fz)
COCOÇI
LAGOA DO SÍTIO
FAZENDA NOVA
INHUMA
CURRALINHO
AIUABA
SÃO LUIS
QUIXARIU
IPIRANGA DO PIAUÍ
PIO IX
BOCAINA
ITAGUÁ
MONSENHOR HIPÓLITO
ALAGOINHA
POÇO DE PEDRA (Ac)
FRONTEIRAS
CAMPOS SALES
PICOS
SANTA CRUZ DO PIAUÍ
BRAVO (Fz)
ARARIPE
SALITRE

REGIÃO II

Distribuição Espacial dos Desvios entre a Precipitação Observada e Estimada

Região de Valença

ESCALA



LEGENDA

Desvios Absolutos em %

0	a	10	—	△
10	a	20	—	○
20	a	30	—	▲
	>	30	—	●

MAPA - 8

Desenho: Carlos Ramos

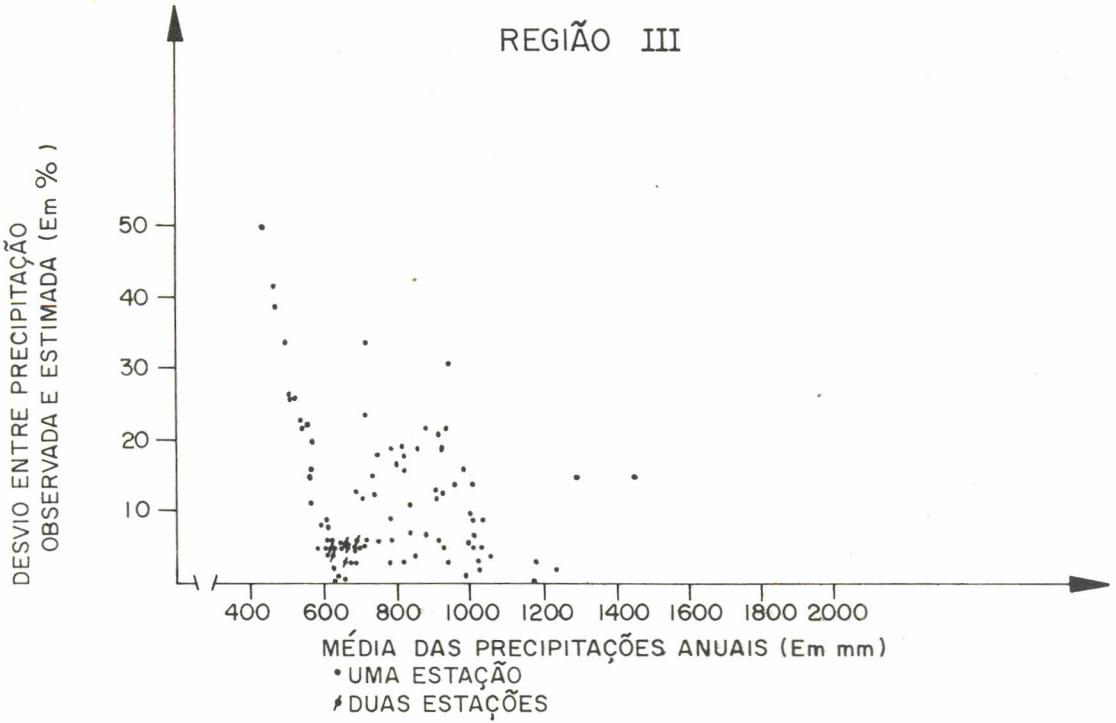


FIGURA 9 — RELAÇÃO ENTRE DESVIO DA ESTIMAÇÃO E A MÉDIA DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS

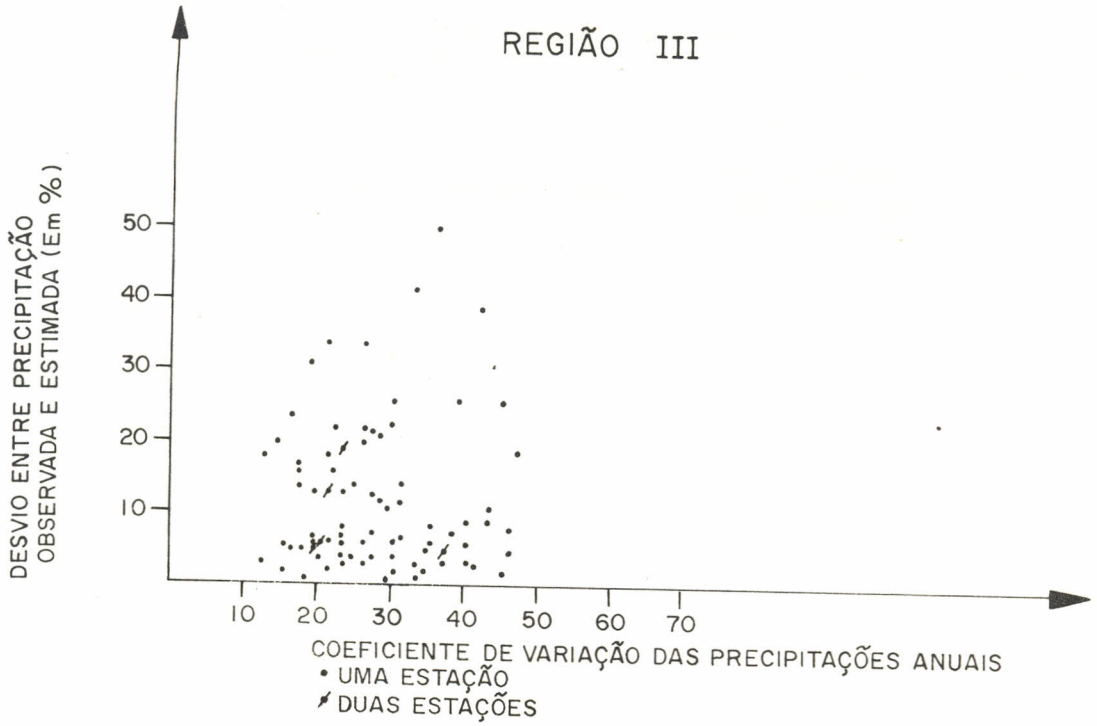


FIGURA 10 – RELAÇÃO ENTRE O DESVIO DA ESTIMAÇÃO E O COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS

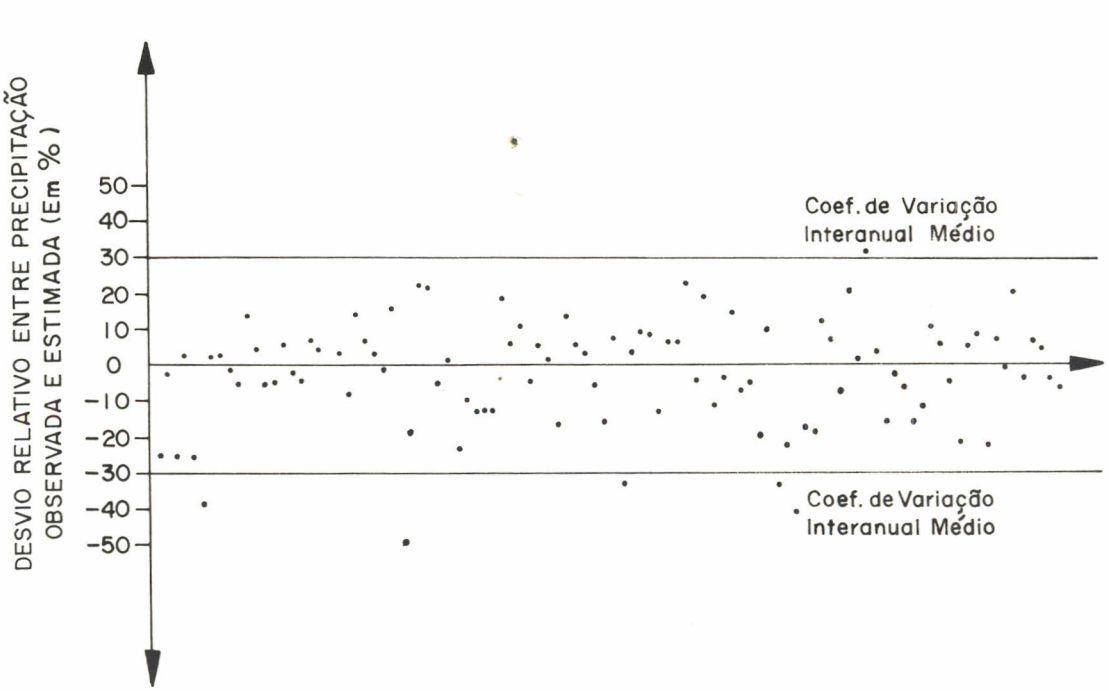
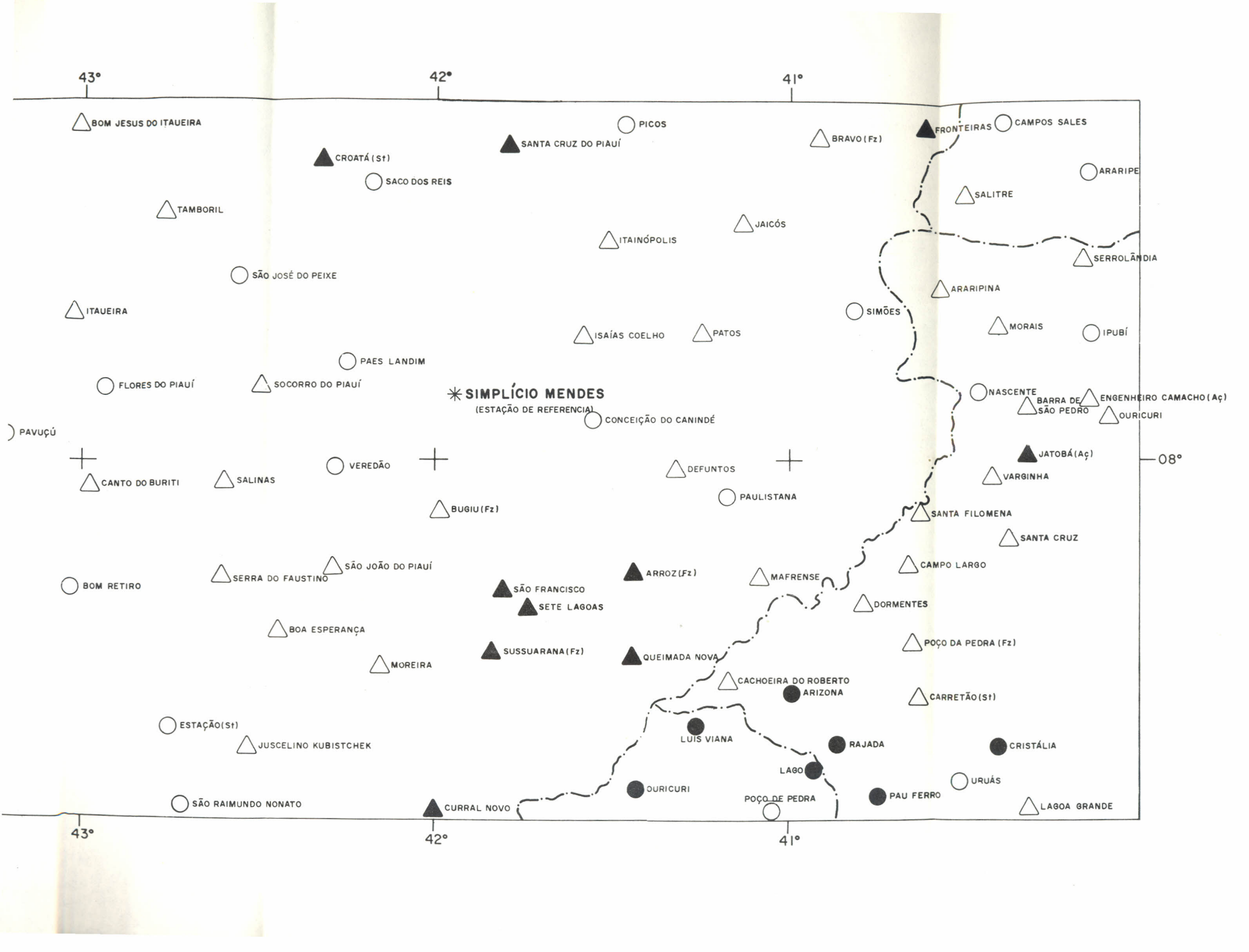


FIGURA 11 – VARIAÇÃO RESIDUAL DO MODELO

45°
44°
43°
08°
SÃO RAIMUNDO MANGABEIRAS
JERUMENHA
BOM JESUS DO ITAUEIRA
URUCUÍ
LANDRI SALES
TAMBORIL
BREJO COMPRIDO BOTO
CASCAVEL
SÃO JOSÉ
RIBEIRO GONÇALVES
SANGUE
ITAUEIRA
RIACHO DO MENDES
ALTO BONITO
FLORES DO PIAUÍ
SOCO
SERRA VERMELHA
PAVUÇÚ
FAUVEIRA
BARRA DO PRATA
PUÇÁ
CHUPEIRO
CÍCERO COELHO
ELISEU MARTINS
CANTO DO BURITI
SALINAS
PUÇÁ
TRANQUEIRAS
SERRA DO FAU
MALHADINHA
BOM RETIRO
TASSO FRAGOSO
CAMPO ALEGRE (Fz)
LAGOA GRANDE
MANGABEIRA
CONCEIÇÃO
ESTAÇÃO(St)
CACHOEIRA
CRISTINO CASTRO
JAPECANGA
SÃO RAIMUNDO NONAT

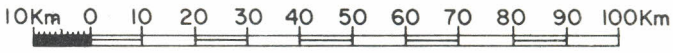

43°
42°
41°
08°
BOM JESUS DO ITAUEIRA
PICOS
SANTA CRUZ DO PIAUÍ
BRAVO (Fz)
FRONTEIRAS
CAMPOS SALES
CROATÁ (St)
SACO DOS REIS
ARARIPE
SALITRE
TAMBORIL
JAICÓS
ITAINÓPOLIS
SERROLÂNDIA
SÃO JOSÉ DO PEIXE
ARARIPINA
ITAUEIRA
SIMÕES
MORAIS
IPUBÍ
ISAÍAS COELHO
PATOS
PAES LANDIM
FLORES DO PIAUÍ
SOCORRO DO PIAUÍ
SIMPLÍCIO MENDES
(ESTAÇÃO DE REFERENCIA)
NASCENTE
BARRA DE SÃO PEDRO
ENGENHEIRO CAMACHO (Aç)
OURICURI
CONCEIÇÃO DO CANINDÉ
PAVUÇÚ
JATOBÁ (Aç)
VEREDÃO
DEFUNTOS
VARGINHA
CANTO DO BURITI
SALINAS
PAULISTANA
BUGIU (Fz)
SANTA FILOMENA
SANTA CRUZ
SÃO JOÃO DO PIAUÍ
ARROZ (Fz)
CAMPO LARGO
SERRA DO FAUSTINO
MAFRENSE
BOM RETIRO
SÃO FRANCISCO
SETE LAGOAS
DORMENTES
BOA ESPERANÇA
POÇO DA PEDRA (Fz)
SUSSUARANA (Fz)
QUEIMADA NOVA
MOREIRA
CACHOEIRA DO ROBERTO
ARIZONA
CARRETÃO (St)
ESTAÇÃO (St)
LUÍS VIANA
RAJADA
CRISTÁLIA
JUSCELINO KUBISTCHEK
LAGO
URUÁS
OURICURI
SÃO RAIMUNDO NONATO
CURRAL NOVO
POÇO DE PEDRA
PAU FERRO
LAGOA GRANDE

REGIÃO III

Distribuição Espacial dos Desvios entre a Precipitação Observada e Estimada

Região de Simplício Mendes

ESCALA



LEGENDA

Desvios Absolutos em %

0 a 10 — △

10 a 20 — ○

20 a 30 — ▲

> 30 — ●

MAPA - 9

Desenho:
FRANCISCO FONTINELLE

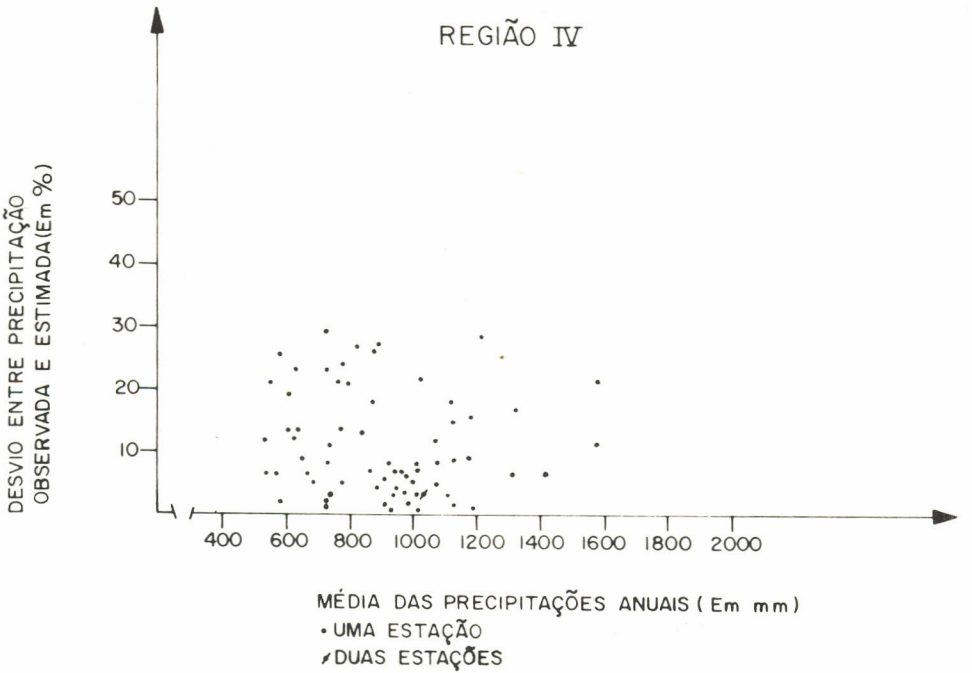


FIGURA 12 - RELAÇÃO ENTRE DESVIO DA ESTIMAÇÃO E A MÉDIA DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS

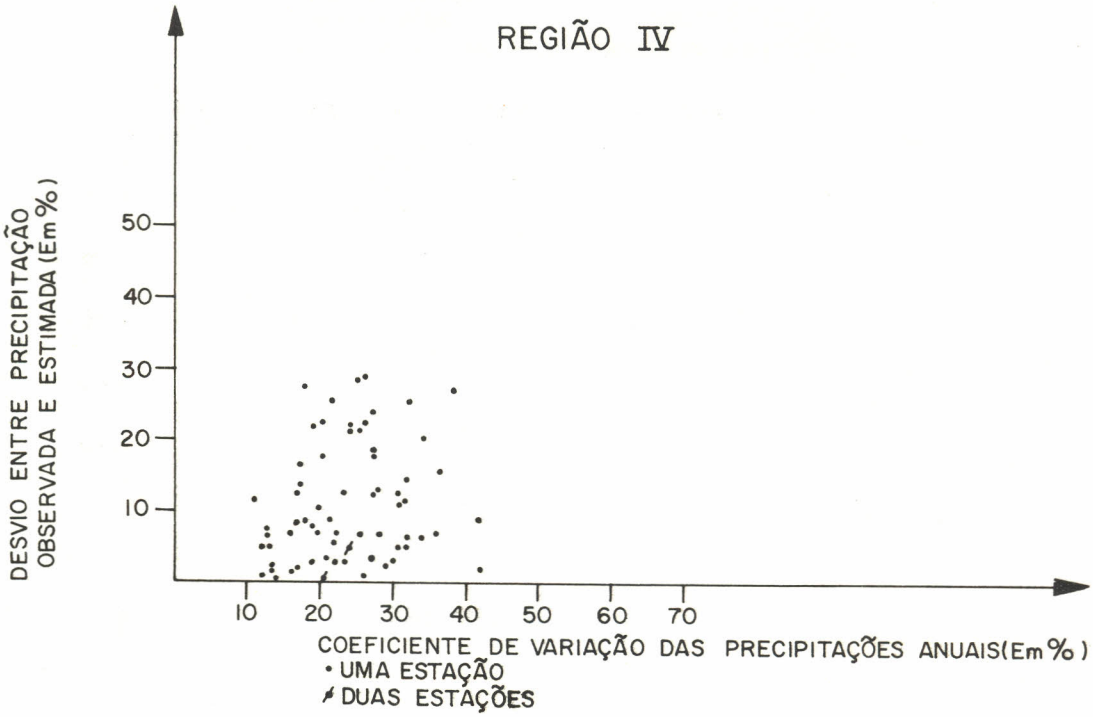
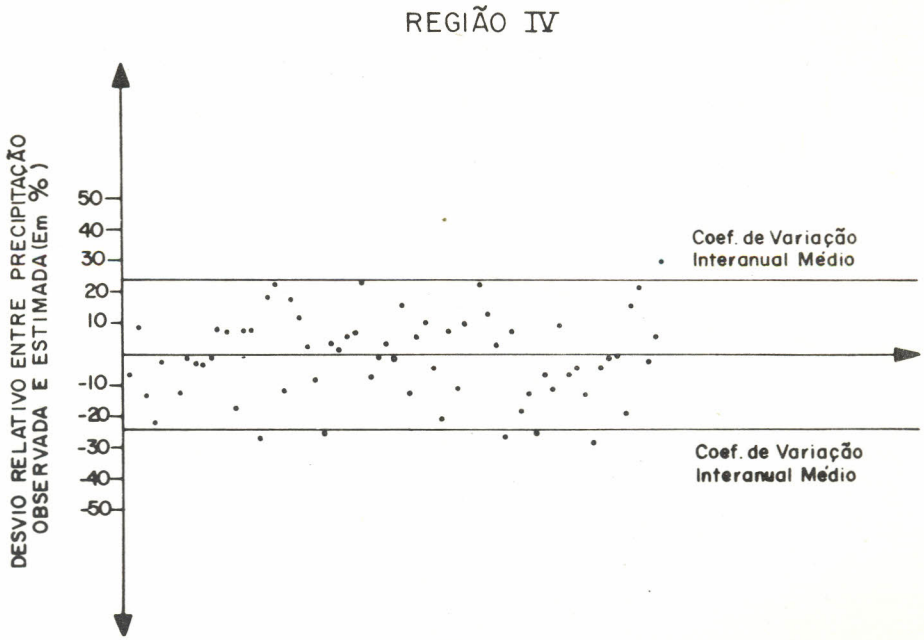
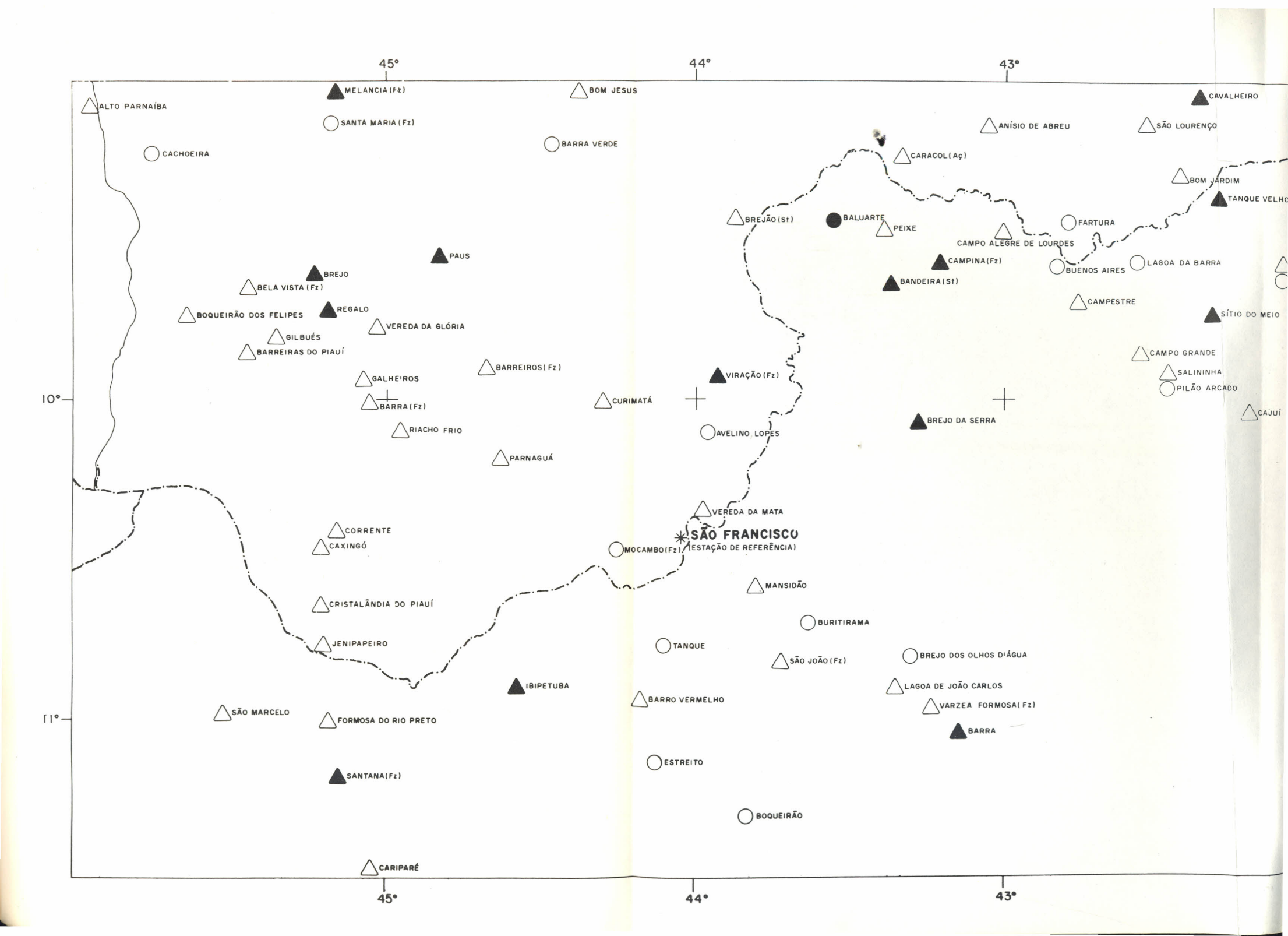


FIGURA 13 - RELAÇÃO ENTRE O DESVIO DA ESTIMAÇÃO E O COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS



•UMA ESTAÇÃO

FIGURA 14 - VARIAÇÃO RESIDUAL DO MODELO

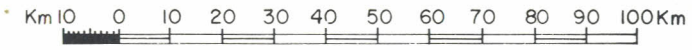

45°
44°
43°
10°
11°
MELANCIA (Fz)
BOM JESUS
CAVALHEIRO
ALTO PARNAÍBA
SANTA MARIA (Fz)
ANÍSIO DE ABREU
SÃO LOURENÇO
CACHOEIRA
BARRA VERDE
CARACOL (Aç)
BOM JARDIM
TANQUE VELHO
BREJÃO (St)
BALUARTE
PEIXE
FARTURA
CAMPO ALEGRE DE LOURDES
CAMPINA (Fz)
BUENOS AIRES
LAGOA DA BARRA
PAUS
BREJO
BELA VISTA (Fz)
BANDEIRA (St)
CAMPESTRE
BOQUEIRÃO DOS FELIPES
REGALO
VEREDA DA GLÓRIA
SÍTIO DO MEIO
GILBUÉS
BARREIRAS DO PIAUÍ
CAMPO GRANDE
SALININHA
PILÃO ARCADO
BARREIROS (Fz)
GALHEIROS
VIRAÇÃO (Fz)
BARRA (Fz)
CURIMATÁ
CAJUÍ
BREJO DA SERRA
RIACHO FRIO
AVELINO LOPES
PARNAGUÁ
VEREDA DA MATA
CORRENTE
SÃO FRANCISCO
(ESTAÇÃO DE REFERÊNCIA)
CAXINGÓ
MOCAMBO (Fz)
MANSIDÃO
CRISTALÂNDIA DO PIAUÍ
BURITIRAMA
JENIPAPEIRO
TANQUE
SÃO JOÃO (Fz)
BREJO DOS OLHOS D'ÁGUA
IBIPETUBA
LAGOA DE JOÃO CARLOS
BARRO VERMELHO
SÃO MARCELO
VARZEA FORMOSA (Fz)
FORMOSA DO RIO PRETO
BARRA
ESTREITO
SANTANA (Fz)
BOQUEIRÃO
CARIPARÉ

REGIÃO IV

Distribuição Espacial dos Desvios entre a Precipitação Observada e Estimada

Região de São Francisco

ESCALA



LEGENDA

Desvios Absolutos em %

0	a	10	—	△
10	a	20	—	○
20	a	30	—	▲
	>	30	—	●

MAPA-10

Desenho:

FRANCISCO FONTINELLE

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho indica que, mesmo para escalas da ordem de 1/1.000.000, a repartição espacial das precipitações anuais no Estado do Piauí não é aleatória. Os métodos desenvolvidos permitem a seleção dos parâmetros espaciais significativos para a identificação dos padrões de distribuição geográfica das chuvas, assim como o seu ajuste através de modelos estatísticos.

Alguém interessado em estimar o nível das precipitações anuais para qualquer ponto de cada uma das quatros (4) regiões estudadas poderá obter sua altura através dos mapas Hipsométricos do IBGE (1/1.000.000) ou da SUDENE (1/1.00.000) e seu ângulo com a estação de referência, através de uma leitura direta com a ajuda de um transferidor.

Em síntese, chamamos a atenção para o fato de que *se trata de uma primeira aproximação matemática do fenômeno*, através de equações do primeiro grau, fáceis de serem utilizadas. O prosseguimento deste trabalho de pesquisa deverá permitir a elaboração de modelos mais complexos (matematicamente) e mais ajustados, inclusive para os níveis mensais de precipitação. Todavia, os modelos obtidos podem permitir uma estimativa das precipitações locais mais satisfatória do que a realizável pela simples interpolação de isoietas.

6. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR LA CYBERNÉTIQUE ECONOMIQUE ET TECHNIQUE, Paris, França. Modélisation et maîtrise des systemes; techniques, économiques, sosiaux. Paris, Hommes et Téchniques, 1977. 2v.

BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G. & HUNTER, J. S. Statistics for experimenters; an introduction to design data analysis, and model building. New York, J. Wiley, 1978. 653p. il.

BRASIL. SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. Recursos naturais do Nordeste; investigação e potencial (Sumário das atividades). 3.ed. Recife, PE, 1979. 165p. il.

DRAPER, N. R. & SMITH, H. Applied regression analysis. New York, J. Wiley, 1966. 407p. il.

FUNDAÇÃO IBGE. Departamento de Cartografia, Rio de Janeiro, RJ. Brasil: carta internacional do mundo ao milionésimo. Rio de Janeiro, 1972. 1v. il.

MIRANDA, E. E. de & OLIVEIRA, C. A. V. Aplicação de modelos estatísticos para estimar a disponibilidade de água meteórica em localidades sem pluviômetro no trópico semi-árido. Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA, 1981.

MIRANDA, E. E. de. & OLIVEIRA, C. A. V. Um método simples para estimar as precipitações anuais em localidades sem pluviômetro do trópico semi-árido. Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA, 1981, 29p.

MIRANDA, E. E. de & OLIVEIRA, C. A.V.. Um modelo empírico-lógico para estimação da variabilidade espacial das precipitações anuais na região semi-árida do Nordeste. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2., Pelotas, RS, 1981. Anais. Pelotas, RS., Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1981. p.3-6.

NIMER, E. Pluviometria e recursos hídricos dos estados de Pernambuco e Paraíba. Rio de Janeiro, RJ, SUPREN, 1979. 117p. il. (BRASIL. SUPREN. Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, 3).

MIRANDA, E. E. de; OLIMPIO, J. A. & BARROS, R. J. S. Dados plúvio anuais do Estado do Piauí - métodos e resultados. Teresina, PI, CEPA-PI, 1981 (Série Zoneamento Agroecológico. Doc. 01).

S U M Ā R I O

1- RESUMO 5

2- OBJETIVOS E HIPÓTESES.....11

3- MÉTODOS.....16

3.1 - Análise dos Dados Disponíveis.....16

3.2 - Obtenção de Dados Complementares.....17

3.3 - Construção dos Modelos.....28

4 - RESULTADOS 30

4.1 - Modelos Obtidos.....30

4.2 - Teste dos Modelos.....32

5 - CONCLUSÃO.....63

6 - BIBLIOGRAFIA.....64

7 - SUMÁRIO.....67