



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
MINISTÉRIO DO INTERIOR  
SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE

ESTUDO ESTATÍSTICO DAS  
PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS NO  
ESTADO DE PERNAMBUCO

**RECIFE-1982**

CDU 556.12(813.4)

MINISTÉRIO DO INTERIOR  
SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS  
DIVISÃO DE HIDROMETEOROLOGIA

ESTUDO ESTATÍSTICO DAS PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS

NO ESTADO DE PERNAMBUCO

por

E. CADIER (Eng. hidrólogo do ORSTOM)  
G. COCHONNEAU (Eng. hidrólogo do ORSTOM)  
A. G. C. DA SILVA (Eng. hidrólogo da SUDENE)

Recife

1982

CADIER, E.

Estudo estatístico das precipitações diárias no Estado de Pernambuco, por E. Cadier, G. Cochonneau e A.G.C. da Silva. Recife, SUDENE-DRN, 1982.  
p. ilustr.

Bibliografia

1. Precipitação diária - Pernambuco.
2. Pluviometria - Pernambuco. I. Cochonneau, G.
- II. Silva, A. G. C. da. III. Brasil. SUDENE. ed.
- IV. Título.

CDU 556.12(813.4)

CDU 551.577.21(813.4)

SUDENE/DA/Reprografia

SUMÁRIO

	pág.
Resumo	3
1 - INTRODUÇÃO .....	3
2 - INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS E SELEÇÃO DOS POSTOS A ANALISAR .....	3
3 - PROCESSAMENTO REALIZADO .....	4
4 - RESULTADOS OBTIDOS .....	5
4.1 - <u>Precipitações de 24 horas de período de retorno de 1 ano</u> .....	5
4.1.1 - Grandes zonas identificadas .....	5
4.1.2 - Valores, precisão e significação dos resultados obtidos .....	6
4.1.3 - Tabela - Distribuição dos totais em 24 horas (período de retorno: 1 ano) .....	6
4.1.4 - Comentários .....	7
4.1.5 - Fig. - Mapa - Chuvas diárias (mm) com período de retorno de 1 ano .....	8
4.2 - <u>Precipitações em 24 horas de período de retorno superior a 1 ano</u> .....	9
4.2.1 - Tabela dos coeficientes C .....	9
4.2.2 - Fig. Precipitações em 24 horas em função do período de retorno .....	10
4.2.3 - Tabela - Distribuição dos totais em 24 horas (período de retorno: 10 anos) .....	11
5 - CONCLUSÕES .....	11
6 - ABSTRACT .....	12
7 - RESUME .....	13
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13

ESTUDO ESTATÍSTICO DAS PRECIPITAÇÕES  
DIÁRIAS NO ESTADO DE PERNAMBUCO\*

E. Cadier  
G. Cochonneau  
A.G.C. da Silva

RESUMO

Realizou-se análise estatística dos dados de 164 pluviômetros escolhidos entre os 297 existentes no Estado de Pernambuco, arquivados no Banco de Dados Hidrometeorológicos da SUDENE. Entre as três leis estatísticas testadas (PEARSON III, GOODRICH e GALTON), a lei de GOODRICH geralmente ajustou-se melhor às amostras das chuvas diárias. A repartição espacial dos postos analisados permitiu identificar quatro zonas distintas onde se pôde regionalizar os totais de chuva em 24 horas para várias freqüências. Verificou-se também, para um determinado período de retorno, que a relação entre a chuva diária correspondente e a chuva diária de freqüência anual varia pouco em cada uma destas regiões.

1 - INTRODUÇÃO

O estudo objetiva efetuar uma análise estatística das precipitações diárias do Estado de Pernambuco, mediante o processamento sistemático e exaustivo dos dados do arquivo de pluviometria diária do Banco de Dados Hidrometeorológicos da SUDENE.

2 - INFORMAÇÕES DISPONÍVEIS E SELEÇÃO DOS POSTOS A ANALISAR

O quadro seguinte apresenta a quantidade de anos completos disponíveis para os 297 postos pluviométricos do Estado de Pernambuco.

---

\* Trabalho realizado mediante convênio SUDENE/ORSTOM

Nº DE ANOS COMPLETOS	Nº DE POSTOS	Nº DE ANOS COMPLETOS	Nº DE POSTOS
30 até 62	55	Igual ou mais de 30	55
17 até 29	17	Igual ou mais de 17	72
11 até 16	124	Igual ou mais de 11	196
0 até 10	101	Total	297

Pode-se observar que quase a metade dos postos tem entre 11 e 16 anos completos, enquanto um pouco menos da quinta parte deles tem mais de 30 anos de observações.

Os postos analisados foram selecionados de acordo com os critérios seguintes:

- Eliminação de 90 postos que tinham menos de 11 anos completos, por possuírem uma série de comprimento insuficiente para permitir uma análise estatística confiável.
- Os 72 postos que tinham mais de 16 anos foram sistematicamente analisados.
- Dos 124 postos que tinham entre 11 e 16 anos, foram somente analisados 92, em função da qualidade dos seus dados e do número de interrupções existentes nas séries.

Em resumo, os dados de 164 dos 297 postos existentes no Estado de Pernambuco foram processados e analisados. Todos os 164 postos têm pelo menos 11 anos sem lacunas e 55 deles têm mais de 30 anos completos de observações.

### 3 - PROCESSAMENTO REALIZADO

Para cada posto, ajustaram-se, pelo método da máxima verossimilhança, três leis de distribuição estatística aos totais de chuva em 24 horas, como seguem:

- a lei de GOODRICH de função de repartição

$$F(x) = 1 - e^{-a(x-x_0)^{1/s}}$$

- a lei de FRECHET cuja função de repartição é:

$$F(x) = e^{-a(x-x_0)^{-k}}$$

- a lei de GALTON ou GAUSS-LOGARITMICA cuja função de repartição é:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad \text{com } u = a \text{ Log } (x-x_0) + b$$

O limite de truncamento escolhido para os ajustamentos foi de 20 mm, o que significa que todas as chuvas superiores a 20 mm foram utilizadas nos cálculos.

Em mais de 95% dos casos, a lei de GOODRICH foi a que proporcionou os melhores ajustamentos. A lei de GALTON e a de FRECHET só foram melhores em 3 e 4 postos, respectivamente, cada um com menos de 17 anos de observações.

Depois dos primeiros ajustamentos sistemáticos, efetuou-se uma crítica e uma revisão dos resultados obtidos. Por exemplo, a necessidade de uma conferência com os boletins originais permitiu corrigir alguns erros e eliminar valores absurdos.

Apesar das verificações realizadas, pode-se considerar que o conjunto de postos processados deve ainda conter um pequeno número de postos com deficiências, cujos valores errados, não devem influir muito sobre a determinação dos valores centrais da amostra como a mediana ou a média, mas devem acentuar artificialmente a dispersão dos resultados em cada zona.

#### 4 - RESULTADOS OBTIDOS

##### 4.1 - Precipitações de 24 horas de período de retorno de 1 ano

###### 4.1.1 - Grandes zonas identificadas

Na fig. 4.1.5, foram plotadas as chuvas de 24 horas, com período de retorno de 1 ano. Foram identificadas quatro zonas diferentes: A, B, C e D.

a) A zona A está situada na região costeira úmida e no início do agreste, aproximadamente até a isoietta de 1.000mm. Nesta zona, a precipitação

média diária de período de retorno anual é de 77 mm.

- b) A zona B tem extensão reduzida e está situada no agreste entre as isoietas de 1.000 e 800 mm. Aí, a precipitação média de período de retorno anual é de 64 mm.
- c) A zona C corresponde a uma zona de transição entre o agreste e o sertão. A sua extensão é maior no sul que no norte do Estado. Nesta zona, observam-se precipitações em 24 horas de período de retorno anual mais baixas, com uma média de somente 52 mm.
- d) Na zona D, mais para o oeste do Estado, apesar de ter uma pluviometria anual semelhante ou ligeiramente menor que a da zona C, as precipitações em 24 horas voltam a subir de modo nítido em uma área homogênea de grande extensão onde a média atinge 61 mm. No norte desta zona, verificam-se em algumas partes elevadas de pequena extensão, como a região de Triunfo ou da Chapada do Araripe, precipitações superiores à média da zona.

#### 4.1.2 - Valores, precisão e significação dos resultados obtidos

A tabela seguinte apresenta alguns valores notáveis ilustrando a distribuição dos totais em 24 horas de período de retorno de 1 ano calculado em cada zona.

Tabela 4.1.3

Distribuição dos totais em 24 horas (período de retorno: 1 ano)

ZONA	PRECIPITAÇÃO (mm)					$\sigma$ (mm)	$C_V = \frac{\sigma}{m}$
	PROBABILIDADE DE NÃO SER ULTRAPASSADA						
	5%	25%	50% (mediana)	75%	95%		
A	67	73	77	82	90	7	0,09
B	58	62	64	66	70	4	0,06
C	44	48	52	56	65	6	0,12
D	53	58	61	65	72	6	0,10

Do ponto de vista estatístico, as quatro zonas são significativamente diferentes. Com efeito, calculando-se o intervalo de confiança a 95% de probabili-



dade da média de cada zona com a fórmula clássica:

$$M_1 = m - \frac{2\sigma}{\sqrt{N}} \qquad M_2 = m + \frac{2\sigma}{\sqrt{N}}$$

$M_1$  e  $M_2$  sendo os limites do intervalo de confiança a 95%

$m$  a média calculada a partir da amostra de  $N$  postos com um desvio padrão  $\sigma$ ,

chega-se aos seguintes resultados:

- a) Zona A :  $M = 77 \pm 4$  mm, ou seja, a média real da zona A tem 95% de probabilidade de estar no intervalo 73 - 81 mm.
- b) Zona B :  $M = 64 \pm 3$  mm (intervalo a 95%: 61 - 67 mm).
- c) Zona C :  $M = 52 \pm 2$  mm (intervalo a 95%: 50 - 54 mm).
- d) Zona D :  $M = 61 \pm 1$  mm (intervalo a 95%: 60 - 62 mm).

Apesar de tudo, as variações entre as diversas zonas são relativamente pequenas, pois variam apenas entre 50 e 80 mm num Estado climaticamente muito diversificado, com 700 km de comprimento, onde os totais médios anuais vão de mais de 2.000 mm até menos de 400 mm.

#### 4.1.4 Comentários

Dentro de cada zona, as variações dos valores calculados em relação à média ou à mediana da zona podem ser explicadas da forma seguinte:

- a) Séries de comprimento insuficiente onde, por exemplo, alguns eventos chuvosos excepcionais podem ter um peso excessivo. Esse de fato torna-se ainda mais acentuado quando se trata de chuvas de período de retorno mais elevado.
- b) Dados deficientes em alguns postos (ver últimos parágrafos do item 3).
- c) Condições orográficas locais produzindo microclimas.

Apesar de todas estas causas de dispersão, pode-se afirmar que, dentro de cada uma das quatro zonas, as variações dos resultados são relativamente

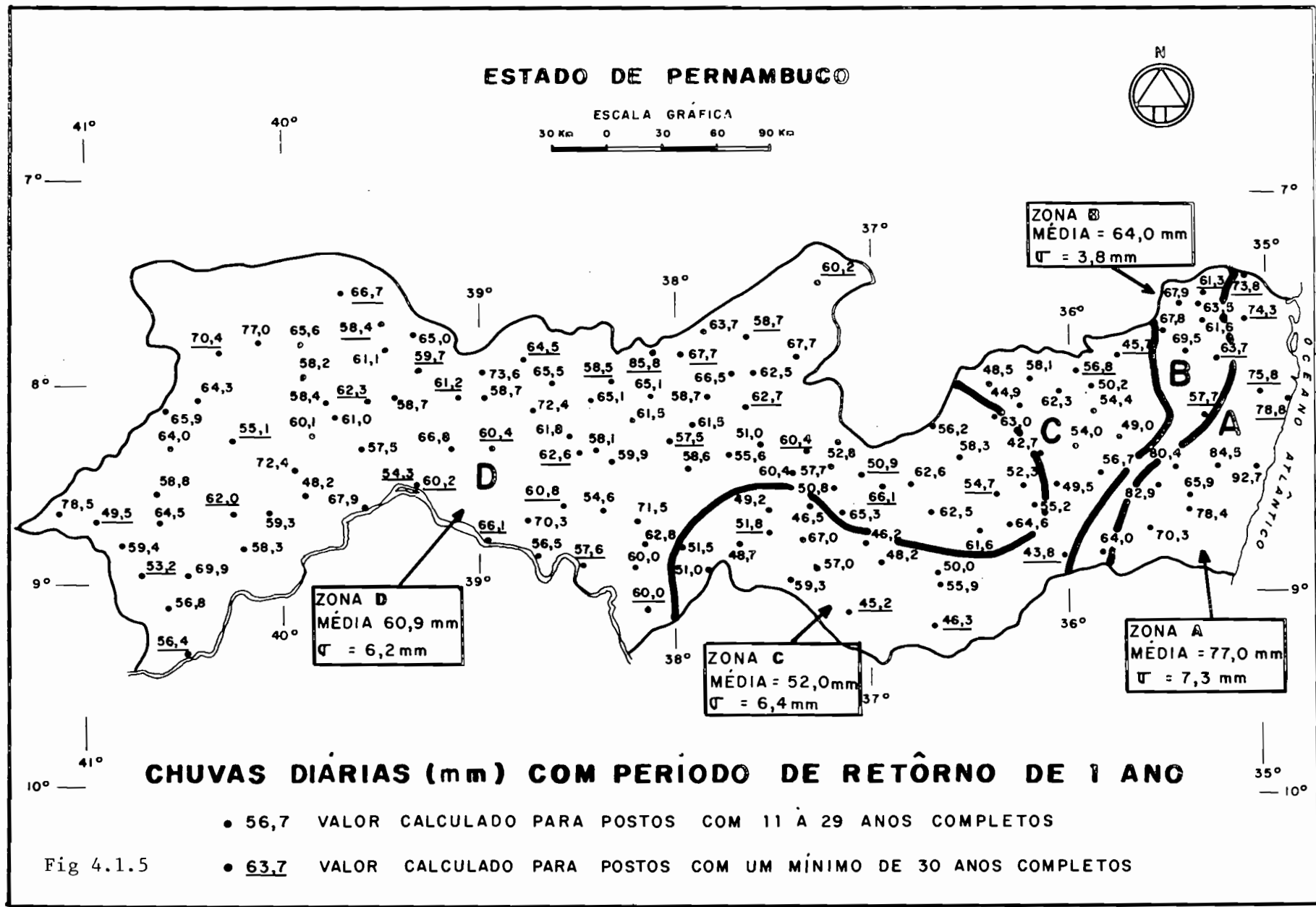


Fig 4.1.5

pequenas. Assim, a chuva média real em 24 horas em cada ponto tem uma probabilidade elevada de ficar incluída entre os valores interquartis da tabela 4.1.3 (probabilidades de 25% e 75%).

Dentro de cada zona, as precipitações em 24 horas não têm relação significativa com a altitude do posto ou com a sua precipitação total anual.

#### 4.2 - Precipitações em 24 horas de período de retorno superior

A tabela seguinte proporciona, para cada uma das zonas identificadas, o coeficiente C, que representa a relação entre a precipitação diária de várias frequências "chaves" e a chuva correspondente de período de retorno anual.

Tabela 4.2.1

Coeficientes C

CHUVA DIÁRIA DE RETORNO ANUAL (mm)	PERÍODO DE RETORNO ZONAS	2 anos	5 anos	10anos	20anos	50anos	100anos
77	A	1,20	1,48	1,67	1,90	2,20	2,35
64	B	1,21	1,51	1,75	2,00	2,30	2,50
52	C	1,23	1,55	1,85	2,15	2,50	2,80
61	D	1,22	1,52	1,76	1,99	2,34	2,60

Assim, por exemplo, para calcular a chuva diária de período de retorno de 50 anos na zona D, basta multiplicar a chuva de frequência anual (61 mm) pelo coeficiente C de 2,34 da tabela, obtendo-se um resultado de 142 mm.

Naturalmente, a dispersão dentro de cada zona cresce com o período de retorno, pois a influência do tamanho insuficiente das amostras torna-se cada vez mais sensível.

Determinou-se, por exemplo, para o período de retorno de dez anos, uma tabela semelhante à tabela 4.1.3 referente à chuva diária de período de retorno de 1 ano.

## ESTADO DE PERNAMBUCO

ALTURA DA CHUVA DIÁRIA EM FUNÇÃO DO  
PERÍODO DE RETÔRNO

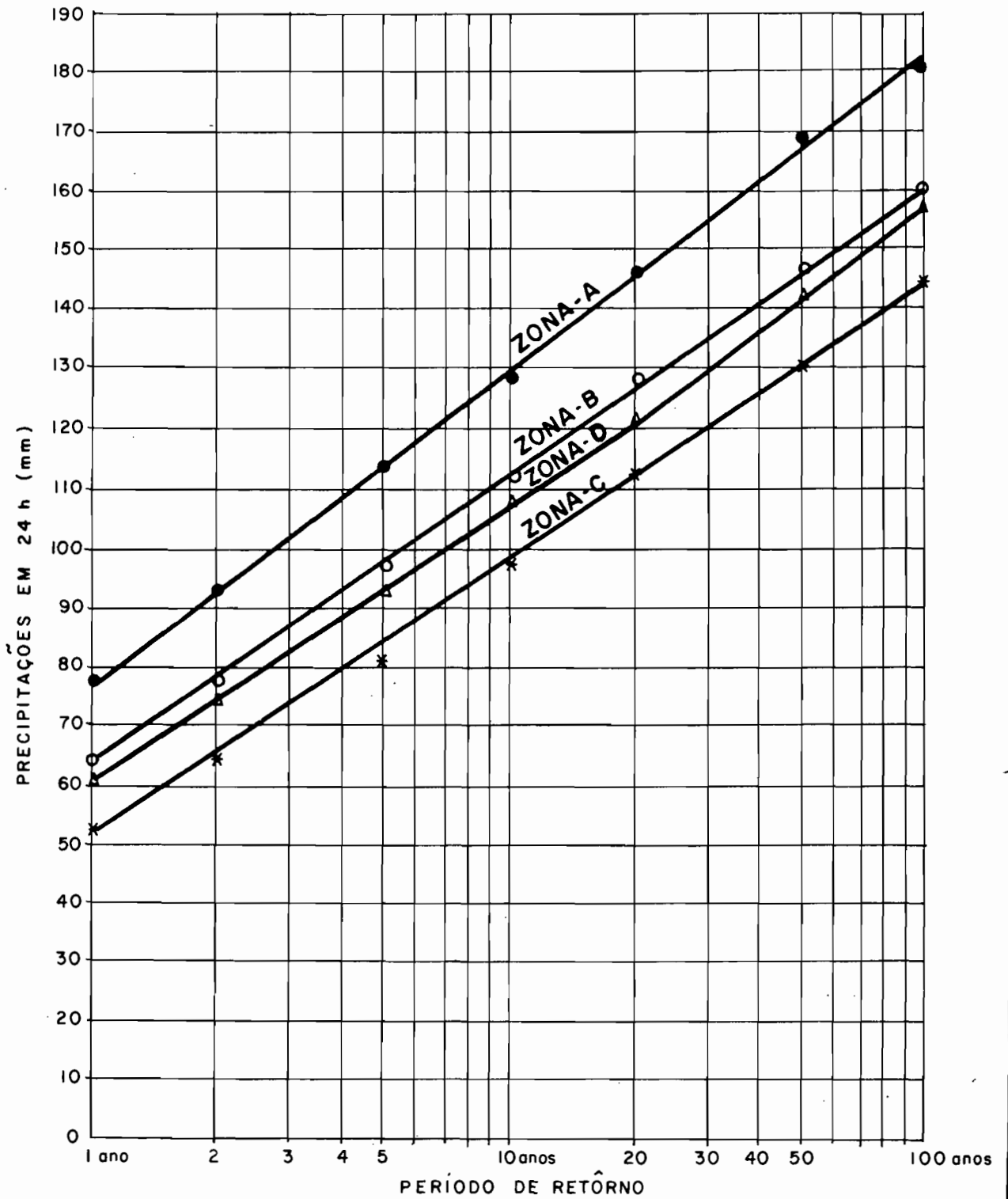


Fig. 4.2.2

Tabela 4.2.3

Distribuição dos totais em 24 horas (período de retorno: 10 anos)

ZONA	PRECIPITAÇÃO (mm)					$\sigma$ (mm)	$C_V = \frac{\sigma}{m}$
	PROBABILIDADE DE NÃO SE ULTRAPASSADA						
	5%	25%	50%	75%	95%		
A	108	118	124	134	155	15	0,12
B	99	106	112	118	127	9	0,08
C	80	88	96	107	125	14	0,14
D	89	99	106	113	130	13	0,12

Os coeficientes de variação  $C_V = \frac{\sigma}{m}$  são ligeiramente superiores aos dos valores correspondentes para 1 ano, ~~apresentados~~ anteriormente. Mas pode-se ainda fazer uma avaliação razoavelmente precisa dos valores da chuva diária de período de retorno de 10 anos em cada zona.

Verifica-se que as diferenças relativas entre zonas vão diminuindo quando cresce o período de retorno.

## 5 - CONCLUSÕES

Os resultados apresentados permitem avaliar em cada ponto do Estado de Pernambuco as precipitações em 24 horas de período de retorno superior ou igual a 1 ano.

Esses dados podem ser diretamente utilizados pelos engenheiros no cálculo de obras civis, como, por exemplo, drenagem, captação ou proteção contra as águas, e pelos hidrólogos no cálculo das cheias. Podem também constituir uma base para o cálculo das intensidades e da erosividade das chuvas e facilitar o seu mapeamento e extrapolação geográfica.

Geograficamente, identificaram-se quatro zonas bem diferenciadas:

- Na zona D, localizada no sertão, observa-se uma expressiva homogeneidade das chuvas; este fato torna-se ainda mais notável quando consideramos a grande extensão da zona.

- A zona C, que corresponde a uma parte do agreste, é caracterizada por totais em 24 horas, que são, de forma paradoxal, inferiores àqueles das duas zonas vizinhas, enquanto que a pluviometria anual (zona C) é geralmente superior à do sertão (zona D). Estudos em realização indicam que na mesma zona ocorre uma diminuição das intensidades das chuvas e uma perda do seu poder erosivo.
- A zona B pode ser considerada como uma estreita zona de transição entre as zonas A e C.
- Enfim, na zona A, situada no litoral, são observadas as precipitações em 24 horas mais elevadas, como era de se esperar.

A existência e os limites dessas diversas zonas parecem mais ligadas à natureza física das chuvas e, por consequência, às características das grandes massas de ar que as provocam.

Para entender melhor a origem, a importância e as características destas zonas, será necessário complementar este trabalho, fazendo o mesmo tipo de processamento para os demais Estados do Nordeste do Brasil.

#### 6 - ABSTRACT

A statistical survey was made of data collected from 164 rain gauges selected among the 297 existing rain gauges in the State of Pernambuco and stored in SUDENE's Hydroclimatologic Data Base. Among the three statistical laws which tested (PEARSON III, GOODRICH and GALTON) the GOODRICH law generally fits best into the daily rain sample. The spatial distribution of the stations analyzed led to the identification of four separate zones whereupon one can regionalize the total occurrence in 24 hours for different rain frequencies. It was also observed that the relation between the daily rains of a given return period and that of the annual frequency scarcely varies within each of the regions.

## 7 - RESUME

Etude Statistique des Precipitations Journalières dans l'Etat du  
Pernambuco

Il a été effectué une analyse statistique des données de 164 pluviomètres choisis parmi les 297 recensés dans l'Etat du Pernambuco. Parmi les trois lois testées (PEARSON III, GOODRICH et GALTON) c'est celle de GOODRICH qui procure les meilleurs ajustements aux valeurs des pluies journalières. La répartition spatiale des postes analysés a permis de délimiter quatre zones distinctes dans chacune desquelles il a été possible de régionaliser les totaux de pluie en 24 heures correspondant à diverses fréquences. On a constaté également que, si l'on considère une période de retour donnée, le rapport entre la pluie journalière correspondante et celle de période de retour de 1 an varie peu à l'intérieur de chacune des quatre zones.

## 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BRUNET-MORET, Y. Étude de quelques lois statistiques utilisées en hydrologie. Cahiers O.R.S.T.O.M. : série hydrologie, Paris, 6(3): 3-99, 1969.
- 2 - GUSMÃO, Aydil et alii. Manual de utilização dos arquivos do Banco de Dados Hidroclimatológicos do Nordeste brasileiro fora do sistema operacional : o sistema DHM. Recife, SUDENE-DRN, 1980. 47 f. il. Bibliografia. "Convênio SUDENE/ORSTOM".
- 3 - PFAFSTETTER, Otto. Chuvas intensas no Brasil; relação entre precipitação duração e frequência de chuvas em 98 postos com pluviôgrafos. |Rio de Janeiro|, Ministério Viação Obras Públicas-Depto.Nac.Obras e Saneamento, 1957.119 p. il.
- 4 - TOURASSE, Patrick; ARAÚJO, Cássia; COCHONNEAU, Gerard. Pluviometria diária; manual do usuário. Recife, SUDENE-DRN, |1979| 62 p. il. "Convênio SUDENE/ORSTOM".