

REGIONALIZAÇÃO DE VAZÃO MÁXIMA DO RIO GRANDE DO SUL E DE  
SANTA CATARINA

Carlos E. Jarrin Crespo (\*)

Porto Alegre, março de 1982.

(\*) Engenheiro Civil (U.C.Ecuador)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

REGIONALIZAÇÃO DE VAZÃO MÁXIMA DO  
RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA

TRABALHO APRESENTADO COM PARTE DOS REQUISITOS PARA  
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

M E S T R E E M E N G E N H A R I A C I V I L

**Autor:** Carlos Eduardo Jarrin Crespo

**Orientador:** Prof. Carlos Eduardo Morelli Tucci

**EXAMINADORES**

- Prof. Carlos Eduardo Morelli Tucci
- Prof. Mário Ortiga Simões Lopes
- Prof. Antonio Eduardo Leão Lanna
- Prof. Benedito Pinto Ferreira Braga Jr.

Data do exame: 15/03/82

Aprovação: \_\_\_\_\_  
Presidente da Banca

À minha esposa e filha

## A G R A D E C I M E N T O S

Meu agradecimento às várias pessoas e instituições que prestaram um precioso auxílio neste estudo.

Ao Professor Carlos Eduardo M.Tucci, Dr., pela ótima orientação dada.

À Professora Neusa da Cruz, M.Sc., pela colaboração dispensada na parte inicial do estudo.

Aos professores e funcionários do IPH pelo apoio dado.

Ao INECEL, pela bolsa de estudos concedida.

Ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas, na pessoa do seu Coordenador de Pós-Graduação, Professor Antonio E.L. Lanna, Dr., pela oportunidade de realizar o curso e tornar possível este estudo.

Ao DNAEE, pela colaboração na obtenção de dados, em especial ao Engenheiro Roberto M. Coimbra e ao Engenheiro Hypólito de Oliveira.

À CEEE, ao 8º Distrito de Meteorologia, à SUDESUL e à Secretaria de Obras Públicas do Estado do Rio Grande do Sul, pela cessão dos dados indispensáveis ao estudo.

À FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos, pelo financiamento concedido ao estudo.

## A B S T R A C T

Determination of design streamflow with a given risk of exceedance is a procedure which requires a long data record. Often there are not enough historical streamflow data, and the period is insufficient.

In this study the regionalization of maximum flow for the State of Rio Grande do Sul and part of the State of Santa Catarina is presented. The method used is based on the statistical analysis of the annual maximum flow series, and ends with the division of the region under study into homogeneous hydrological sub-regions.

In this study regional frequency curves and regional prediction equations for forecasting annual mean flood, were obtained considering basin characteristics, from which streamflow values are estimated for sites where data is lacking or uncontrolled.

Applicability of the method was evaluated as compared to other methods, in some basins in the region, and presented good estimated results.

## R E S U M O

A determinação de vazão de projeto com um determinado risco é um procedimento que requer período longo de dados. Os problemas frequentes são a inexistência de dados históricos de vazão ou a insuficiência do período disponível.

Neste estudo é apresentada a regionalização de vazão máxima para o Estado do Rio Grande do Sul e para parte do Estado de Santa Catarina. A metodologia utilizada baseia-se na análise estatística das séries anuais de vazão máxima e conduz, ao final, à divisão da região estudada em sub-regiões hidrológicas homogêneas.

Na regionalização foram obtidas curvas regionais de frequência e equações regionais de predição da cheia média anual em função das características das bacias, a partir das quais são estimados valores de vazão máxima para locais com falhas de dados ou sem Posto fluviométrico.

A metodologia empregada foi avaliada através da sua aplicação conjunta com outros métodos em algumas bacias da região, tendo sido obtidos bons resultados nas estimativas.

# Í N D I C E

	<u>pág.</u>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	
1.1 - Generalidades .....	1
1.2 - Objetivos .....	2
1.3 - Sumário .....	3
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	
2.1 - Introdução .....	5
2.2 - Fórmulas empíricas .....	6
2.3 - Métodos de regionalização de variáveis e parâmetros hidrológicos .....	9
<b>3. METODOLOGIA</b>	
3.1 - Introdução .....	17
3.2 - Análise regional de frequência da vazão máxima usando séries sem preenchimento de falhas .....	19
3.2.1 - Seleção de postos fluviométricos .....	19
3.2.2 - Processamento de dados, análise e obtenção das curvas de frequência individuais .....	22
3.2.3 - Análise e obtenção da curva regional de frequência .....	24
3.3 - Análise regional de frequência da vazão máxima usando séries preenchidas .....	26
3.3.1 - Preenchimento de falhas .....	26
3.3.2 - Processamento, análise e obtenção da curva regional da frequência .....	28
3.4 - Estimativa da cheia média anual QBAR, a partir das características da bacia .....	29

	<u>pág.</u>
3.4.1 - Estimativa das características fisiográficas da bacia .....	29
3.4.2 - Estimativa da característica hidrológica da bacia .....	30
3.4.3 - Equação de predição .....	33
3.4.4 - Análise e obtenção da equação regional de predição .....	34
3.4.5 - Determinação da vazão média de cheia a partir de séries parciais .....	35
3.5 - Avaliação da metodologia de regionalização .....	37
3.5.1 - Aplicação das curvas e equações regionais e análise da precisão dos resultados .....	37
3.5.2 - Aplicação de métodos tradicionais para estimar a vazão máxima .....	39
<b>4. RESULTADOS</b>	
4.1 - Área de aplicação .....	40
4.2 - Dados disponíveis e seleção de postos fluviométricos .....	41
4.3 - Análise regional de frequência da vazão máxima usando séries sem preenchimento de falhas .....	43
4.3.1 - Dados utilizados e curvas de frequência obtidas .....	43
4.3.2 - Análise e obtenção da curva regional de frequência e determinação das regiões hidrológicas homogêneas .....	44
4.4 - Análise regional de frequência da vazão máxima usando séries preenchidas .....	47
4.4.1 - Dados utilizados e curvas de frequência obtidas .....	47

	<u>pág.</u>
4.4.2 - Curva regional de frequência .....	47
4.5 - Estimativa da cheia média anual a partir das características da bacia .....	48
4.5.1 - Características da bacia e dados utiliza- dos .....	48
4.5.2 - Análise das regressões múltiplas e obten- ção das equações de predição .....	49
4.5.3 - Análise e obtenção das equações regionais de predição .....	51
4.6 - Avaliação da metodologia de regionalização .....	54
4.6.1 - Aplicação das curvas e equações regionais e análise da predição dos resultados .....	54
4.6.2 - Aplicação dos métodos tradicionais .....	60
4.6.3 - Comparação e análise de resultados .....	71
4.7 - Discussão final .....	74
<b>5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	
5.1 - Conclusões .....	77
5.2 - Recomendações .....	79
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....	82

**TABELAS**

**FIGURAS**

**ANEXOS**

## TABELAS

1. Postos fluviométricos selecionados para o estudo regional da vazão máxima.
2. Registro de dados de vazão máxima e estimativa de QBAR do posto fluviométrico rio Lavatudo em Fazenda Mineira.
3. Valores de precipitação diária máxima anual da estação São Joaquim e cálculo da variável reduzida de Gumbel.
4. Valores das curvas individuais de frequência.
5. Postos utilizados na análise regional de frequência e dados da curva regional de frequência.
6. Postos da região hidrológica homogênea número 1, e dados da curva regional de frequência.
7. Postos da região hidrológica homogênea número 2, e dados da curva regional de frequência.
8. Postos da região hidrológica homogênea número 3, e dados da curva regional de frequência.
9. Postos da região hidrológica homogênea número 4, e dados da curva regional de frequência.
10. Resultados dos valores do índice de vazão máxima e o correspondente valor da variável reduzida, para estender as curvas regionais de frequência.
11. Postos fluviométricos e período de dados utilizado na análise de frequência usando séries preenchidas.
12. Correlações feitas para preencher falhas de dados.
13. Valores tipo das curvas individuais de frequência e da curva regional obtida com séries preenchidas para a região homogênea número 1.
14. Tabela das estações pluviométricas para estimar, no período 1945-1947, o valor da precipitação média anual.
15. Valor da precipitação média anual estimada para o período 1945-1947, para as estações pluviométricas utilizadas no estudo.

16. Características fisiográficas e hidrológicas das bacias para análise da regressão múltipla.
17. Resultados da regressão múltipla escolhida para obter a equação de predição da região completa.
18. Análise das regressões múltiplas para a região completa.
19. Análise das regressões múltiplas para a região número 1.
20. Análise das regressões múltiplas para a região número 2.
21. Análise das regressões múltiplas para a região número 3.
22. Análise das regressões múltiplas para a região número 4.
23. Comparação dos resultados obtidos com aplicação dos métodos tradicionais e do método regional.

## FIGURAS

1. Mapa da bacia do Estado do Rio Grande do Sul, mostrando os postos fluviométricos e bacias de drenagem utilizados no estudo regional.
2. Curva esquemática da relação nível-descarga.
3. Curva individual de frequência do posto do rio Lavatudo em Fazenda Mineira.
4. Curva regional de frequência para a região completa.
5. Curvas regionais de frequência correspondentes às regiões divididas segundo o critério de divisão geográfica e valor residual.
6. Curvas regionais de frequência correspondentes às regiões divididas sob o critério da divisão por relevo.
7. Curvas regionais para as bacias de tamanhos diversos: 1) bacias  $> 5000 \text{ km}^2$ ; 2) bacias entre  $1000$  e  $5000 \text{ km}^2$ ; 3) bacias  $< 1000 \text{ km}^2$ .
8. Curva regional de frequência para a região hidrológica homogênea número 1: 30 postos com 722 anos.
9. Curva regional de frequência para a região hidrológica homogênea número 2: 16 postos com 213 anos.
10. Curva regional de frequência para a região hidrológica homogênea número 3: 16 postos com 203 anos.
11. Curva regional de frequência para a região hidrológica homogênea número 4: 11 postos com 241 anos.
12. Curvas regionais de frequência obtidas para as regiões hidrológicas homogêneas dentro da região estudada referida na Figura 13.
13. Comparação das curvas de frequência para a região número 1

usando séries com preenchimento de falhas e períodos comuns de dados.

14. Mapa de isoietas de precipitação média anual para o período 1945-1974 sobre a região dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.
15. Curva correlacionando os valores de  $\log Q_{BAR}$  observados e estimados para a região completa pela equação  $Q_{BAR} = 0.386 A^{0.9} S^{185^{0.4}} FRQD^{0.108}$ ,  $R^2 = 95\%$  e  $f_{see} = 1.35$
16. Hidrogramas unitários triangulares e hidrogramas de cheia máxima para  $T = 50$  anos, do rio Lavatudo em Fazenda Mineira.
17. Hidrogramas unitários triangulares e hidrograma de cheia máxima para  $T = 500$  anos, do rio Lavatudo em Fazenda Mineira.
18. Mapa da distribuição das regiões hidrológicas homogêneas na região dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.
19. Ajuste à lei de Gumbel da série de precipitação máxima diária anual da estação São Joaquim.

## ANEXOS

1. Ajuste à distribuição de Gumbel.
2. Regressão Linear Simples.
3. a) Regressão Linear Múltipla;  
b) Testes de acuracidade de regressão múltipla.
4. a) Método do Soil Conservation Service (SCS) USA;  
b) Método Racional.
5. Diagrama de disponibilidade de dados de vazão máxima.
6. Programas de Computador utilizados.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Generalidades

A determinação da vazão de projeto se enquadra dentro dos estudos básicos para projetos de obras hidráulicas tais como vertedouros de barragens, canais, diques de proteção contra inundações, bueiros, galerias de água pluvial e pontes. Devido à dificuldade comum da falta de um período longo de dados e informação hidrológica suficiente, a estimativa do valor da vazão máxima dos cursos de água é um dos problemas básicos da Hidrologia. Tradicionalmente o estudo de cheias é tratado de forma específica para cada rio ou curso de água quando se dispõe de dados.

A aplicação da metodologia de regionalização, sendo um estudo estatístico, tem a vantagem de extrair informações dos dados hidrológicos existentes, permitindo uma melhor estimativa da vazão de projeto. A regionalização tem sido, utilizada principalmente para suprir a falta de dados de certas seções fluviais por informações históricas regionais.

Yevjevich (1978), define a análise regional de dados hidrológicos como "A análise voltada a métodos de determinação da melhor estimativa de parâmetros Hidrológicos de vazões específicas ou variáveis, de coeficientes e outras estatísticas, a qual descreve os processos estocásticos no tempo e ao longo de uma linha, sobre uma área e através do espaço, em qualquer ponto desejado usando os dados disponíveis na região".

Os primeiros métodos regionais basearam-se em

equações empíricas que invariavelmente não consideraram o risco de superação da vazão envolvida. Como os estudos de cheia ou o dimensionamento de uma obra hidráulica envolve sempre uma avaliação econômica para estudo de alternativa e viabilidade dos projetos, a determinação do risco de superação envolvido também é importante.

No âmbito dos métodos que regionalizam vazão e risco, existem aqueles que estabelecem regressão entre parâmetros de uma distribuição teórica e características físicas e meteorológicas das bacias. Outros estabelecem a regressão destas características com a vazão média de cheia e, em conjunto com curvas de probabilidade regionais, permitem estabelecer a vazão com um determinado risco para uma bacia. A condição básica para utilização destes métodos é a de que existam dados históricos com período suficientemente representativo das bacias da região que poderão ter suas vazões estimadas. Este tipo de metodologia permite uma estimativa de vazão a um custo baixo principalmente para obras pequenas. Para estudos de grande porte permite uma estimativa de anteprojeto não liberando o engenheiro de futuras verificações a partir da coleta de dados.

## 1.2 Objetivos

O objetivo do presente estudo foi o de regionalizar as vazões de projeto para o Estado do Rio Grande do Sul e parte do Estado de Santa Catarina, utilizando uma metodologia baseada em NERC (1975). Os resultados obtidos foram analisados e comparados aos métodos tradicionalmente utilizados

para estimativas da vazão máxima.

A obtenção de curvas e equações regionais conhecendo sua precisão e campo de variação, permitem realizar a estimativa da vazão máxima com um determinado risco e a vazão máxima anual média em qualquer ponto da região.

### 1.3 Sumário

A metodologia utilizada pode ser dividida em duas partes: a) determinação da curva adimensional do índice de vazão máxima ( $QT/QBAR$ ) versus frequência para a região, onde  $QBAR$  é a vazão média de cheia, definida como a média das descargas máximas anuais, e  $QT$  é a vazão com risco T; b) estabelecimento da regressão entre a vazão média de cheia e os parâmetros que caracterizam a geomorfologia e a meteorologia das bacias. Portanto, a partir das características físicas e meteorológicas é possível determinar a vazão de projeto.

O procedimento seguido neste estudo de regionalização baseia-se nas séries anuais de vazão máxima para os diferentes postos fluviométricos selecionados. Obtidas essas séries anuais de vazão máxima para os diferentes postos e calculado o índice de vazão máxima  $QT/QBAR$  ajustam-se as séries anuais a uma lei teórica probabilística definindo curvas de frequência para os diferentes postos. A partir destas busca-se, finalmente, uma curva geral que se ajuste bem a todas as outras, denominando-se-a curva regional de frequência.

Para dividir a região estudada em sub-regiões hidrológicas homogêneas, foram utilizados alguns critérios como a divisão geográfica, relevo e magnitude dos valores re

siduais, resultado das diferenças entre estimativas feitas utilizando a curva regional e a curva individual de frequência para cada posto fluviométrico.

Para as regiões hidrológicamente homogêneas de terminadas são estabelecidas as respectivas curvas de frequência.

Para analisar o efeito da desigualdade do período de disponibilidade de dados foram estabelecidas as curvas regionais de frequência para séries não-homogêneas e para séries homogêneas obtidas a partir do preenchimento de falhas por correlação.

Características fisiográficas foram determinadas para cada bacia hidrográfica mediante a utilização de mapas e plantas geográficas. Essas características são área de drenagem, declividade média e densidade de drenagem.

Como característica hidroclimática foi utilizada a precipitação média anual. Nesse sentido foi realizado um estudo regional de precipitação anual média (no período) do qual resultou um mapa de isoietas de precipitação média anual.

Com base na variabilidade da estimativa foram definidas regiões hidrológicas homogêneas, objetivando obter as equações regionais específicas para cada sub-região e, assim, diminuir o erro padrão da estimativa.

Finalmente a avaliação da metodologia de regionalização foi efetivada a partir da análise da precisão dos resultados obtidos com a metodologia empregada neste estudo, comparativamente com métodos tradicionalmente usados na estimativa de vazões máximas para seções de cursos de água.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Introdução

Antes do estudo do hidrograma de cheia e da síntese dos diversos fatores que combinados produzem a onda de cheia, devido a falta de séries anuais longas, o hidrólogo tentava dar soluções para a estimativa e predição de uma cheia recorrendo a fórmulas empíricas que geralmente resultam de poucas observações.

Com o desenvolvimento do conhecimento dos princípios hidrológicos da formação de cheias (separação de escoamento no hidrograma de cheia, teoria do hidrograma unitário, teoria de infiltração e propagação de ondas de cheia) passaram a ser formulados e apresentados novos métodos e novas formas de análise para esse fim.

Foram desenvolvidos métodos tais como os hidrometeorológicos, que analisam os fatores e limites máximos que produzem e influenciam as cheias, determinando, assim, um limite físico do valor da vazão máxima provável de um curso de água.

As técnicas e métodos estatísticos são análises de probabilidade de ocorrência de picos de cheia, que ajustam a série a uma determinada distribuição teórica.

Estas análises estatísticas são realizadas visando sempre bacias hidrográficas individuais, para as quais as séries são geralmente curtas e por isso mesmo apenas uma das situações acontecidas no passado, naquela seção.

Na análise regional, que é também uma análise

estatística, necessita-se de séries longas de dados para todos os postos considerados. Apesar disso o uso dos dados de toda a região permitem incorporar mais informações aos postos isolados.

Os métodos de regionalização para a determinação da vazão máxima podem ser classificados em Métodos de fórmulas empíricas e de regionalização de variáveis e/ou parâmetros.

## 2.2 Fórmulas Empíricas

Os métodos empíricos se inserem dentro da idéia da regionalização, mas devido ao caráter universal com o qual essas equações tem sido utilizadas, procurou-se revisá-las dentro do contexto de avaliação individual da bacia.

Os primeiros métodos visavam estabelecer fórmulas geralmente sem um maior conhecimento do período de dados, pois são baseados em poucas observações de pequenas bacias hidrográficas.

A dedução dessas fórmulas empíricas é feita com base nas observações realizadas sobre a variação da vazão máxima em função das características da bacia, determinando-se uma regressão entre valores observados de vazão máxima e as características, obtendo-se assim as fórmulas para a região estudada.

Na utilização dessas fórmulas deve-se ter cuidado pois as regiões hidrológicas apresentam variações temporais de umidade, cobertura vegetal, declividade, etc. Mesmo dentro da própria bacia tem-se tais variações, o que torna di

fácil uma apreciação correta das características físicas que intervêm nas fórmulas empíricas e leva a resultados duvidosos.

Além disso os períodos nem sempre são homogêneos e muitas vezes não existe referência ao risco envolvido.

O tipo de fórmula empírica mais comum é o que relaciona a vazão máxima com a área da bacia:

$$Q = c A^n$$

onde:

Q: é a vazão máxima procurada; c: o coeficiente próprio da região; A: área da bacia; n: constante que varia de 0.3 até 1.0.

Benson (1967) apresenta a seguinte classificação das fórmulas empíricas:

a) Fórmulas gerais que só consideram o tamanho da bacia e um fator ou coeficiente da região:

$$\text{Creadger: } Q = 1.3 K' (A/2,59)^{0.936} A^{-0,048}$$

$$\text{Fanning: } Q = \frac{a}{b + \sqrt{A}}$$

$$\text{Scimemi: } Q = A (1 + (600/A+10)); A < 1000 \text{ km}^2$$

onde:

Q: é a vazão procurada; A; área da bacia; K': coeficiente da bacia; a,b: coeficientes da região.

b) Fórmulas que levam em conta a precipitação:

$$\text{Iszkowski: } Q = kmhA/1000$$

$$\text{Pettis: } Q = kh' (A/L)^{1.25}$$

onde:

Q: é a vazão procurada; h: precipitação média anual; h': precipitação do dia com período de retorno de 100 anos; A: área da bacia; m: coeficiente que depende do tamanho da bacia; L: comprimento do curso de água; k: característica da bacia.

Dentre as fórmulas que utilizam a precipitação, pode-se salientar o método racional, cuja expressão é a seguinte:

$$Q = c i A$$

onde:

Q: é a vazão de projeto procurada; c: coeficiente próprio da bacia; i: intensidade de chuva em mm/h; A: área da bacia em km<sup>2</sup>.

Linsley (1975), comenta que a fórmula racional proporciona a explicação física mais clara quando comparada com todas as demais fórmulas empíricas, embora ressalte que a não inclusão de muitos dos fenômenos que ocorrem no processo de escoamento exige muita cautela na sua utilização.

c) Fórmulas que consideram a frequência de ocorrência das cheias:

$$\text{Fuller: } Q = \bar{Q} (1 + C \log T)$$

$$\text{Horton: } Q = \frac{kT^b}{A}$$

onde:

Q: é a vazão procurada; T: período de retorno;  $\bar{Q}$ : vazão média anual; C, b, k: coeficientes próprios da região; A: área da bacia.

### 2.3 Métodos de regionalização de variáveis e parâmetros hidrológicos

Os métodos de regionalização de variáveis hidrológicas vem sendo utilizadas há longo tempo, de forma explícita ou implícita, particularmente para a transferência de informação hidrológica, extensão das séries de dados e planejamento dos recursos hídricos.

A regionalização da vazão máxima é útil para determinar a vazão para um local sem dados e melhorar a estimativa para tempos de retorno grandes em locais com dados.

A análise regional da vazão máxima pode ser dividida em duas análises, a da curva de frequência regional e a dos parâmetros das curvas teóricas.

#### Curva de frequência regional

Basicamente realiza-se tratamento estatístico das séries anuais de vazão máxima para cada posto fluviométrico.

Utilizando o ajuste das séries a uma lei probabilística obtém-se a curva de frequência individual.

O tratamento das curvas de frequência individual é realizado de forma a obter curvas adimensionais e poder resumí-las em uma curva média.

A curva média obtida é a curva de frequência regional que representa a probabilidade de ocorrência das cheias para cada um dos postos analisados na região.

A curva de frequência regional deve corresponder a uma região hidrológica homogênea para ter uma boa aderência

dos pontos à curva e assim diminuir o erro da estimativa.

As sub-regiões hidrológicas homogêneas dentro da região estudada podem ser determinadas a partir da análise da inclinação de cada curva individual de frequência. Agrupando as curvas individuais de inclinação semelhante e considerando a posição da bacia na região (Cruff, 1965), obtêm-se as sub-regiões hidrológicas.

A sub-divisão de regiões hidrológicas homogêneas permite diminuir o erro da estimativa, pois se têm curvas individuais de frequência de igual inclinação e pontos de melhor aderência à curva regional.

A não consideração de bacias menores por falta de dados, entre as bacias agrupadas dentro da análise regional, conduz a estimativas com muito erro quando aplicadas a bacias de menor área de drenagem.

#### Parâmetros das curvas teóricas

Na análise regional da vazão máxima é muito utilizada a relação entre as vazões máxima e média de cheia. A vazão média de cheia ou cheia média anual, correlacionada com valores das características fisiográficas e hidroclimáticas da bacia, proporciona equações próprias para cada bacia.

Os valores da cheia média anual e das características da bacia são, respectivamente, as variáveis dependentes das equações obtidas.

Para definir o modelo de correlação entre estas variáveis realiza-se um estudo de regressão múltipla no qual se obtém a chamada equação de predição da cheia média

anual.

A utilização das características da bacia no modelo explica-se por ser o valor da cheia média anual afetado pelos diversos fatores físicos, topográficos e climáticos da bacia (Benson, 1967).

As características fisiográficas geralmente utilizadas devem ser de fácil obtenção e de ação constante em toda a região, para seu aproveitamento na regressão.

As características hidrometeorológicas estima-das para a região em estudo representam a influência hidroló-gica na formação de cheias, expressa pela equação de predi-ção.

Os métodos e metodologias de regionalização de variáveis hidrológicas que são divididos em duas partes prin-cipais, análise da curva de frequência e obtenção das equa-ções de predição, relacionam as características das bacias com a vazão. Elas seguem o procedimento de um dos métodos mais utilizados na análise regional da vazão máxima, que é o méto-do Index-flood, cuja proposta feita por Dalrymple (1960), compreende basicamente as duas partes importantes dentro da re-gionalização:

- 1) Obtenção de curvas de frequência básicas adimensionais utilizando a relação  $Q/\bar{Q}$ , que é o índice de vazão para cada bacia ou região em estudo.
- 2) Relações desenvolvidas entre as características fisiográ-ficas das bacias e a cheia média anual; são relações obtidas baseadas nas regressões múltiplas realizadas, visando sempre obter as equações regionais de predição da cheia média anual.

O método Index-flood foi utilizado em vários estudos, tais como a análise de cheias médias nos Estados Unidos, na Nova Escócia e em diversas áreas do Canadá (Cruff, 1965).

Em novas aplicações deste método realizaram-se modificações tais como a utilização de períodos diversos de dados, sendo que no método Index-flood se utiliza um período comum para todos os postos analisados.

As modificações realizadas no método não são muito importantes já que dirigem sua forma de aplicação para tentativas de aumentar o número das características fisiográficas relacionadas com a cheia média anual, para a obtenção de regressões mais precisas e equações mais confiáveis.

Igualmente são feitas modificações no método inicial com relação ao cálculo da probabilidade de ocorrência e aos fatores de frequência, aumentando-se as séries de dados e utilizando-se períodos completos de cada posto.

Esta modificação anterior é realizada pelo USGS (1967), sendo também utilizada de forma semelhante por NERC (1975).

Na metodologia empregada por NERC (1975), na análise das curvas de frequência, utilizam-se os períodos completos de dados de cada posto fluviométrico, sem período comum para todos os postos, conseguindo séries anuais mais longas e, conseqüentemente, curvas de frequência individuais e regionais com capacidade para estimar cheias com períodos de retorno mais altos.

A distribuição de Gumbel é adotada e o cálculo

da variável reduzida de Gumbel é realizado com base na frequência de não ocorrência de determinado valor de cheia. A curva regional de frequência é adimensional.

As relações utilizadas para obter as equações de predição da cheia média anual levam em conta características fisiográficas e hidroclimáticas como precipitação, tipo de solo, etc.

Com as análises regionais da curva de frequência e das equações de predição divide-se a região em estudo em sub-regiões hidrológicas homogêneas.

Davis e Collier (1963), realizaram uma análise de frequência de cheias aplicando a técnica do método Index-flood para a bacia hidrográfica de South Saskatchewan, baseados na premissa de que os cursos de água apresentam um alto coeficiente de correlação com as áreas de drenagem nas mesmas regiões hidrológicas.

Sua principal intenção foi delinear regiões que apresentam semelhanças na variação de vazão embora a vazão média possa variar substancialmente entre as regiões delimitadas.

Collier e Nix (1967) realizaram, identicamente, a análise de frequência para a região de New Brunswick-Gaspe, encontrando dificuldades na determinação de fatores regionais pois em algumas zonas se produzem cheias devido a combinações de massas de ar com chuva que se movimentam sobre as montanhas ou a formação de cheias pela ação de neve; concluíram que esses fenômenos não se distinguem facilmente com uma análise simples de frequência de cheias.

Kuzin (1965), utilizou técnicas de regionalização hidrológica na Rússia, visando equações de predição de vazão. O autor teve como referência as aplicações realizadas por Dalrymple (1960) para a estimativa da vazão onde a influência topográfica e climática variam com a vazão máxima.

A análise foi iniciada com médias e pequenas bacias, que tem um regime hidrológico simples e respondem a variação da zona ou região onde se situam. Nesta análise não foram utilizadas as bacias de tamanho maior por ser o regime hidrológico mais complexo.

Um método foi desenvolvido por Coulson (1967) para a região Sul de Ontário com a utilização de 59 postos fluviométricos e a elaboração de um mapa de isoietas de precipitação média anual, definida como a média dos totais anuais verificados no período considerado. Foi deduzido um mapa com isolinhas de escoamento médio anual resultando na equação

$$Q_T = \bar{Q} (kZ + 1)$$

onde

$Q_T$ : é a vazão requerida no período de retorno  $T$ ;  $\bar{Q}$ : vazão média anual;  $k$ : fator de frequência que depende da distribuição de probabilidade utilizada;  $Z$ : coeficiente de variação.

Coulson obteve o valor de  $\bar{Q}$  planimetrando as isolinhas de vazão média e usando a distribuição Pearson tipo III, obteve o valor de  $k$ , como função do período de retorno  $T$ .

Matalas e Gilroy (1968), desenvolveram uma teoria interessante para a aplicação da regressão múltipla a parâmetros de regionalização.

Inicialmente foram definidas as condições esta-

tísticas para as quais um parâmetro regionalmente determinado pode ser aceito como aquele que se derivaria através de medições.

Também é apresentada a expressão da variância do erro do parâmetro hidrológico básico derivado de postos não medidos para a regressão múltipla regional.

Andreyanov (1969), admitiu a possibilidade de usar a regressão múltipla para regionalizar variáveis hidrológicas e conseqüentemente a possibilidade de usar bacias com um regime complexo para este propósito. Nesse contexto o autor apresentou exemplos de regionalização de vazão, utilizando relações entre coeficientes, a área das bacias e percentagem de lagos e relações entre o escoamento superficial específico com a área de drenagem, volume específico de lagos e percentagem da bacia coberta com vegetação ou solos argilosos.

U.S. Geological Survey (1970), utilizou a técnica de regionalização em Oklahoma, onde picos de cheia com períodos de retorno de 2, 5, 10 e 25 anos foram analisados, a partir de dados hidrológicos de 12 bacias, além das características hidrológicas de 90 postos de medição de descarga.

Neste estudo foram obtidas equações de predição de vazão máxima para os diferentes períodos de retorno analisados.

Simmers (1975) realizou um estudo para toda a área da Nova Zelândia e concluiu que, para vazão extrema, se pode correlacionar características fisiográficas só nas regiões hidrologicamente homogêneas já que a correlação varia de uma região para outra.

U.S. Geological Survey (1979) realizou uma análise regional de vazão máxima na região do Nordeste de Arizona, utilizando a teoria Bayesiana para relacionar as regressões regionais obtidas e o nível de dados disponíveis dentro de diversos períodos de retorno.

Farquharson (1980) realizou um estudo estatístico regional de vazão máxima para o Estado do Rio Grande do Sul tendo obtido uma curva de frequência regional para todo o Estado e uma equação de predição da vazão média anual para toda a região estudada.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Introdução

A metodologia utilizada na regionalização de vazões máximas, baseia-se no estudo NERC (1975).

Os resultados do estudo permitem a determinação da vazão máxima com um determinado risco em qualquer bacia da região analisada.

A precisão dos resultados depende da qualidade e quantidade dos dados sobre as vazões máximas disponíveis na região.

A metodologia divide-se em duas partes principais: análise de frequência das cheias e obtenção de equações para estimar a vazão média de cheia ou cheia média anual.

A análise de frequência se realiza a partir das séries anuais de dados de vazão máxima, sendo obtidas curvas adimensionais de frequência para cada posto, que relacionadas entre si produzem uma curva regional de frequência.

As equações de predição são obtidas mediante estudo de regressão múltipla aplicado às características fisiográficas e hidrometeorológicas da bacia e à vazão média anual, esta última definida como a média das descargas máximas anuais no período considerado.

A análise de frequência pode ser realizada utilizando os períodos próprios de dados dos postos fluviométricos, mesmo havendo falhas, ou utilizando o período com séries preenchidas. Esses procedimentos são comparados neste estudo.

Apresentam-se a seguir as duas partes principais da metodologia aplicada.

## 1 - Curva regional de frequência

### 1.1 - Análise regional de frequência da vazão máxima com as séries sem preenchimento de falhas

- . Seleção dos postos fluviométricos que entram em análise;
- . Estimativa dos parâmetros estatísticos característicos das séries anuais, média, desvio padrão e coeficiente de variação;
- . Obtenção das curvas adimensionais de frequência, usando o índice de vazão máxima  $Q/Q_{\text{BAR}}^{\rightarrow \bar{Q}}$  que relaciona a vazão máxima anual  $Q$  com a cheia média anual  $Q_{\text{BAR}}$  correspondente a cada posto fluviométrico;
- . Análise e obtenção de curvas regionais de frequência;
- . Verificação da possibilidade de sub-dividir a região em sub-regiões hidrológicas homogêneas.

### 1.2 - Análise regional de frequência de cheias usando séries preenchidas

- . Determinação do período comum de dados e dos postos fluviométricos a utilizar na análise;
- . Preenchimento de falhas usando regressão simples;
- . Aplicação da metodologia anterior para a obtenção de curvas de frequência regional, onde os valores preenchidos serão utilizados para dar a posição de plotagem dos valores observados.

## 2 - Estimativa da cheia anual média a partir das características da bacia

- . Cálculo e obtenção de características fisiográficas e hidroclimáticas da região;
- . Análise de regressões múltiplas, relacionando vazões máximas médias anuais com as características da bacia;
- . Obtenção das equações de predição da vazão média anual ou da cheia média anual para toda a região;
- . Divisão final de região analisada em sub-regiões hidrológicas homogêneas e determinação de suas curvas e equações de predição correspondentes.

### 3.2. Análise regional de frequência da vazão máxima usando séries sem preenchimento de falhas

#### 3.2.1. Seleção de postos fluviométricos

Todos os postos fluviométricos existentes na área em estudo são analisados quando a consistência de seus dados sendo, para isso, usados vários critérios como a relação descarga-nível, características da curva-chave e da seção de controle, (Farquharson, 1980).

O critério que se utiliza em geral para selecionar os postos é essencialmente subjetivo. Neste estudo foram estabelecidas algumas classes para organizar todos os postos disponíveis e decidir sobre seu uso.

Com os valores extremos são os mais importantes neste tipo de estudo, a parte extrapolada da curva de descarga dos postos deve ser analisada. O critério aqui utilizado baseou-se nas relações:

$$H_{int} = \frac{H_{max}}{H_{obs}} \quad ; \quad Q_{int} = \frac{Q_{max}}{Q_{obs}}$$

nas quais:

$H_{max}$  é o nível máximo observado para o posto durante o período disponível de dados;  $H_{obs}$  é o nível correspondente ao maior valor de vazão medido;  $Q_{max}$  é a maior vazão obtida a partir de  $H_{max}$  e da curva de descarga;  $Q_{obs}$  é a maior vazão medida.

Adicionalmente, para definir melhor a classe de cada posto, são analisados os fatores invariabilidade da curva-chave, estabilidade da seção de cheia e seção transversal sem transbordamentos. Por exemplo, se os níveis máximos registrados em uma seção estão confinados em um canal regular, pode ser aceitável a extrapolação da curva-chave, apesar de valores relativamente elevados de  $H_{int}$  e  $Q_{int}$ .

Em uma seção com transbordamento, a extrapolação de curvas-chave é menos confiável mesmo com valores relativamente pequenos de  $H_{int}$  e  $Q_{int}$ .

A classificação usada foi de A até E, sendo A um posto com classificação excelente, aferido dentro de 10 a 15% da cheia e E um posto com nível apenas, isto é, sem curva-chave efetiva.

Como a classe ou grau de alguns postos pode ficar entre um e outro grau, optou-se por tomar graus intermediários como A/B, B/C e C/D.

O critério adotado de classificação dos postos fluviométricos dentro de cada grau é o seguinte:

Grau A: Postos fluviométricos de característi-

cas excelentes cujas descargas medidas estão dentro de 10 a 15% do valor máximo de cheia observado e possuem uma boa transversal para a extrapolação, sem transbordamentos nas margens; os valores de Hint e Qint são menores do que 1,15.

Grau B: Postos bons, com extrapolação da curva-chave menor que 50% do valor medido de descarga e seções transversais boas, sem transbordamentos; o valor de Hint deve ser menor do que 1,25 e o valor de Qint menor ou igual do que 1,5.

Grau C: Postos aceitáveis com extrapolação adequada da curva-chave e com eventuais transbordamentos; o valor de Hint deve ser menor do que 1,75 e o valor de Qint pode variar de 2,0 a 2,5.

Grau D: Postos geralmente inaceitáveis pela grande extrapolação da curva-chave e transbordamentos excessivos na seção; o valor de Hint é maior do que 2,0 e o valor de Qint pode tomar valores acima de 3,0.

Grau E: Postos com uma extrapolação inadequada da curva-chave produzindo valores de cheia incorretos; não entram neste estudo.

Os graus intermediários seguintes: A/B, B/C e C/D que classificam os postos de acordo aos valores de Hint/Qnit são considerados também na classificação.

A finalidade desta classificação visa sistema-tizar a triagem dos postos que, em geral, são em grande número, embora sendo poucos os postos que atendem as necessida-des do estudo.

### 3.2.2. Processamento de dados, análise e obtenção das curvas de frequência individuais

Inicia-se coletando dados de vazão máxima instantânea mensal correspondentes aos registros dos postos fluviométricos escolhidos.

Com esses valores prepara-se uma tabela de valores correspondentes a cada posto e determina-se a vazão máxima anual, que, para os anos com registro completo, é a vazão máxima do ano.

Para os anos com falhas de dados analisa-se o período de dados existentes caso esse período inclua a época de cheias, toma-se o máximo no período como o máximo anual. Caso contrário, existe uma falha de dados nesse ano. No primeiro caso deve-se ter o cuidado adicional de observar se o máximo anual ocorre no mesmo período para postos próprios.

Com base na sistemática descrita é obtida a série anual de dados de vazão máxima para cada posto utilizado na análise regional de frequência. A seguir ordena-se em forma crescente, as séries anuais e calculam-se as suas estatísticas características, média, desvio padrão e coeficiente de variação, aplicando as fórmulas usuais.

Com o valor da média aritmética de cada série anual estima-se o valor da cheia média anual  $Q_{\text{BAR}}$ , que serve para calcular o valor do índice de vazão máxima  $Q_i/Q_{\text{BAR}}$ .

Determina-se a posição de plotagem da curva de frequência utilizando a frequência de ocorrência de valores menores ou iguais ao de ordem  $i$ , calculada pela seguinte fórmula. (Gringorten, 1963).

$$F = \frac{i - 0,44}{N + 0,12} \quad (3.1)$$

onde:

$i$ : é o número de ordem da vazão máxima;  $N$ : número total de dados de vazão máxima ou tamanho da série anual.

Neste tipo de análise supõe-se, inicialmente, que as séries anuais são distribuídas de acordo com uma forma particular de distribuição teórica. No caso presente as séries de máximas anuais são ajustadas à distribuição de Gumbel, pois o ajustamento a esta distribuição já foi testado anteriormente nesta região com resultados satisfatórios (Farquharson, 1980).

A distribuição de Gumbel, justificada teoricamente pela chamada teoria dos valores extremos, é muito utilizada para ajustar séries de vazões máximas. NERC (1975) e Dalrymple (1966) aconselharam a utilização desta distribuição pela facilidade de aplicação e bons resultados no ajuste das estimativas realizadas.

Com os valores da posição de plotagem  $F$  e do índice de vazão máxima  $Q_i/Q_{BAR}$  pode-se plotar os eventos analisados num papel de probabilidade de Gumbel. (ANEXO 1). A seguir se estima a média gráfica de cheia ( $u$  ou  $Q_{GRM}$ ) que é a vazão máxima correspondente, na curva de frequência, à variável reduzida  $y = 0,5772$ , através da expressão  $u = x_0 + 0,5772\alpha$ . Esta expressão resulta da seguinte:

$$y = (x - x_0) / \alpha$$

fazendo-se

$$y = 0.5772 \text{ e } x = u \quad \text{que é a média.}$$

Calcula-se também a mediana dos valores de vazão  $Q_{MED}$ , para, com base nestes valores, calcular  $Q_i/Q_{MED}$  e  $Q_i/Q_{GRM}$  e poder-se verificar se o índice de vazão máxima é melhor definido utilizando-se  $Q_{BAR}$ , cheia anual média, ou usando-se os valores da mediana ou média gráfica.

Esta verificação depende do tamanho da série anual pois em séries longas, seguramente, devemos usar o valor de  $Q_{BAR}$ . Em séries de poucos anos o valor a ser utilizado deverá ser objeto de reflexão do analista tendo por base as características regionais.

### 3.2.3. Análise e obtenção da curva regional de frequência

Utilizando-se o índice de vazão  $Q_i/Q_{BAR}$  e a variável reduzida de Gumbel ( $y$ ), pode-se representar as curvas de frequência individual adimensionalmente.

A partir das curvas de frequência de cada posto calcula-se a curva regional.

Para cada "Y" realiza-se o cálculo do valor médio do índice  $Q/Q_{BAR}$ , correspondente a todos os valores das curvas de frequência individual.

Desta forma, obtem-se para cada "Y", um valor médio de  $Q/Q_{BAR}$ , formando assim os pares de valores da curva regional.

#### Sub-regiões:

Em primeira análise usam-se as curvas de frequência para identificar as sub-regiões homogêneas, devido à

facilidade que se tem para agrupar curvas individuais de frequência com declividade semelhante.

Para que se possa comprovar se se trata de uma ou mais regiões hidrológicas deve analisar-se a curva regional obtida.

Estimam-se vazões para um determinado período de retorno e para todos os postos fluviométricos usando as curvas individuais de frequência que são supostas valores "verdadeiros".

Comparando estes resultados com os valores correspondentes obtidos através da curva regional de frequência, obtêm-se os valores residuais.

O valor residual que é relacionado num mapa das bacias controladas por cada posto permite agrupar as bacias de acordo com o maior ou menor valor dos resíduos, na tentativa de dividir a região em sub-regiões homogêneas.

Este critério é um dos que se pode utilizar na divisão regional e que inicialmente proporciona uma idéia de como se dividirá a região.

Pode-se também tentar agrupar as bacias a partir do relevo, divisão geográfica, tamanho das áreas de drenagem, etc...

Analisando-se as curvas obtidas para cada sub-região, verifica-se a aderência dos pontos a cada curva sub-regional obtida.

Depois de serem analisadas todas as curvas obtidas para cada divisão sub-regional, pode-se definir as sub-regiões hidrológicas homogêneas a partir do critério mais

adequado.

Devido ao fato do tamanho das séries anuais não ser muito longo, as curvas regionais de frequência não atingem valores de  $Q/Q_{\text{BAR}}$  com períodos de retorno grandes.

Em vista disso, e para estender a curva regional de frequência, utiliza-se o critério de determinar os 5 valores máximos de cheia de todas as séries das regiões hidrológicas homogêneas, supondo que pertençam a uma mesma série anual formada por todas as séries de máximas analisadas e com um número total de anos igual a N. Na realidade dever-se-ia tomar um valor de N menor, devido à correlação existente entre os postos fluviométricos; supondo, porém, N como o tamanho total da série, introduz-se um pequeno erro já que as correlações de valores máximos entre postos nem sempre são altas.

Com os 5 valores máximos e o valor N se calcula o índice de vazão e o valor correspondente da variável reduzida de Gumbel, obtendo-se os novos pontos de plotagem para estender a curva de frequência.

Esta extensão da curva regional de frequência se realiza para cada sub-região hidrológica homogênea.

### 3.3. Análise regional de frequência da vazão máxima usando séries preenchidas

#### 3.3.1. Preenchimento de falhas

O objetivo de usar as séries preenchidas é o de definir melhor a curva de frequência partindo-se de uma melhor distribuição dos pontos.

Os postos fluviométricos a serem utilizados na análise são escolhidos de acordo com a divisão regional estabelecida e com base nos períodos de disponibilidade de dados.

Determinam-se regiões hidrológicas homogêneas e o período de base de dados para uso na análise de frequência.

Para preencher as falhas utiliza-se a regressão linear simples, dada pela equação.

$$Y = Ax + B + e \quad (3.2.)$$

onde:

Y: é o valor da variável dependente; x: variável independente;

A: coeficiente de correlação;

B: coeficiente de interseção;

e: erro aleatório, sendo estimado por  $\delta_{y.x}^2 \cdot t$ , onde  $\delta_{y.x}^2$  é a variância dos erros das estimativas do modelo e t o número que segue uma distribuição normal com média zero e desvio padrão 1.

A utilização da regressão linear simples com a introdução do erro aleatório que é devido à aleatoriedade das vazões máximas, é apresentada no Anexo 2.

Efetua-se todas as correlações possíveis entre os postos fluviométricos com falhas e os postos com período completo de dados para obter-se uma tabela de valores dos resultados da regressão, incluindo o coeficiente r de correlação e a variância.

Com base nos valores calculados de r são sele

cionadas as melhores regressões as quais devem ter um valor mínimo de variância dos erros das estimativas e um valor perto de 1.0 para o coeficiente de correlação (Searcy, 1960).

### 3.3.2. Processamento, análise e obtenção da curva regional da frequência

Utilizando-se as séries preenchidas e entendendo-se que o preenchimento de falhas foi utilizado só para dar posição aos valores de vazão máxima observados no ordenamento crescente da série anual, aplica-se a mesma metodologia descrita nos itens 3.2. 2 e 3.2.3.

As curvas individuais de frequência e a curva regional de frequência da região determinada são, então, obtidas a partir apenas dos valores observados.

### 3.4. Estimativa da cheia média anual $Q_{BAR}$ , a partir das características da bacia

Quando não existem dados de vazão máxima, o valor da cheia média anual deve ser também estimado tendo por base a interrelação dos seus valores observados com as características das bacias hidrográficas.

Como características das bacias tanto fisiográficas e hidrometeorológicas, devem ser consideradas aquelas facilmente mensuráveis.

As características fisiográficas utilizadas no estudo como variáveis independentes são:

- área da bacia controlada pelo posto fluviométrico, expressa em quilômetros quadrados (AREA);

- declividade total do rio principal (SIMS);
- declividade entre os 10% e os 85% do comprimento total do rio principal ( $S_{185}$ );
- comprimento total do rio principal (MSL);
- frequência de drenagem (FRQD).

A característica hidrológica utilizada no estudo é a precipitação média anual que designa a média dos totais anuais precipitados no período de observação considerado. Para a obtenção desta característica para uma dada bacia ponderam-se, previamente, os valores de precipitação anuais pontuais das estações pluviométricas envolvidas.

#### 3.4.1. Estimativa das características fisiográficas da bacia

A determinação das características fisiográficas é descrita a seguir:

- 1 - Superfície da bacia (AREA); seu valor para as bacias usadas no estudo, pode ser obtido de DNAEE (1979).

Para o caso de necessitar obter o valor da área com o objetivo de comprovar o valor publicado, deve-se recorrer a mapas publicados pelo I.B.G.E. em escalas 1:50000 e 1:100000 tratando-se de bacias pequenas. Para bacias maiores pode-se utilizar mapas em maior escala como 1:250000 e mesmo como 1:750000, para realizar-se a medição usando o planímetro e expressando a superfície em  $\text{km}^2$ .

- 2 - Comprimento do rio principal (MSL); é uma característica que está ligada à forma da bacia. A medição de MSL realiza-se em mapas na escala 1:100000 para as bacias menores, e na es-

cala 1:500000 para as bacias maiores, utiliza-se na medição o curvímeter expressando a grandeza em quilômetros. Para a identificação do curso principal do rio na parte superior da bacia procura-se o leito que drena a maior área.

3 - Declividade do rio principal (SIMS); também chamada de declividade simples, é a diferença de altitude entre o ponto mais elevado do rio principal e o ponto de medição da descarga ou de interesse na estimativa de  $Q_{BAR}$ , dividida pelo comprimento correspondente do rio principal. A medição desse valor SIMS também se realiza nos mesmos mapas utilizados para a medição do MSL, sendo aqui expresso em termos de percentagem.

4 - Declividade entre 10% e 85% do comprimento do rio principal ( $S_{185}$ ); é a medida da declividade entre as seções localizadas a 10% e 85% do comprimento do rio principal.

O cálculo do  $S_{185}$  é realizado dividindo-se a diferença de altitude entre as seções já indicadas, por 0,75 MSL, valor do comprimento analisado descontado de 25% relativos aos extremos do rio que não são levados em conta. Este valor de  $S_{185}$  é considerado uma característica fisiográfica mais representativa da bacia que a sua declividade total (SIMS), (NERC, 1975).

5 - Frequência de drenagem (FRQD); representa a densidade de drenagem da bacia sendo obtida pela simples contagem do número de confluências existente na bacia num mapa 1:25000.

#### 3.4.2. Estimativa da característica hidrológica da bacia

A característica hidrológica precipitação me -

dia anual (NAAR) é utilizada na estimativa da cheia média anual por se saber que a precipitação é diretamente proporcional às vazões produzidas numa bacia.

O valor da NAAR foi obtido a partir de dados correspondentes a um período de base para todas as estações pluviométricas, chamado período normal.

Para o preenchimento das falhas nas estações com período incompleto foi aplicada uma metodologia simples da correlação entre três estações com dados completos e a estação com falhas. A metodologia utilizada baseia-se no estudo apresentado pelo Meteorological Office Climatological Service (MO3, 1960).

São utilizadas todas as estações pluviométricas com período de dados superior a 10 anos dentro do período normal selecionado. Os seguintes passos são estabelecidos na metodologia:

1 - Com os valores das coordenadas terrestres calcula-se a distância de todas as estações com dados completos à estação com falhas de dados. São selecionados dentre as estações com dados completos, as três estações mais próximas. O critério de proximidade é analisado quanto ao relevo da região, para verificar a compatibilidade.

2 - Para as três estações selecionadas calculam-se os valores do índice de precipitação para o período com falhas. Este índice ( $I_{i,j}$ ) é a relação entre os valores anuais de precipitação ( $P_{i,j}$ ) e o valor da precipitação média anual ( $\bar{P}_i$ ).

$$I_{i,j} = P_{i,j} / \bar{P}_i \quad (3.3)$$

onde  $i$  identifica posto e  $j$  o ano.

Para cada ano com falha são calculados os valores médios de  $I_{i,j}$ , tirando as médias aritméticas dos três valores de  $I_{i,j}$  anuais, ou seja:

$$I_{x,j} = \frac{\sum_{i=1}^3 I_{i,j}}{3} \quad (3.4)$$

3 - Com os valores médios  $I_{x,j}$  para cada ano  $j$  calcula-se o valor médio para os anos com falha de dados

$$I_x = \frac{\sum_{j=1}^{NF} I_{x,j}}{NF} \quad (3.5)$$

onde  $NF$  é o número de anos com falha.

Calcula-se também o valor da precipitação média anual  $\bar{P}_x$  do posto com falha de dados a partir dos dados de precipitação anual existentes.

4 - Finalmente obtêm-se o valor estimado de NAAR, que representa a precipitação média anual para o período normal de dados, a partir de:

$$NAAR = \frac{\bar{P}_x}{\bar{I}_x} = \frac{\bar{P}_x \cdot NF}{\sum_{j=1}^{NF} \frac{\sum_{i=1}^3 P_{i,j}}{3\bar{P}_j}} \quad (3.6)$$

Os passos anteriores são repetidos para as estações com falhas de dados até obter-se a estimativa de NAAR para todas as estações analisadas.

O método mencionado é aplicado observando-se sempre que as três estações escolhidas devem corresponder a

uma mesma região ou bacia hidrológica.

Quando não houver essa possibilidade pode-se estimar NAAR utilizando-se regressão simples entre duas estações próximas para preencher as falhas.

Com os valores de NAAR obtidos para todas as estações pluviométricas escolhidas desenham-se as isoietas para toda a região. As isoietas são valores inteiros de precipitação que variam 100 milímetros entre si, calculadas extrapolando os valores pontuais de NAAR para cada estação. O mapa de isoietas é corrigido com base no relevo da região objetivando um melhor ajuste das isoietas com o relevo, fator fundamental no estudo da precipitação.

Esse ajuste das isoietas ao relevo realiza-se a partir do mapa de isoietas à escala 1:750.000, e dos mapas de relevo da região na mesma escala.

Com o mapa definitivo de isoietas e o valor da precipitação média anual para o período normal determinado, calcula-se valor de NAAR para cada bacia, realizando-se a medição das áreas entre isoietas mediante um planímetro e calculando a média ponderada NAAR para toda a área da bacia.

#### 3.4.3. Equação de predição

A vazão média de cheia  $Q_{\text{BAR}}$  é relacionada aos fatores fisiográficos e hidrometeorológicos pela seguinte função:

$$Q_{\text{BAR}} = f(\text{AREA}, \text{MSL}, S_{185}, \text{FRQD}, \text{NAAR})$$

A função é desconhecida, mas a forma mais co-

mum de relacionar estas variáveis e que tem apresentado resultados convenientes é:

$$Q_{\text{bar}} = b \text{ AREA}^{b_1} \cdot \text{MSL}^{b_2} \cdot S_{185}^{b_3} \cdot \text{FRQD}^{b_4} \cdot \text{NAAR}^{b_5} \quad (3.7)$$

Transformando a equação (3.7) a partir de logaritmos naturais resulta:

$$\begin{aligned} \log Q_{\text{BAR}} = \log b + b_1 \log \text{AREA} + b_2 \log \text{MSL} + b_3 \log S_{185} + \\ + b_4 \log \text{FRQD} + b_5 \log \text{NAAR} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Esta equação tem a forma de uma equação de regressão múltipla que pode ser resolvida pelos métodos correntes, (ANEXO 3a).

Os resultados da regressão contendo os valores da média, desvio padrão, coeficiente de correlação simples e de regressão, valor do coeficiente de intersecção, coeficiente de correlação múltipla, erro padrão da estimativa e percentagem de variação explicada pela regressão são tabelados para facilitar a análise entre as diversas seleções de variáveis realizadas.

Com o mesmo propósito são tabelados os valores da análise de variancia para a regressão, além do valor F calculado para o teste de significância da regressão.

#### 3.4.4. Análise e obtenção da equação regional de predição

Como primeira tentativa da qualificação de uma boa regressão que determine uma equação para estimar  $Q_{\text{BAR}}$ , analisa-se o coeficiente de determinação múltipla  $R^2$ , que dá

uma medida da variância explicada pela equação de predição. A seguir realiza-se um teste de significância de regressão, e analisa-se também o erro padrão da estimativa para cada equação de predição, (ANEXO 3b).

Finalmente, seleciona-se a equação de predição com base na análise dos valores obtidos do coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa, que representa a melhor regressão processada; utilizando-se esta equação para gerar valores estimados de  $Q_{BAR}$ , para todos os postos fluviométricos, e comparando-os com os valores observados de  $Q_{BAR}$ , obtendo-se o valor residual correspondente a cada posto.

Este valor residual se utiliza para realizar uma análise similar indicada no item (3.2.3), para sub-dividir a região total em sub-regiões hidrológicas homogêneas.

Finalmente, pode-se definir melhor as sub-regiões com suas respectivas equações de predição em concordância com as regiões definidas na análise de frequência das cheias.

#### 3.4.5. Determinação da vazão média de cheia a partir de séries parciais

Quando o número de anos de dados é pequeno (maior que 3 e menor que 5) na seção, o que não permite estabelecer uma curva de frequência, é possível estimar  $Q_{BAR}$  pela análise de séries parciais sem ter que recorrer a equação de predição.

O procedimento é o seguinte NERC (1975):

Escolhe-se um valor determinado do  $q_0$  que pro-

porcione de 3 a 5 valores de picos superiores a ele por ano.

O critério de independência entre dois picos seguidos, exige que os mesmos devam estar separados entre si, por três vezes o tempo de duração do primeiro pico e que a vazão deva descer entre picos, em dois terços do valor do primeiro pico.

Tabelam-se os valores de  $q_i$  das M excedências em N anos de registro.

Um modelo estatístico simples determina o valor estimado da variável de Poisson.

$$\hat{\lambda} = M/N \quad (3.9)$$

Sendo tratados os valores de  $q_i$ , ajustando-os à distribuição exponencial, onde o parâmetro  $\beta$  é estimado por

$$\hat{\beta} = \bar{q} - q_0 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (q_i - q_0) \quad (3.10)$$

estima-se o valor de  $Q(T)$  através de

$$Q(T) = q_0 + \hat{\beta} \ln \hat{\lambda} + \hat{\beta} \ln T \quad (3.11)$$

onde:

$\ln$  é o logaritmo natural.  $\bar{Q}$ , pode ser estimado aplicando-se a essa equação, especificante,  $T = 1,781$ , do que resulta

$$\bar{Q} = q_0 + \hat{\beta} \ln \hat{\lambda} + 0,5772 \hat{\beta} \quad (3.12)$$

### 3.5. Avaliação da metodologia de regionalização

Um dos objetivos desta parte do estudo é analisar a validade dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia de regionalização, visando uma utilização ótima de curvas e equações regionais, com o conhecimento do erro que envolve o uso de cada uma delas.

Dentro desta avaliação se aplicará métodos tradicionais usados na estimativa de vazão máxima, analisando-se comparativamente com valores estimados obtidos a partir do uso das curvas e equações regionais.

#### 3.5.1. Aplicação das curvas e equações regionais e análise da precipitação dos resultados

Determina-se o período de retorno para o qual se deve estimar a cheia máxima através da curva regional de frequência que corresponde ao posto analisado.

Da curva regional de frequência tira-se o valor de  $Q(T)/Q_{BAR}$  correspondente ao tempo de retorno determinado  $T$ .

Para estimar a cheia média anual em locais não controlados utiliza-se a equação de predição correspondente à região hidrológica do local.

A determinação do erro padrão da estimativa (see) se realiza utilizando a metodologia do NERC (1975).

Calcula-se o coeficiente de variação da variável dependente ( $Q$ ) que indica a forma de distribuição da amostra.

$$CV = \sqrt{\frac{(SS/N-2)^2}{\bar{Q}}} = \frac{Sx}{\bar{Q}} \quad (3.13)$$

onde SS é a soma total de quadrados  $\sum (Q_i - \bar{Q})^2$ ; Sx: é o desvio padrão.

Com base no Coeficiente de Variação (CV) calcula-se a variância da vazão média das cheias anuais.

$$VAR \bar{Q} = \frac{(CV \bar{Q})^2}{N} \quad (3.14)$$

Determinada a variância da média, devemos conhecer a variância do valor estimado da curva regional de frequência.

$$VAR (Q(T)/\bar{Q}) = (S_b/100 \cdot Q(T)/\bar{Q})^2 \quad (3.15)$$

onde

$S_b$ : Erro padrão da curva regional, estimado por  $-3.5 + 7.7 \ln T$ , equação apresentada pelo NERC (1975).

Assim pode-se aplicar a equação da variância da estimativa  $\hat{Q}(T)$  e após determinar o erro padrão da estimativa (see)

$$VAR \hat{Q}(T) = \bar{Q}^2 VAR Q(T)/\bar{Q} + (Q(T)/\bar{Q})^2 \cdot VAR \bar{Q} \quad (3.16)$$

$$see = (VAR \hat{Q}(T))^{1/2} \quad (3.17)$$

Quando se estima o valor da cheia média anual a partir das equações de predição a variância é calculada com a seguinte equação (Farquharson, 1981):

$$\text{VAR } Q_{\text{BAR}} = (\text{see } \hat{Q}_{\text{BAR}})^2 \quad (3.18)$$

### 3.5.2. Aplicação de métodos tradicionais para estimar a vazão máxima

A finalidade desta aplicação de métodos tradicionais é a obtenção de estimativas da vazão máxima para comparação com os resultados da aplicação das curvas e equações regionais obtidas neste trabalho.

Os métodos utilizados são:

- O método do Soil Conservation Service (SCS), que é utilizado e apresentado pelo Bureau of Reclamation U.S.A. (1965), o qual será empregado na estimativa da vazão máxima provável em dois postos fluviométricos das regiões homogêneas determinadas.
- O método Racional, que será aplicado na estimativa da vazão máxima num ponto não controlado de uma região hidrológica homogênea.

Os locais escolhidos serão levados em conta para a estimativa das vazões máximas através das equações e curvas regionais na parte de comparação e análise dos resultados. O procedimento empregado dentro de cada método, é apresentado no ANEXO 4.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Área de aplicação

Este estudo foi realizado com base nos dados de vazão máxima e características fisiográficas e hidroclimáticas obtidos dos postos fluviométricos e estações meteorológicas, e dos mapas referentes ao Estado do Rio Grande do Sul, e parte do Estado de Santa Catarina, (Figura 1). A região em estudo, abrangendo uma área de aproximadamente 350.000 km<sup>2</sup>, estende-se entre as latitudes de 26° e 33°e, no sentido este-oeste, entre as longitudes de 49° e 58°.

A região em estudo está dividida em cinco regiões naturais a saber: planalto, campanha do sudoeste, depressão central, serra do litoral sudeste e litoral atlântico.

O planalto se estende por toda a porção setentrional e ocupa a maior parte da região, verificando-se a altitude máxima de 1.240 m em Bom Jesus de onde se inclina suavemente de NE para NO, até o vale médio do rio Uruguai com menos de 100m de altitude.

Nesta região temos um dos principais sistemas fluviais, que é o do rio Uruguai e que tem como afluentes principais os rios, Santa Rosa, Comandaí, Ijuí e Piratini, entre outros, tendo como formador o rio Canoas.

Na região de Campanha do Sudoeste, destacam-se as coxilhas ondeantes, campos e planícies, onde se forma o rio Ibicuí, com baixo desnível, afluente do rio Uruguai.

A região da Depressão Central, mais ou menos

plana, dá lugar a formação do rio Jacuí que recebe as águas do Vacacaí e Taquari desembocando no rio Guaíba até chegar na Lagoa dos Patos.

Na Serra do Sudeste caracteriza-se por uma topografia acidentada com altitude média de 400m onde a serra do Herval e a de Tapes se dirigem no sentido leste-oeste e conduzem as águas do rio Camaquã que forma uma grande bacia hidrográfica.

O Litoral Atlântico destaca-se pelas lagoas como a dos Patos, Mirim, Mangueiras e Quadros, dentre as maiores, tendo uma altitude entre 5 e 40m.

Os programas de computador utilizados na obtenção dos resultados são apresentados no ANEXO 6.

#### 4.2. Dados disponíveis e seleção de postos fluviométricos

A informação hidrológica utilizada no presente estudo foi obtida nas seguintes organizações:

- Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica-DNAEE.
- Companhia Estadual de Energia Elétrica-CEEE.
- Secretaria de Obras Públicas do Estado do RGS-SOPRS.
- Superintendência de Desenvolvimento do Sul-SUDESUL.
- 8º Distrito de Meteorologia.

O DNAEE é a maior fonte de informação de dados referentes a vazão fluvial no Brasil, pois tem sob controle a maioria de postos instalados, além de seguir operando com postos que foram controlados pela SUDESUL aqui no Estado do Rio Grande do Sul.

No Estado do RGS existe um grande número de postos fluviométricos com dados de vazão fluvial, porém o número de postos com relações confiáveis de nível-vazão de cheia é relativamente pequeno. Isto decorre, normalmente, da dificuldade de medir os eventos extremos e a estabilidade das seções.

Devido a esse fato, foi feita uma classificação de todos os postos a fim de avaliar a confiabilidade das vazões de cheia, de tal modo que apenas postos com dados de cheias razoavelmente confiáveis fossem usados na análise.

Inicialmente foram analisadas a curva-chave de cada posto fluviométrico e sua seção de medição de descarga, rejeitando-se aqueles postos com mais de duas curvas e que tem problema de extravazamento com cheias maiores.

Dentro do critério de seleção foi utilizada a classificação assinalada na metodologia, cuja graduação varia de A até D.

Na Figura 2 há uma apresentação gráfica do critério utilizado, onde se observam a curva esquemática da relação nível-descarga e a distribuição relativa das vazões e níveis medidos e extrapolados.

Assim, com os valores, para todos os postos fluviométricos, das vazões máximas observadas ( $Q_{obs}$ ), das vazões máximas medidas ( $Q_{med}$ ) e dos níveis correspondentes  $H_{obs}$  e  $H_{med}$ , obtem-se as relações  $Q_{int}$  e  $H_{int}$ .

Com os valores obtidos de  $Q_{int}$  e  $H_{int}$  e a análise das curvas foram classificados os postos. Aqueles utilizados neste estudo são apresentados na (Tabela 1), junto com

os seus dados principais tais como: código do posto, nome, latitude, longitude, área controlada, ano de início e fim do registro de dados e entidade a que pertence.

Foram escolhidos 68 postos fluviométricos, dos quais 61 pertencem ao DNAEE, 1 a SOPRS e 6 a CEEE. Estes postos fluviométricos considerados inicialmente no estudo com suas áreas de drenagem respectivas são apresentadas na Figura 1.

Os dados de vazão máxima mensal para os postos escolhidos foram obtidos do Boletim fluviométrico (1979), na maior parte deles, e dos arquivos do IPH, e do DNAEE.

#### 4.3. Análise regional de frequência da vazão máxima usando séries sem preenchimento de falhas

##### 4.3.1. Dados utilizados e curvas de frequência obtidas

Nesta análise utilizam-se dados de vazão máxima anual para os 68 postos fluviométricos selecionados obtidos das vazões mensais correspondentes aos anos de registro de cada posto que se situam entre 1940 até 1978. (ANEXO 5).

Os valores de vazão máxima mensal e anual são apresentados numa tabela do tipo da Tabela 2, obtida para cada posto fluviométrico, além das características estatísticas de cada série anual de dados calculados e tabelados.

Os valores de vazão máxima anual para cada posto fluviométrico constituem as séries anuais que são processadas para a obtenção das curvas de frequência.

Os resultados obtidos para as coordenadas da curva de frequência ajustada à distribuição de Gumbel (ANEXO 1) para todos os postos, são apresentados na forma da Tabela 4.

Com os valores da curva de frequência individual, graficam-se as curvas de frequência individuais da forma apresentada na Figura 3, para um posto fluviométrico.

Como se pode verificar na curva apresentada na Figura 3, os valores plotados correspondem aos 15 intervalos da variável reduzida de Gumbel  $Y$  com seus respectivos índices médios de vazão  $Q/Q_{BAR}$ , apresentados na Tabela 4.

#### 4.3.2. Análise e obtenção da curva regional de frequência e determinação das regiões hidrológicas homogêneas

A partir das curvas de frequência individuais com seus valores de intervalo da variável reduzida  $Y$  e o correspondente índice de vazão  $Q/Q_{BAR}$ , realiza-se o cálculo relativo à obtenção da curva média de frequência (Tabela 5).

Utilizando a curva regional de frequência (Figura 4), realiza-se a análise dos valores residuais já descritos para sub-dividir a região analisada.

A primeira tentativa de sub-divisão foi realizada utilizando-se o valor dos resíduos, obtendo-se uma divisão em seis grupos de bacias com as curvas de frequência correspondentes (Figura 5); estas curvas não tem uma boa definição individual, podendo-se juntar algumas delas e formar outro grupo de bacias, obtendo-se um número menor de sub-regiões.

Outra tentativa de subdivisão foi realizada com base no relevo, tendo-se obtido três grupos de bacias com suas curvas regionais de frequência respectivas. Pode-se observar que se obtem uma boa definição das curvas, devendo-se assinalar, apenas que alguns dos pontos das bacias que no ajuste ficaram fora da curva 3 poderiam ser reunidos a outro grupo de bacias (Figura 6).

Levando-se em conta o tamanho da área de drenagem controlada pelos postos fluviométricos, tentou-se subdividir a área em regiões homogêneas. Obtiveram-se três grupos de bacias menores de  $1000 \text{ km}^2$ , bacias entre  $1000$  e  $5000 \text{ km}^2$  e as bacias maiores que  $5000 \text{ km}^2$ . Pode-se observar na subdivisão segundo as áreas de drenagem que não existe uma diferença marcada entre as curvas obtidas, o que indica que nesta região o tamanho não serve para agrupar homogeneamente as bacias (Figura 7).

Finalmente subdivide-se a área em quatro grupos de bacias, segundo os valores residuais e a divisão hidrográfica das bacias de maior tamanho, tendo-se obtido as curvas regionais de frequência correspondentes (Figura 12). Individualmente, para cada sub-região, são apresentadas as curvas de frequência nas figuras 8, 9, 10 e 11, determinadas a partir dos valores obtidos para cada curva média que são apresentadas para cada grupo de bacias (Tabelas 6, 7, 8 e 9). Geograficamente a subdivisão é apresentada na Figura 18.

Analisando esta subdivisão nas curvas plotadas individualmente, deduz-se que é a subdivisão mais adequada pois se tem um bom ajuste dos pontos à curva regional dentro de cada sub-região.

Verifica-se que o critério de sub-dividir a região usando, inicialmente, os valores residuais e apoiando-se na divisão hidrográfica foi o que deu melhor resultado neste estudo.

As curvas regionais obtidas para cada sub-região homogênea e para a região completa em estudo possuem valores de  $Q/Q_{\text{BAR}}$  correspondentes a períodos de retorno máximos de 100 anos. Para estendê-las a períodos de retorno de até 500 anos, selecionaram-se os cinco maiores valores de  $Q/Q_{\text{BAR}}$  da região. Admite-se que o tempo de retorno destes valores seja definido pelo número total de anos das séries da região.

Deve-se observar que existe um erro em admitir o número total dos anos, pois existe correlação entre postos e  $N$  deve ser menor, embora para os extremos o erro não seja considerável em vista dos fatores de correlação baixos entre as séries de máximos (Kite, 1967).

Com os valores da Tabela 10, correspondentes a  $Q/Q_{\text{BAR}}$  e  $Y$ , plotaram-se os pontos de cada curva regional de frequência, os quais, após extrapolação, permitem obter vazões para períodos de retorno altos. Os valores estendidos são assinalados nas curvas das Figuras 8, 9, 10 e 11, para as sub-regiões determinadas, e na Figura 4, para a curva da região completa.

#### 4.4. Análise regional de frequência da vazão máxima usando séries preenchidas

##### 4.4.1. Dados utilizados e curvas de frequência obtidas

Analisando todas as séries anuais de dados de vazão máxima dos correspondentes postos fluviométricos (ANEXO 5), determinou-se o período comum de dados 1945-1975.

Os postos fluviométricos utilizados da região homogênea nº 1 com seus respectivos registros de dados são apresentados na Tabela 11.

Para o preenchimento de falhas utilizou-se a regressão linear simples, (ANEXO 2), os coeficientes obtidos sendo apresentados na Tabela 12, onde os números referentes aos postos fluviométricos são os indicados na Figura 1.

Como os dados completos para os 31 anos do período comum se aplicam à metodologia conhecida, obtêm-se as curvas individuais de frequência para após obterem-se os valores da curva regional de frequência.

##### 4.4.2. Curva regional de frequência

Com os valores da curva regional (Tabela 13) plotam-se os postos e obtêm-se a curva com período comum de dados, correspondente à região hidrológica homogênea nº 1, que foi anteriormente definida para um período de dados sem preenchimento de falhas.

Com a finalidade de estender a curva regional obtida para determinar estimativas de vazões com períodos de retorno maiores do que 100 anos, aplica-se a metodologia já usada e obtêm-se os valores dos pontos (Tabela 10), para a

curva regional nº 1 com período comum.

Analisam-se as curvas de frequência obtidas para a região 1, com períodos sem e com preenchimento de falhas, na parte inferior da curva (Figura 13); observa-se que a curva com preenchimento de falhas toma valores maiores para períodos de retorno baixos e valores semelhantes na parte superior.

#### 4.5. Estimativa da cheia média anual a partir das características da bacia

##### 4.5.1. Características da bacia e dados utilizados

As características fisiográficas da bacia foram calculadas e medidas diretamente dos mapas utilizados, indicados no cap. 3, enquanto que a característica hidrológica utilizada, a precipitação média anual, foi extraída de um estudo adicional realizado para sua estimativa.

Inicialmente foram utilizadas todas as estações pluviométricas da região estudada, para, posteriormente selecionarem-se as 137 estações com mais de 10 anos de registro de dados.

O período normal de dados é de 30 anos correspondentes à faixa de 1945 até 1974.

Utilizando-se os valores da precipitação total anual para cada estação pluviométrica e aplicando a metodologia descrita no capítulo anterior obtém-se o valor da precipitação média anual para o período normal 1945-1974. Inicialmente obtém-se os valores da precipitação média anual para

as estações selecionadas com dados completos no período normal, repetindo-se o mesmo para as estações com falhas, conforme indicado na Tabela 14.

Os valores resultantes da precipitação média anual para o período 1945-1974, para todas as estações pluviométricas são apresentados na Tabela 15.

Com os valores anteriores para cada estação, é feita a extrapolação para a obtenção do traçado do mapa de isoietas de precipitação média anual para a região em estudo (Figura 14).

Com base no mapa de isoietas obtém-se o valor da precipitação média anual, NAAR, para cada bacia de drenagem da região, completando-se assim os dados das características da bacia para a estimativa da cheia média anual.

Para obterem-se as equações de estimativa da cheia média anual utiliza-se a regressão linear múltipla, a partir dos dados das características das 60 bacias selecionadas dentre as 68, pois algumas delas estão consideradas dentro de outras, (Tabela 16).

Com os dados das características apresentadas aplica-se a metodologia de resolução das regressões, utilizando como dados iniciais os logarítmos das características das bacias e selecionando as primeiras variáveis.

#### 4.5.2. Análise das regressões múltiplas e obtenção das equações de predição

Utilizando, então, os 60 postos fluviométricos selecionados com períodos de dados que estimam adequadamente

$Q_{\text{BAR}}$ , aplicá-se a regressão múltipla, obtendo-se os resultados que são apresentados na Tabela 18, importantes para a análise das regressões obtidas.

Para cada seleção de variáveis independentes tem-se os valores dos coeficientes de intersecção e correlação, o valor da função F, a significância ao nível  $\alpha$  determinada a partir de F, o erro padrão fatorial da estimativa fsee e o coeficiente de determinação  $R^2$ , calculados no ANEXO 3. Esses indicadores permitem a seleção das melhores regressões determinando as equações de predição com o menor fsee e o maior  $R^2$ .

Assim, com base na análise dos valores referidos, (Tabela 18), foi obtida a seguinte equação de predição para a região completa e cujos valores da Tabela 17.

$$Q_{\text{BAR}} = 0.153 \text{ AREA}^{0,99} S_{185}^{0,4}; \text{ fsee} = 1,35$$

onde:

$Q_{\text{BAR}}$  é a vazão média de cheia expressa em  $\text{m}^3/\text{S}$ ; a AREA da bacia em  $\text{km}^2$  e a declividade em  $\text{m}/\text{km}$ .

Estas equações são as mais confiáveis pois tem o menor fsee indicado, e um coeficiente de determinação de 95% situando-se também dentro do nível de significância de 0,01.

O método usado foi a regressão passo a passo de avanço ótimo como foi mencionado no capítulo anterior, selecionando-se as variáveis para maximizar o  $R^2$  e minimizar o fsee a cada nível.

#### 4.5.3. Análise e obtenção das equações regionais de predição

A equação determinada no item anterior é a de predição da cheia média anual para a região completa em estudo, Utilizou-se-a para estimar os valores de  $Q_{BAR}$  e compará-los com os valores observados. Assim utilizando-se os logarítmos dos  $Q_{BAR}$  observado e estimado para esta relação (Figura 15), verificam-se os desvios e o ajuste da estimativa.

Com base na distribuição das regiões homogêneas examinada através da análise de frequência e observando-se os desvios na estimativa realizada, aplica-se a regressão múltipla a cada grupo de bacias subdividido, obtendo-se, da mesma forma que anteriormente, as equações de predição. Os valores são indicados nas Tabelas 19, 20, 21 e 22, para as melhores regressões de cada sub-região.

Com os valores obtidos das estimativas através das equações de predição para cada sub-região e relacionando-os com os valores observados de  $Q_{BAR}$ , obtêm-se os desvios sempre dentro dos 10% da variação, igualmente ao ocorrido com as equações da região completa cuja relação é apresentada ao final da Tabela 17.

As equações regionais de predição, selecionadas para as quatro sub-regiões que correspondem a sub-divisão realizada na análise de frequência (Figura 18), são apresentadas a seguir, após a apresentação das unidades das características utilizadas nas equações.

$$Q_{\text{BAR}} - \text{m}^3/\text{s} \quad \text{NAAR} - \text{mm} \quad S_{185} - \text{m}/\text{km}$$

$$\text{AREA} - \text{Km}^2 \quad \text{FRQD} - \text{n}^\circ \text{ confluências}$$

Região 1: 30 Postos Fluviométricos

$$Q_{\text{BAR}} = 0.0023 \quad \text{AREA}^{0.894} \quad S_{185}^{-0.378} \quad \text{NAAR}^{0.748}$$

$$R^2 = 96.97\% \quad \text{fsee} = 1.27$$

Região 2: 14 Postos Fluviométricos

$$Q_{\text{BAR}} = 0.119 \quad \text{AREA}^{1.011} \quad S_{185}^{0.357}$$

$$R^2 = 96.67\% \quad \text{fsee} = 1.23$$

Região 3: 8 Postos Fluviométricos

$$Q_{\text{BAR}} = 0.558 \quad \text{AREA}^{0.866}$$

$$R^2 = 90.27\% \quad \text{fsee} = 1.47$$

Região 4: 8 Postos Fluviométricos

$$Q_{\text{BAR}} = 0.056 \quad \text{AREA}^{1.085} \quad S_{185}^{0.594}$$

$$R^2 = 96.47\% \quad \text{fsee} = 1.46$$

Com complementação desta análise para a obtenção das equações de predição das sub-regiões homogêneas, fo-

ram realizadas divisões da região em estudo, em grupos de bacias de acordo com seu tamanho, assim, temos dois grupos de bacias, maiores de  $1000 \text{ km}^2$  e menores de  $1000 \text{ km}^2$ .

Com estes dois grupos realizaram-se as regressões respectivas, analisando os resultados da mesma forma anterior, obtendo-se equações que não são apresentadas pois tem maior erro padrão e menor coeficiente de determinação do que as equações regionais obtidas anteriormente, salientando-se outra vez que o tamanho das bacias não servem como critérios de regionalização da vazão máxima.

Finalmente e depois de analisar o número de bacias que intervem em cada regressão, analisando as equações de predição com base no seu erro padrão fatorial da estimativa ( $f_{see}$ ) e no coeficiente de determinação ( $R^2$ ), foram determinadas as equações mais confiáveis e representativas. As equações mais confiáveis são a equação para a região completa e a equação da sub-região 1, ficando as outras equações para uso particular no critério do usuário.

Esta seleção das duas equações é baseada na análise dos valores residuais, os quais, nas estimativas realizadas com estas equações, são pequenos em relação aos obtidos com as outras equações de predição, e no número de bacias que conformam a região.

A seguir apresentam-se as equações citadas como mais adequadas para sua utilização:

- 1 - Equação de predição da cheia média anual válida para toda a região estudada.

$$Q_{\text{BAR}} = 0.153 \text{ AREA}^{0.99} S_{185}^{0.4} ; \text{ fsee} = 1.35$$

Grupo de variação de estimativa:

$$\frac{\hat{Q}_{\text{BAR}}}{1.35} < Q_{\text{BAR}} \text{ (verdadeiro)} < 1.35 \hat{Q}_{\text{BAR}}$$

2 - Equação de predição da cheia média anual válida para a sub-região hidrológica homogênea nº 1

$$Q_{\text{BAR}} = 0.0023 \text{ AREA}^{0.894} S_{185}^{-0.378} \text{ NAAR}^{0.748} ;$$

$$\text{ fsee} = 1.27$$

Grupo da variação da estimativa:

$$\frac{\hat{Q}_{\text{BAR}}}{1.27} < Q_{\text{BAR}} \text{ (Verdadeiro)} < 1.27 \hat{Q}_{\text{BAR}}$$

#### 4.6. Avaliação da metodologia da regionalização

##### 4.6.1. Aplicação das curvas e equações regionais e análise da predição dos resultados

a) Bacia do rio Lavatudo em Fazenda Mineira

O valor da vazão média anual é estimado a partir da equação regional de predição para a região completa.

$$Q_{\text{BAR}} = 0.153 \text{ AREA}^{0.99} S_{185}^{0.4} \text{ fsee} = 1.35$$

com os valores de:

$$\text{AREA} = 1.108 \text{ km}^2$$

$$S_{185} = 5.5 \text{ m/km}$$

$$\text{obtendo-se } Q_{\text{BAR}} = 313 \text{ m}^3/\text{s}$$

Da curva regional para a região completa(Fig.4), tiram-se os valores correspondentes aos períodos de retorno de 50 e 500 anos para os índices de vazão máxima.

$$Q_{50}/Q_{\text{BAR}} = 1.94$$

$$Q_{500}/Q_{\text{BAR}} = 2.46$$

Utilizando-se estes índices de vazão calculam-se os valores das estimativas da vazão máxima para 50 e 500 anos de período de retorno.

$$Q_{50} = 607 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500} = 770 \text{ m}^3/\text{s}$$

b - Bacia do rio Pelotas em Invernada Velha

A estimativa da vazão máxima média anual é realizada utilizando-se a equação regional de predição para a região 1.

$$Q_{\text{BAR}} = 0.0023 A^{0.894} S_{185}^{-0.378} \text{NAAR}^{0.748}$$

$$f_{\text{see}} = 1.27$$

tendo os valores:

$$\text{AREA} = 3.100 \text{ km}^2$$

$$S_{185} = 2.2 \text{ M/km}$$

$$\text{NAAR} = 1780 \text{ mm}$$

$$\text{obtemos } Q_{\text{BAR}} = 609 \text{ m}^3/\text{s}$$

Da curva regional para a região 1 (Figura 8) tiram-se os valores correspondentes aos períodos de retorno de 50 e 500 anos para os índices de vazão máxima.

$$Q_{50}/Q_{\text{BAR}} = 2.06$$

$$Q_{500}/Q_{\text{BAR}} = 2.65$$

Daí obtêm-se os valores das estimativas correspondentes a esses períodos de retorno.

$$Q_{50} = 1255 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500} = 1614 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) Bacia do arroio Pinhal

Para realizar a estimativa da vazão média anual utiliza-se a equação de predição válida para toda a região em estudo:

$$Q_{\text{BAR}} = 0.153 A^{0.99} S_{185}^{0.4} f_{\text{see}} = 1.35$$

Dentro da equação de predição a utilizar tem-se os seguintes dados necessários obtidos das cartas geográficas (IBGE):

$$\text{AREA} = 54.0 \text{ km}^2$$

$$S_{185} = 18.0$$

Aplicando a equação de predição tem-se o seguinte valor da cheia média anual:

$$Q_{\text{BAR}} = 25.27 \text{ m}^3/\text{s}$$

Os valores dos índices de vazão máxima para os períodos de retorno de 50 e 500 anos, tirados da curva regional (Figura 4), e os valores estimados das cheias máximas para esses períodos, são os seguintes:

$$Q_{50}/Q_{\text{BAR}} = 1.94 \quad ; \quad Q_{50} = 49 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{500}/Q_{\text{BAR}} = 2.46 \quad ; \quad Q_{500} = 62 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### Erro padrão da estimativa

a) Bacia do rio Lavatudo em Fazenda Mineira

Utilizando os valores  $Q(T)/Q_{\text{BAR}}$ , tirados da curva regional de frequência e a equação 3.26, obtêm-se os resultados seguintes:

$$Q(50)/Q_{\text{BAR}} = 1.94 \quad ; \quad \text{VAR} (Q(50)/Q_{\text{BAR}}) = 0.29$$

$$Q(500)/Q_{\text{BAR}} = 2.46 \quad ; \quad \text{VAR} (Q(500)/Q_{\text{BAR}}) = 1.20$$

Isto indica que há uma probabilidade de 66% que o verdadeiro fator da curva de frequência  $Q(50)/Q_{\text{BAR}} = 1.94$  se encontre no intervalo  $2.03 - 0.29$  até  $2.03 + 0.29$  fato semelhante ocorrendo com o outro fator da curva de frequência.

O valor da variancia de  $Q_{\text{BAR}}$  é obtido dos valores do erro padrão da estimativa e o  $Q_{\text{BAR}}$  estimado (ANEXO 36).

$$\text{VAR } Q_{\text{BAR}} = 85.35$$

Então, aplica-se a equação da variancia da estimativa  $Q(T)$  e, com os valores da variancia da estimativa, obtém-se o erro padrão da estimativa (ANEXO 36):

$$\text{see}(Q(50)) = 163.Q$$

$$\text{see}(Q(500)) = 338.0$$

Relacionando-se o erro padrão e o valor da estimativa  $Q(50) = 607 \text{ m}^3/\text{s}$  tem-se um erro padrão que representa 35% da estimativa. Para a estimativa  $Q(500) = 770 \text{ m}^3/\text{s}$  tem-se um erro padrão que representa 40% da estimativa.

b) Bacia do rio Pelotas em Invernada Velha

Utilizando os valores  $Q(T)/Q_{\text{BAR}}$ , tirados da cur

va regional de frequência,  $Q_{\text{BAR}}$  estimado e os valores estimados  $Q(T)$  e aplicando a metodologia do caso a) obtem-se os seguintes resultados:

$$\text{VAR } (Q_{50}/Q_{\text{BAR}}) = 0.061$$

$$\text{VAR } (Q_{500}/Q_{\text{BAR}}) = 0.166$$

$$\text{VAR } Q_{\text{BAR}} = 0.37$$

$$\text{VAR } Q(50) = 22625.3$$

$$\text{VAR } Q(500) = 61568.8$$

$$\text{see } Q(50) = 150 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{see } Q(500) = 248 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) Bacia do arroio Pinhal

Com os valores de  $Q_{\text{BAR}}$  estimado com a equação de predição e seu correspondente  $f_{\text{see}}$  determinamos o erro padrão da estimativa  $\text{see}$ .

$$\hat{Q}_{\text{BAR}} = 25.22 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$f_{\text{see}} = 1.35$$

$$\text{see} = 0.27$$

**Calcula-se o valor da variância de  $Q_{\text{BAR}}$ , obtendo-se:**

$$\text{VAR } Q_{\text{BAR}} = 46.46$$

Conhecendo os valores estimados da  $Q(50) = 49 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q(500) = 62 \text{ m}^3/\text{s}$ , aplica-se igualmente a metodologia, como no caso anterior, obtendo-se os seguintes resultados:

$$\text{see } Q(50) = 15.7$$

$$\text{see } Q(500) = 27.3$$

representando estes valores do erro padrão 32% e 44%, respectivamente, das estimativas de 50 e 500 anos.

#### 4.6.2. Aplicação dos métodos tradicionais

##### a) Método do Soil Conservation Service

Utiliza-se a bacia do rio Lavatudo com seu Posto Fluviométrico em Fazenda Mineira, cujos dados são os seguintes:

Lat.  $28^\circ 07'$

Long.  $50^\circ 01'$

AREA =  $1108,0 \text{ km}^2 = 428 \text{ milhas}^2$

Comprimento do rio principal

MSL =  $68 \text{ km}^2 = 42,3 \text{ milhas}$

Declividade média

SIMS =  $8.53 \text{ m/km}$

Diferença de nível

H =  $580.0 \text{ m} = 1902,9 \text{ pes.}$

A seguir apresenta-se o desenvolvimento da metodologia empregada (ANEXO 4a).

- 1 - Sem contar com os hidrogramas de cheia da região obtêm-se os dados de precipitação diária dos registros de dados pluviométricos do DNAEE, para depois transformá-los em precipitação para 24 e 6 horas de acordo ao método seguido.

A estação pluviométrica representativa da bacia em estudo é a Estação São Joaquim, cujos dados de precipitação diária máxima para cada ano estão na Tabela 3.

- 2 - Aplicando o método de Gumbel para obter as precipitações diárias com períodos de retorno de 50 a 500 anos utilizando-se a série anual de precipitação diária máxima, calculam-se os valores da frequência e da variável reduzida de Gumbel  $Y$  (Tabela 3).

Com os valores obtidos para a curva de frequência, plo-tam-se os pontos ajustando-se a curva à lei de Gumbel (Figura 19). Da mesma forma tiraram-se os valores da precipitação máxima anual para os períodos de retorno determinados.

$$P_{50} = 153,5 \text{ mm} \quad P_{500} = 212 \text{ mm}$$

Corrigiram-se as precipitações obtidas de um dia para 24 horas, utilizando o fator de correção para a região, de 1.14, (Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, 1966).

Este fator é a relação entre a precipitação máxima observada em 1 dia e a precipitação verdadeira em 24 horas.

$$P_{24h}^T = 1.14 P_{dia}^T$$

$$P_{24h}^{50} = 175 \text{ mm}$$

$$P_{24h}^{500} = 242 \text{ mm}$$

- 3 - Determina-se a precipitação de 6 horas sobre 10 milhas<sup>2</sup> que é a área base do método, utilizando o monograma relativo à zona 7 (Bureau Reclamation USA, 1974), porque aquela zona se ajusta as características fisiográficas da região.

$$\text{AREA} = 428 \text{ milhas}^2$$

Do monograma tiram-se os valores correspondentes à AREA, sendo o valor para uma precipitação pontual de duração de 24 horas, que são os dados iniciais, e o valor de percentagem de área para uma cheia pontual de 6 horas de duração, que se escolhe como período máximo de duração da chuva de acordo com o método utilizado e com base no tamanho da bacia.

$$p_{24h}^{\text{pontual}} = 128\%$$

$$p_{6h}^{\text{pontual}} = 100\%$$

$$\frac{p_{6h}^{\text{pont}}}{p_{24h}^{\text{pont}}} = 100/128 = 0.78$$

$$p_{6h}^{\text{pont}} = 0.78 \quad p_{24h}^{\text{pont}}$$

$$T = 50 \text{ anos: } p_{6h}^{\text{pont}} = 137 \text{ mm}$$

$$T = 500 \text{ anos: } p_{6h}^{\text{pont}} = 189 \text{ mm}$$

- 4 - Ajustam-se os valores da precipitação de 6 horas sobre 10 milhas<sup>2</sup> aos valores para a AREA correspondente utilizando o mesmo monograma utilizado.

T = 50 anos

Duração (horas)	% p <sub>6h</sub> área	Chuva total (mm)
0 - 6	65	89.1
6 - 12	81	111.0
12 - 24	92	126.0
24 - 48	103	141.1

T = 500 anos

% p <sub>6h</sub> área	Chuva total (mm)
65	122.9
81	153.1
92	173.9
103	194.7

- 5 - Determinam-se as quantidades horárias de precipitação dentro do primeiro período máximo de 6 horas pelas percentagens de valores da curva para a zona C (Bureau Reclamation, 1974), que corresponde as características da região.

## Quadro de Precipitação Horária para um Período de 6 horas

T = 50 anos				T = 500 anos		
Tempo (hora)	% P <sub>6h</sub>	P <sub>acum</sub> (mm)	$\Delta P$ (mm)	% P <sub>6h</sub>	P <sub>acum</sub> (mm)	$\Delta P$ (mm)
1	46	41.0	41.0	46	60.2	60.2
2	64	57.0	16.0	64	78.2	18.5
3	75	66.8	9.8	75	92.2	13.5
4	84	74.8	8.0	84	103.2	11.0
5	92	82.0	7.2	92	113.1	9.0
6	100	89.1	7.1	100	112.9	9.8

6 - Escolhendo 48 horas como tempo máximo de duração de chuva pela área da bacia, tabula-se a sequência da precipitação de 48 horas com os incrementos de tempo, de precipitação e as quantidades acumuladas de precipitação.

A precipitação por incremento durante o período máximo de 6 horas é ordenada na ordem seguinte: 1, 2, 3, 4, e 6, sendo uma ordem conveniente para dar uma cheia supondo que o incremento horário maior ocorre na sexta hora da precipitação.

## Precipitação de Projeto

Tempo (horas)	T = 50 anos		T = 500 anos	
	$\Delta P$ (mm)	P <sub>acum</sub> (mm)	$\Delta P$ (mm)	P <sub>acum</sub> (mm)
0 - 1	41.0	41.0	60.2	60.2
1 - 2	16.0	57.0	18.5	78.7
2 - 3	9.8	66.8	13.5	92.2
3 - 4	8.0	74.8	11.0	103.2
4 - 5	7.2	82.0	9.9	113.1
5 - 6	7.1	89.1	9.8	122.9
6 - 12	21.9	111.0	30.2	153.1
12 - 24	15.0	126.0	20.8	173.9
24 - 48	15.1	141.1	20.8	194.7

7 - Determinam-se as perdas por infiltração tomando para a região estudada  $CN = 60$ , de acordo às características semelhantes da região descritas para a curva de número 60 (Bureau of Reclamation, 1974); calculando o escoamento superficial ou chuva efetiva (Anexo 4a), obtem-se:

$$S = 6.67 \text{ plg} = 169.4 \text{ mm}$$

e os seguintes valores de escoamento superficial ou chuva efetiva:

## Escoamento Superficial

T = 50 anos						T = 500 anos				
Tempo (horas)	$\Delta P$	$P_{acum}$	Escoamento		$\Delta Perd.$	$\Delta P$	$P_{acum}$	Escoamento		$\Delta Perd.$
			ACUM	$\Delta$				ACUM	$\Delta$	
0 - 1	41.1	41.1	0.30	0.30	40.7	60.2	60.2	3.5	3.5	56.7
1 - 2	16.0	57.0	2.8	2.5	13.2	18.5	78.7	9.4	5.9	12.6
2 - 3	9.8	66.8	5.4	2.9	6.9	13.5	92.2	14.9	5.5	8.0
3 - 4	8.0	74.8	8.0	2.6	5.4	11.0	103.2	20.1	5.2	5.8
4 - 5	7.2	82.0	10.6	2.6	4.6	9.9	113.1	25.2	5.1	4.8
5 - 6	7.1	89.1	13.6	3.0	4.1	19.8	122.9	30.7	7.4	6.1
6 - 12	21.9	111.0	24.1	10.5	10.4	30.2	153.1	49.2	18.5	11.7
12 - 24	15.0	126.0	32.4	8.3	6.7	20.8	173.9	63.4	14.2	6.6
24 - 48	15.1	141.1	41.6	9.2	5.9	20.8	194.7	78.3	14.9	5.9

8 - Determina-se o tempo de concentração obtendo-se:

$$T_c = 12 \text{ horas}$$

Com base no tempo de concentração determinam-se os valores dos incrementos de tempo  $D$ , que para as primeiras doze horas é:

$$D \approx T_c/5$$

Assim, se têm os seguintes incrementos:

$$0 - 6 : D = 2 \text{ horas}$$

$$6 - 12 : = 4 \text{ horas}$$

$$12 - 24 : = 6 \text{ horas}$$

$$24 - 48 : = 12 \text{ horas}$$



.../...

4 - 6	5.6	28	156.8	4	12.2	25.9
6 - 12	10.5	23	241.0	6	16.2	33.2
12 - 24	8.3	17	141.0	12	25.2	47.0
24 - 48	9.2	17	156.0	24	37.2	59.0

T = 500 anos

Tempo (horas)	Escoam.	q <sub>p</sub> (lmm)	q <sub>p</sub> (Esc.)	Hidrograma dos incrementos		
				Início	Máximos	Fim
0 - 2	9.4	28	263	0	8.2	21.9
2 - 4	10.7	28	300	2	10.2	23.9
4 - 6	12.5	28	350	4	12.2	25.9
6 - 12	18.5	23	426	6	16.2	33.2
12 - 24	14.5	17	247	12	25.2	47.0
24 - 48	14.9	17	253	24	37.2	59.0

Com os valores correspondentes a cada hidrograma para os períodos de retorno dados, conformados pelos HU triangulares para cada incremento, isto é, os valores do pico, hora de início, hora do pico (máximo) e hora do fim do HU triangular, desenham-se todos os HU triangulares para cada hidrograma e depois faz-se a soma gráfica das ordenadas em cada intervalo de tempo para finalmente obter-se o hidrograma da cheia máxima, para o período de retorno considerado (Figuras 16 e 17), e os seguintes valores das vazões máximas:

$$Q_{50} = 702 \text{ m}^3/\text{s} \quad ; \quad Q_{500} = 1030 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Aplicação do Método Soil Conservation Service na bacia do rio Pelotas em Invernada Velha

Lat. 28° 50'      Long 50° 40'

AREA = 3100 km<sup>2</sup> = 1202 milhas<sup>2</sup>

L = 292 km = 182.5 milhas

H = 1300 m = 4265 pes

Utilizaram-se os mesmos dados da precipitação diária máxima anual da Estação São Joaquim (Tabela 3), pois encontra-se na parte superior desta bacia.

Da Figura 19 tiram-se os valores da precipitação diária máxima correspondentes aos períodos de retorno de 50 e 500 anos

$P_{50} = 154 \text{ mm}$

$P_{500} = 212 \text{ mm}$

Aplicando a mesma metodologia utilizada no caso anterior chega-se a determinar a precipitação pontual para 6 horas de duração numa área de 10 milhas<sup>2</sup>

$T_{50} : p_{6h}^{\text{Pontual}} = 140 \text{ mm}$

$T_{500} : p_{6h}^{\text{Pontual}} = 190 \text{ mm}$

E se obtêm os seguintes hidrogramas triangulares:

T = 50 anos

Tempo (horas)	$\Delta$ Escoam.	$q_p$ (lmm) (m <sup>3</sup> /s)	$q_p(\Delta$ Esc) ( m <sup>3</sup> /s)	Hidrograma dos incrementos		
				Início	Máximo	Fim
0 - 6	7.0	26.2	183.4	0	24.6	65.6
6 - 12	19.0	26.2	497.8	6	30.6	71.6
12 - 24	14.0	23.4	327.6	12	36.6	77.6
24 - 48	21.0	23.4	491.4	24	48.6	89.6

T = 500 anos

Tempo (horas)	Escoam.	$q_p$ (lmm) (m <sup>3</sup> /s)	$q_p$ (Esc.) (m <sup>3</sup> /s)	Hidrograma dos incrementos		
				Início	Máximo	Fim
0 - 6	8.0	26.2	209.6	0	24.6	65.6
6 - 12	28.0	26.2	733.6	6	30.6	71.6
12 - 24	19.0	23.4	444.6	12	26.6	77.6
24 - 48	29.0	23.4	678.6	24	48.6	89.6

Desenham-se os hidrogramas triangulares e obtém-se o valor acumulado da vazão máxima para cada período de retorno, da mesma forma que se fez no caso anterior.

$$Q_{50} = 1120 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_{500} = 1550 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) Método racional

Aplica-se na bacia do arroio Pinhal, tomando como referência a união com o arroio da Glória antes deste desembocar no rio Pelotas.

As características da bacia obtidas das cartas geográficas IBGE em escala 1:100.000 são as seguintes:

$$\text{AREA} = 54.0 \text{ km}^2$$

$$L = 22.5 \text{ km}$$

$$H = 320 \text{ m}$$

A metodologia usada nesta aplicação do método racional é apresentada no (Anexo 46).

- Cálculo do tempo de concentração

$$T_c = 3.75 \text{ horas}$$

O  $T_c$  obtido é um valor aceitável, pois com ele se teria uma velocidade média normal em rios deste tipo:

$$v = L/T_c = 1.60 \text{ m/s}$$

Aproximando o valor de  $T_c = 4$  horas.

- Do mapa de isoietas para 30 minutos com período de retorno de 50 anos, tira-se o valor da precipitação para 30 minutos  $h_{30}$ , que corresponde a região do arroio em estudo; realizando o cálculo de  $Q_{50}$  com base no gráfico para este cálculo (Pinto et alii, 1976).

$$h_{30} = 60 \text{ mm}$$

$$h = 0.264 h_{30} T_c^{0.392} (\text{min}) ; \quad (\text{mm})$$

$$h = 121.3$$

$$i_{T_c} = 0.50 \text{ mm/min}$$

Com base nas equações para estimativa do coeficiente de escoamento (Anexo 4b) calcula-se este valor grandeza obtendo-se valores muito baixos, assumindo o valor de  $C = 0.35$  de acordo com os valores de  $C$  para terrenos ondulados e cultivados e levando em conta também o coeficiente de redução de área 0.70, pois a chuva se distribui igualmente em toda a bacia; assim, aplicando-se a fórmula racional (Anexo 4b), obtém-se a vazão máxima para  $T = 50$  anos.

$$Q(50) = 110 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.6.3 Comparação e análise de resultados

##### a) Bacia do rio Lavatudo em Fazenda Mineira

Utilizando a curva individual de frequência do pos

to rio Lavatudo em Fazenda Mineira (Figura 3), determina-se o valor do índice de vazão máxima para  $T = 50$  anos,  $Q(50)/QBAR = 1.8$ , o mesmo não podendo ser determinado para período de retorno mais alto.

Com o valor deste índice de vazão determina-se a seguir, o valor da vazão máxima para o período de retorno de 50 anos, considerando-o como "verdadeiro" para termos de comparação; utiliza-se também o valor de QBAR (Tabela 2).

$$QBAR = 458 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q(50) = 824 \text{ m}^3/\text{s}$$

Na aplicação do método do Soil Conservation Service se obteve os seguintes resultados:

$$Q(50) = 702 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q(500) = 1030 \text{ m}^3/\text{s}$$

Aplicando as curvas regionais, determinam-se os valores seguintes:

$$Q(50) = 607 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q(500) = 770 \text{ m}^3/\text{s}$$

Comparando todos estes resultados obtidos nas estimativas com o valor considerado como verdadeiro, ve-se que a variação entre eles não supera a 26%, para o período de retorno de 50 anos. Considerando os valores estimados para  $T = 500$  anos e sem a existência do valor verdadeiro vemos que entre eles a diferença não atinge 33%, tendo-se, entre os valores de QBAR, uma diferença de 32%.

Tomam-se como valores verdadeiros para o posto fluviométrico do rio Pelotas em Invernada Velha, QBAR observada =

745 m<sup>3</sup>/s e a vazão máxima para T = 50 anos, Q(50) = 1210 m<sup>3</sup>/s, extraída da curva individual de frequência do posto. Comparando o valor verdadeiro de QBAR com a estimativa, QBAR = 609 m<sup>3</sup>/s, ve-se que o erro não ultrapassa 18% quando se tem somente 12 anos de dados. Com os valores de Q(50) = 1255 m<sup>3</sup>/s e Q(500) = 1614 m<sup>3</sup>/s, estimados com o método regional e os valores Q(50) = 1120 m<sup>3</sup>/s e Q(500) = 1550 m<sup>3</sup>/s, estimados pelo método Soil Conservation realiza-se a comparação, (Tabela 23). A diferença de estimativa da vazão Q(50), utilizando os dois métodos, não supera 7% do valor considerado como verdadeiro, e entre os valores Q(500) correspondentes aos métodos regional e Soil Conservation, tem-se uma diferença de 4%, o que representa uma apreciação da boa estimativa que se pode obter rapidamente usando as curvas e equações regionais.

Assim, pode-se dizer que as estimativas estão dentro da margem de erro aceitável, pois as séries de dados utilizadas neste estudo e especificamente nesta estimativa não são muito longas. Deve assinalar-se a vantagem do uso das equações regionais, por permitirem estimar valores com períodos de retorno bem maiores do que os que se poderia obter, só com a curva individual de frequência.

#### b) Bacia do arroio Pinhal

Na utilização do método racional sobre esta bacia do arroio Pinhal, se obteve o seguinte resultado para a estimativa da vazão máxima com 50 anos de período de retorno:

$$Q(50) = 110 \text{ m}^3/\text{s}$$

Utilizando a curva regional resultaram as seguin

tes estimativas:

$$Q(50) = 49 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q(500) = 62 \text{ m}^3/\text{s}$$

Deve-se ter muito cuidado na aplicação do método racional, pois o mesmo levaria a valores estimados tão altos que modificariam em muito a decisão de um projeto. Ao utilizarem-se os dados obtidos com regionalização da vazão máxima deve-se levar em conta o erro padrão que neste caso é de  $\pm 30\%$  ficando ao critério do hidrólogo a determinação deste valor. Além disso, também se deve salientar que nesta estimativa a aplicação das curvas e equações regionais não foi examinada para tamanhos tão pequenos de bacias.

Esta comparação não pode ser conclusiva pois, em geral, o método racional super-dimensiona, enquanto que o método regional é confiável para o tamanho de bacias utilizadas no estudo, que são de 300 a 10.000 km<sup>2</sup>.

#### 4.7 Discussão final

Os resultados obtidos na regionalização hidrológica utilizando o critério de subdivisão a partir dos valores residuais entre valores observados e estimados e sua divisão hidrográfica indica que os outros critérios utilizados, como a elevação ou relevo e o tamanho das bacias, neste caso, não foram válidos para a subdivisão em regiões homogêneas.

A região hidrológica homogênea (1) é a que se apresenta melhor definida, pois a curva de frequência regional obtida se ajusta melhor do que as outras curvas regionais e igualmente a equação regional de predição da cheia média anual da

região (1) apresenta um erro padrão da estimativa aceitável, indicando com isto que as características da bacia se relacionam melhor com a vazão média anual do que com relação às outras regiões, já que aquela conta um maior número de postos no seu interior.

As três regiões hidrológicas homogêneas restantes 2, 3 e 4 estão também bem definidas, embora se deve dispor de um número maior de dados e postos fluviométricos a fim de poder avaliar sua divisão, sua separação correta e obter melhores ajustes das curvas de frequência e equações regionais com menor erro padrão e maior coeficiente de determinação.

Com uma maior informação hidrológica de postos fluviométricos se pode definir numa só região ou diferenciar bem as regiões 3 e 4, obtendo curvas de frequência bem definidas para cada região e equações regionais de predição com menor erro padrão da estimativa. No entanto os resultados obtidos são válidos para o uso imediato, podendo-se escolher entre o uso destas curvas e equações ou a utilização da curva regional da região completa e sua equação regional de predição.

A utilização do período normal de dados, deu como resultado uma curva de frequência regional melhor definida à lei de Gumbel, mas sempre sem chegar a atingir valores de período de retorno altos, o que se pode conseguir utilizando um período mais longo de dados.

Dentro dos resultados obtidos com as regressões múltiplas pode-se ver que só numa das equações escolhidas como válidas para o uso da estimativa de cheia média anual, consta a precipitação média anual (NAAR), embora sendo uma carac-

terística importante que deveria estar sempre relacionada com a vazão média anual; isso demonstra que se deve ter muito cuidado na apreciação e estimativa dos valores a serem utilizados nas regressões múltiplas.

As características AREA e declividade entre 10% e 85% do comprimento do rio principal S185, intervêm em todas as equações obtidas que têm melhores resultados na regressão e já foi demonstrado por muitos autores a estreita correlação entre a área e a vazão máxima e, igualmente, desta última com a declividade.

A frequência de drenagem FRQD intervêm só numa equação regional escolhida; nas outras analisadas pode-se ver que não é muito bem correlacionada com a vazão média anual. As outras características da bacia, como a declividade total, SIMS, tem menor correlação com a vazão média anual do que a S185, e o comprimento do rio principal, MSL, que apresenta um baixo coeficiente de correlação com a vazão média anual.

Dentro da avaliação da metodologia de regionalização foi possível observar que com muitas curvas individuais de frequência, não se consegue estimar cheias com períodos de retorno altos, enquanto que, aplicando a curva regional, obtêm-se facilmente esses valores.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 5.1 Conclusões

As curvas e equações regionais obtidas podem ser utilizadas para a estimativa de cheias com períodos de retorno de até 500 anos, em toda a área do Estado do Rio Grande do Sul e no sul do Estado de Santa Catarina, incluindo-se locais que não entraram na análise, mas que se encontram dentro das sub-regiões hidrológicas homogêneas.

De modo geral, o método é aplicável a bacias de mais de 100 km<sup>2</sup>, até bacias que superam os 10.000 km<sup>2</sup>. Os erros da estimativa de cheia em bacias pequenas são em proporção maior do que para grandes bacias, devido a maior variabilidade inerente à resposta de pequenas áreas e também pelo número reduzido de bacias pequenas com dados que foram analisadas neste estudo. Este é o problema comum quando se estima cheias. A precisão da estimativa em pequenas bacias apenas pode ser melhorada pela coleta de um grande número de dados para diversos tipos de bacias pequenas.

De acordo com o gráfico, relacionando valores observados e estimados de cheia média anual, utilizando as equações de predição observa-se que as estimativas estão próximas da linha de 45°, tanto as situadas abaixo como acima da curva, o que mostra que as estimativas não tem uma tendenciosidade sistemática. Assim, a equação tem igual probabilidade de prever para mais como para menos, tanto em bacias de tamanho médio como grande.

As equações de predição obtidas e selecionadas

são de muita utilidade pois permitem estimar a cheia média a nual em locais sem dados, e assim determinar estimativas com diversos períodos de retorno para a vazão máxima anual, com um erro determinado.

A utilização adequada da metodologia de regionalização para a obtenção de bons resultados e a utilização dos mesmos baseia-se no conhecimento de aplicação do método, pois em todos os casos o critério hidrológico utilizado para a escolha de um valor ou parâmetro é fundamental no êxito da estimativa.

Dentro da regionalização da vazão máxima, a subdivisão regional agrupando bacias que se ajustam melhor a uma equação de predição de cheia média anual, dá a certeza de realizar uma boa subdivisão regional obtida na análise de frequência das cheias.

O estudo aqui apresentado simplificou futuras estimativas de cheia para locais de interesse, sejam controladas ou não, pois a utilização das equações e curvas é simples e rápida.

Com base na divisão hidrológica homogênea e mediante a aplicação dos resultados das curvas e equações regionais, pode-se estimar valores de vazão máxima futuros e conhecer hidrológicamente toda a região.

A aplicação das curvas com equações regionais não é aplicável a regiões com influência hidrológica de bacias urbanas, seções sujeitas a remanso, lagos e reservató rios, fatores que não foram considerados no estudo, uma vez que a utilização nas ditas áreas levaria a erros muito maio-

res que os esperados.

Deve-se salientar também que a utilização dos resultados deste estudo na estimativa de valores em regiões com poucos dados, induz a um erro maior do que nas regiões com maior número de dados.

A regionalização feita para a vazão máxima aumenta a confiabilidade das características de frequência dentro de uma região hidrológica homogênea, proporcionando, também, a possibilidade de estimar vazões com período de retorno muito superiores do que o período de dados.

Na aplicação da metodologia de regionalização, os postos fluviométricos com menos de 5 anos de registro de vazão devem ser excluídos, visto que a vazão média anual não é representativa da população.

A não utilização dos postos fluviométricos com períodos curtos de dados é devida a que o índice de vazão máxima pode não ser característico e variar para diferentes períodos de retorno. Deve-se, portanto, usar postos fluviométricos com registro de dados com mais de 10 anos.

## 5.2 Recomendações

Deve-se utilizar períodos uniformes de dados ou seja, um período comum para todos os postos analisados, com o objetivo de obter melhores ajustes das curvas de frequência. Tenta-se, também, utilizar séries longas para poder estimar vazões com altos períodos de retorno, e reduzir o erro padrão da estimativa.

Com o aumento do período de registro de dados e

a realização de outra análise regional no futuro, poderemos definir definitivamente as regiões hidrológicas com suas curvas de frequência e equações de predição da cheia média anual; tal é o caso das regiões 3 e 4 determinadas neste estudo, que poderiam ser unificadas ou melhor definidas, para a obtenção de melhores estimativas de vazão máxima.

Além do aumento das séries de dados, para melhorar as regressões múltiplas entre as características da bacia e a vazão média anual, deveria-se determinar mais exatamente essas características. Por outro lado, com relação a precipitação média anual, aumentando-se o número de dados de precipitação total anual e realizando correlações entre altura e precipitação, define-se um melhor traçado das isoietas e uma melhor estimativa da precipitação média anual.

Um estudo futuro interessante e complementar a este, seria aquele que analisasse a forma dos hidrogramas unitários de diversas bacias e para cada região hidrológica homogênea, para assim poder estimar um hidrograma unitário sintético a partir das características da bacia, para cada região, e com ele, partindo de um valor de vazão máxima, determinar o volume de cheia que ocorrerá num determinado período de retorno dado pela vazão máxima utilizada.

Na aplicação desta metodologia em outras regiões, devido a causa de formação das cheias, deve-se separar as regiões onde as cheias são produzidas pela precipitação daquelas onde o degelo influe na formação de cheias e, igualmente, onde os fortes ventos provocam movimentação de massas de ar e chuvas fortes. Separando-se cada região que sofra esses fenô

menos como regiões hidrológicas homogêneas, torna-se provável uma análise individual.

As equações de predição selecionadas neste estudo devem ser utilizadas em lugares onde não existam dados, pois em lugares com postos fluviométricos deve-se estimar a vazão máxima com base nos dados existentes.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- BENSON A. (1967), Evolution of Methods for Evaluation, The occurrence of floods. USGS. Paper 1580-A.
- CRUFF R.W. (1965), A comparison of Methods used in Flood-frequencies studies for Coastal Basins in California. Paper 1580-E.
- DALRYMPE T.E. (1966), Flood-frequency Analyses, USGS. Paper 1543-A.
- DRAPER-SMITH (1966), Applied Regression Analyses. Wiley Series in probability and Mathematical Statics-Applied.
- FARQUHARSON F.; MACKNEY D.; NEWSON M.D.; THOMANSSON A.J., (1978), Estimation of run-off Potential of Rivercatchments from Soil Surveys. (special survey n° 11).
- FARQUHARSON F. (1981), Manual do Projeto de Estimativa de Cheia para o Estado do Rio Grande do Sul. UNDP-UNESCO, Projeto BRA/75/007, IPH, Publicação n° 18.
- GUIMARÃES V. (1979), Análise Regional - Cálculo de expressões de regionalização para a bacia do rio Jequitinhonha. III Simpósio Brasileiro de Hidrologia, Vol. I, Brasília.
- HELY A.G. (1964), Areal Variations of Mean Annual Runoff. Journal of the hydraulic division. 90(5).
- INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (1966), Drenagem Urbana.
- KITE G.W. (1967), Regional Analyses.
- LINSLEY, KOHLER and PAULHUS (1975), Hydrology for Engineers. McGraw-Hill.
- MATALAS N.C., GILROY E.J. (1968), Some Comments on Regionalization in Hydrologic Studies. Water Resources Research 4(6).
- MCMAHON J.A. (1969), Water Resources Research: Aspects of a Regional Study in the Hunter Valley, New South Wales. Journal of Hydrology 7, Amsterdam.
- METEOROLOGICAL OFFICE. CLIMATOLOGICAL SERVICE (M.O.3). Great -

- Britain (1960), Estimation of standard period averages for stations with incomplete data. Hydrological Memoranda Nº 5.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA E DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DNAEE). (1979), Inventário das Estações Pluviométricas, Inventário das Estações Fluviométricas e Boletim Fluviométrico.
- NERC (1975), Flood Studies Report. Institute of Hydrology of Wallingford.
- PINTO-HOLTZ-MARTINS-GOMIDE. (1976), Hidrologia Básica, MEC - Brasil.
- SEARCY J.K.; HARDSON C.H. (1960), Double-mass Curves, Manual of Hydrology: Part 1. USGS. Paper 1541-1.
- SIMMERS I. (1975), The Use of Regional Hydrology Concept for Spatial Translation of Stream Flow Data. Publication Nº 17 da L'Association International de Sciences Hydrologiques, Symposium de Tokio.
- SOLOMON S.I. (1976), Parameter Regionalization and Network Design, in Shen H.W., Ed. Stochastic Approaches to Water Resources. Fort Collins, Vol. 1.
- SOUZA-TUCCI-SILVEIRA-REZENDE. (1981), Quantificação das Disponibilidades Hídricas Superficiais; Região Noroeste do Estado de Minas Gerais. Revista de Hidrologia e Recursos Hídricos, Vol. 3 Nº 1, São Paulo.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION, WASHINGTON, D.C. (1965), Design of Small Dams, Cap. 2.
- WMO (1969), Estimation of Maximum Floods, (Nº 233, TPI26) note 98.
- YEVJEVICH V. (1978), Regional Analyses of Hydrologic Data. Fort Collins, Colorado, USA.
- VEN TE CHOW (1964), Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Co.
- ZEKAI S. (1979), Regional Drought and Floods Frequency Analyses Theoretical Consideration. Journal of Hydrology, 46.

TABELAS

## Postos fluviométricos selecionados para o estudo regional da vazão máxima

POSTOS FLUVIOMETRICOS ESCOLHIDOS PARA O ESTUDO REGIONAL DA VAZÃO MÁXIMA -- IPIH/CURSO PÓS-GRADUAC-D/60-61							
POSTO NÚM.	NOME DO POSTO	LATITUDE	LONGITUDE	ÁREA-KM2	INÍCIO	FIM	GRAU ENTIDADE
762v	0 RÍO IBICUI EM PASSO SANTA VITÓRIA	29 50	54 48	5679,0	1925	1978	C/D DNAEE
760v	0 RÍO JAGUARI EM PASSO DO LURETO	29 41	54 56	4563,0	1926	1978	C DNAEE
854v	0 RÍO JACUI EM DONA FRANCISCA	29 36	53 21	13975,0	1940	1978	C/D DNAEE
8547	0 RÍO VACACAI EM PONTE SÃO GABRIEL	30 20	54 18	960,0	1967	1978	C DNAEE
855v	0 RÍO VACACAI EM PASSO DO VERDE	29 56	53 42	5343,0	1967	1978	B DNAEE
856v	0 RÍO VACACAI EM PASSO DAS TUNAS	29 55	53 25	6782,0	1960	1978	B/C DNAEE
858v	0 RÍO PARDINHO EM SANTA CRUZ	29 43	52 20	816,0	1964	1978	B DNAEE
859v	0 RÍO JACUI EM RIO PARDO	29 59	52 21	36104,0	1964	1978	B/C DNAEE
863v	0 RÍO SANTA RITA EM PONTE SANTA RITA	28 19	51 19	325,0	1927	1978	C/D DNAEE
8687	0 RÍO TAQUARI EM LAJADO	29 25	51 57	23272,0	1939	1976	C DNAEE
8727	0 RÍO CAI EM PASSO MONTENEGRO	29 42	51 25	4330,0	1939	1978	B DNAEE
8736	0 RÍO DOS SINOS EM CAMPO BOM	29 41	51 2	2875,0	1939	1978	B DNAEE
87362000	0 RÍO DOS SINOS EM SÃO LEOPOLDO	29 54	51 9	3145,0	1971	1978	B DNAEE
874v	0 RÍO GRAVATAI EM PASSO DAS CANOAS	29 58	50 59	1695,0	1930	1977	B DNAEE
880v	0 RÍO PIRATINI EM PICADA NOVA	31 48	52 51	2236,0	1965	1977	C/D DNAEE
880v	0 RÍO PIRATINI EM PASSO DO RICARDO	31 54	52 39	5396,0	1961	1978	B/C DNAEE
888v	0 RÍO PELotas EM PTE. CORDEIRO DE FARIAS	31 36	52 26	362,0	1964	1978	B DNAEE
897v	0 RÍO FRAGATA EM PASSO DOS CARROS	31 44	52 26	132,0	1965	1978	C/D DNAEE
734v	0 RÍO PASSO FUNDO EM JOSÉ BONIFÁCIO	27 42	52 45	1900,0	1948	1970	C CEEE
851v	0 RÍO GRANDE EM PONTE IBIRUBA	28 35	53 55	306,0	1948	1968	C CEEE
851v	0 RÍO JACUI MIRIM EM PTE. SANTO ANTONIO	28 33	53 10	756,0	1928	1977	C/D CEEE
852v	0 RÍO JACUI MIRIM EM PASSO DO LOGOAO	28 49	53 4	1555,0	1942	1970	B/C CEEE
852v	0 RÍO JACUI EM SALTO GRANDE	29 2	53 11	8218,0	1939	1958	C SOPRS
85305000	0 RÍO JACUI EM VOLTA GRANDE I	29 26	53 17	13265,0	1968	1979	C/D CEEE
8612	0 RÍO TAINHAS EM TAINHAS	29 16	50 18	222,0	1946	1975	C/D CEEE
725v	0 RÍO LIGEIRO EM PASSO DO LIGEIRO	28 3	51 54	537,0	1927	1978	C/D DNAEE
723v	0 RÍO PELotas EM PASSO DO VIRGILIO	27 30	51 43	29619,0	1971	1978	C/D DNAEE
724v	0 RÍO FERQUILHA EM PASSO DO GRANZOTTO	27 55	51 45	1756,0	1927	1978	C DNAEE
726v	0 RÍO LIGEIRO EM PASSO COLOMBELLI	27 34	51 51	3718,0	1940	1978	B/C DNAEE
734v	0 RÍO PASSO FUNDO EM PTE. RIO PASSO FUNDO	27 23	52 43	3769,0	1971	1978	B DNAEE
735v	0 RÍO UNUGUAI EM PASSO CAXAMBU	27 10	52 52	52832,0	1940	1976	B/C DNAEE
741v	0 RÍO UNUGUAI EM IPATÍ	27 11	53 15	62199,0	1941	1978	C DNAEE
7427	0 RÍO DA VARZEA EM PASSO RIO DA VARZEA	27 16	53 10	5356,0	1940	1978	B/C DNAEE
744v	0 RÍO TURVO EM ENGENHO	27 40	53 47	392,0	1942	1960	C/D DNAEE
746v	0 RÍO BURICA EM CASLATA BURICA	27 31	54 15	2265,0	1942	1978	C DNAEE
747v	0 RÍO SANTA ROSA EM TUCUNDUYA	27 39	54 20	1139,0	1942	1978	C DNAEE
749v	0 RÍO CUMANJAI EM LINHA UNIAO	27 59	54 55	1248,0	1970	1978	B/C DNAEE
75105000	0 RÍO POTIRIBU EM PTE. NOVA DO POTIRIBU	29 26	53 51	628,0	1963	1978	B DNAEE
752v	0 RÍO CONCEIÇÃO EM CONCEIÇÃO	28 30	53 54	865,0	1942	1978	C DNAEE
752v	0 RÍO IJUI EM SANTO ANGELO	28 21	54 16	5418,0	1942	1978	C/D DNAEE
753v	0 RÍO IJUI EM PASSO VIOLA	28 14	54 35	8803,0	1942	1978	C DNAEE
762v	0 RÍO SANTA MARIA EM DOM PEDRITO	30 59	54 42	2101,0	1941	1978	C/D DNAEE
763v	0 RÍO SANTA MARIA EM ROSARIO DO SUL	30 15	54 55	11537,0	1967	1978	C DNAEE
766v	0 RÍO ITU EM CACHOEIRA SANTA CECILIA	29 13	55 28	1579,0	1924	1962	B/C DNAEE
766v	0 RÍO ITU EM PASSO DA CACHOEIRA	29 18	55 42	2578,0	1962	1975	C DNAEE
767v	0 RÍO IBIRAPUITA EM PASSO DOS BRITOS	29 58	55 45	3201,0	1940	1946	C/D DNAEE
767v	0 RÍO IBIRAPUITA EM ALFRETE	29 47	55 47	5945,0	1941	1975	A/B DNAEE
753v	0 RÍO IJUI EM PASSO FLORIDA	28 12	54 55	10033,0	1971	1978	C/D DNAEE
764v	0 RÍO JAGUARI EM JAGUARI	29 30	54 51	2244,0	1942	1978	C DNAEE
765v	0 RÍO IBICUI EM JACAQUA	29 41	55 11	27252,0	1967	1978	C/D DNAEE
765v	0 RÍO MIRACATU EM PONTE DO MIRACATU	29 28	55 16	365,0	1965	1978	C DNAEE
765v	0 RÍO IBICUI EM MANDEL VIANA	29 36	55 29	28799,0	1967	1978	A/B DNAS
766v	0 RÍO IBICUI EM PASSO DO ITAUM	29 27	55 44	30478,0	1967	1978	B/C DNAEE
768v	0 RÍO IBICUI EM PASSO MARIANO PINTO	29 18	56 3	42014,0	1942	1978	C/D DNAEE
761v	0 RÍO TUROPI EM VILA CLARA	29 33	54 20	2810,0	1942	1978	C DNAEE
7612	0 RÍO TUROPI EM PONTE TUROPI	29 40	54 20	3347,0	1926	1975	C/D DNAEE
703v	0 RÍO LAVATUDO EM FAZENDA NINEIRA	28 7	50 1	1108,0	1942	1978	C DNAEE
707v	0 RÍO PELotas EM PASSO SOCORRO	28 22	50 46	9009,0	1940	1978	C/D DNAEE
712v	0 RÍO CANOAS EM VILA CANOAS	27 48	49 46	955,0	1928	1978	C DNAEE
712v	0 RÍO JOÃO PAULO EM PTE. R. JOÃO PAULO	27 46	49 36	562,0	1929	1978	C/D DNAEE
713v	0 RÍO CANOAS EM RIO BONITO	27 42	49 50	1990,0	1942	1976	C DNAEE
713v	0 RÍO CANOAS EM ENCRUZILHADA	27 31	50 7	2900,0	1921	1978	C DNAEE
71303000	0 RÍO CANOAS EM PTE. ALTO DO SUL	27 29	50 23	4600,0	1927	1978	C DNAEE
714v	0 RÍO MAROMBAS EM PTE. MAROMBAS	27 14	50 28	355,0	1929	1978	B DNAEE
715v	0 RÍO CANOAS EM PASSO CARU	27 33	50 51	10180,0	1921	1978	C/D DNAEE
716v	0 RÍO CANOAS EM COLONIA SANTANA	27 39	51 4	13400,0	1964	1978	C DNAEE
733v	0 RÍO IHANI EM RONITO	26 57	52 10	630,0	1921	1978	C/D DNAEE
733v	0 RÍO IHANI EM PASSO ALTO IHANI	26 59	52 21	980,0	1928	1978	C/D DNAEE

VAZÕES MÁXIMAS MENSAIS E ANUAIS --- REGIONALIZAÇÃO DA VAZÃO MÁXIMA DO ESTADO DO R.G.S.

STATION NUMBER	RIO LAVATUDO EM FAZENDA MINEIRA												LATITUDE	80 75	LONGITUDE	0 10	ÁREA	1108.0 SQ
YEAR	JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANNUAL					
1942	-1.0	-1.0	-1.0	222.0	99.0	32.2	135.0	137.0	34.1	20.2	11.0	34.1	-1.0					
1943	11.0	19.1	19.1	14.6	147.9	155.0	147.0	656.0	268.0	39.4	47.7	17.0	656.0					
1944	70.6	21.8	25.3	8.2	4.0	107.0	65.1	21.8	54.3	20.2	69.0	2.5	107.0					
1945	3.1	158.0	18.1	14.1	3.7	42.1	105.0	58.8	112.0	27.7	13.2	25.9	158.0					
1946	163.0	96.4	78.9	19.1	27.7	623.0	161.0	234.0	30.9	49.2	9.4	47.5	623.0					
1947	70.6	153.0	29.0	5.7	194.0	87.5	136.0	91.9	224.0	61.9	27.7	222.0	224.0					
1948	62.7	70.6	40.7	265.0	414.0	24.7	330.0	577.0	78.9	96.4	27.7	4.7	577.0					
1950	-1.0	-1.0	-4.0	-1.0	-1.0	26.5	41.4	287.0	75.6	742.0	35.4	94.6	-1.0					
1951	115.0	125.0	55.0	21.8	15.6	33.5	16.5	1.4	11.8	378.0	246.0	34.1	378.0					
1952	155.0	47.7	24.7	7.4	47.7	105.0	323.0	30.9	199.0	199.0	47.7	37.4	323.0					
1953	16.5	130.0	19.1	27.7	40.7	27.7	107.0	145.0	623.0	392.0	55.0	125.0	623.0					
1954	150.0	94.6	34.1	216.0	222.0	323.0	350.0	96.4	656.0	648.0	16.5	96.4	656.0					
1955	47.7	115.0	40.7	465.0	350.0	96.0	656.0	58.8	62.7	222.0	34.1	34.1	656.0					
1956	350.0	103.0	34.1	450.0	216.0	115.0	34.1	107.0	150.0	24.7	10.2	19.1	450.0					
1957	40.7	104.0	96.4	115.0	70.6	125.0	214.0	421.0	626.0	222.0	87.5	58.8	626.0					
1958	34.1	78.9	199.0	30.9	19.1	252.0	64.3	115.0	134.0	364.0	656.0	88.4	656.0					
1959	26.5	87.5	57.3	495.0	96.4	70.6	70.6	310.0	188.0	310.0	-1.0	-1.0	-1.0					
1960	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	51.3	222.0	96.4	350.0	161.0	216.0	78.9	-1.0	-1.0					
1961	-1.0	72.3	350.0	170.0	115.0	115.0	310.0	58.8	350.0	436.0	188.0	94.5	-1.0					
1962	40.7	8.9	24.7	44.2	115.0	70.6	-1.0	-1.0	222.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0					
1963	284.0	222.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	222.0	495.0	656.0	656.0	222.0	166.0	-1.0					
1964	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	1386.0	742.0	96.4	199.0	115.0	-1.0					
1965	155.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	166.0	222.0	284.0	-1.0	-1.0	350.0	-1.0					
1967	83.2	222.0	115.0	30.9	-1.0	-1.0	115.0	656.0	542.0	96.4	34.1	26.5	-1.0					
1968	9.8	16.5	34.1	23.0	9.8	19.7	222.0	5.0	145.0	59.6	436.0	323.0	436.0					
1969	125.0	226.0	115.0	161.0	30.9	102.0	104.0	34.1	96.4	105.0	480.0	31.5	480.0					
1970	36.0	32.4	47.7	19.1	182.0	166.0	166.0	350.0	134.0	145.0	11.0	130.0	350.0					
1971	183.0	155.0	409.0	215.0	210.0	201.0	205.0	323.0	65.1	111.0	7.1	7.4	409.0					
1972	32.2	258.0	39.4	52.1	14.1	98.1	135.0	284.0	262.0	55.0	78.1	130.0	284.0					
1973	124.0	70.6	31.5	46.3	396.0	272.0	398.0	318.0	208.0	74.7	134.0	34.1	398.0					
1974	69.0	240.0	134.0	14.1	55.0	147.0	105.0	272.0	84.9	207.0	207.0	201.0	272.0					
1975	77.2	37.4	11.0	5.0	27.7	65.9	47.7	275.0	262.0	433.0	34.5	182.0	433.0					
1976	285.0	45.4	113.0	13.9	311.0	90.0	266.0	225.0	90.0	52.4	337.0	455.0	455.0					
1977	142.0	152.0	117.0	52.4	35.2	48.9	542.0	724.0	41.9	160.0	37.1	52.4	724.0					
1978	495.0	99.0	70.2	8.3	12.4	6.2	148.0	16.4	190.0	167.0	86.0	59.4	495.0					
MEAN	115.0	108.7	81.9	107.8	117.8	124.9	188.0	274.8	230.4	208.7	123.9	103.1	458.0					
ST DEV	112.6	71.2	94.0	145.1	121.6	121.4	144.7	280.8	207.4	197.2	257.3	108.2	171.1					
C VAR	0.977	0.654	1.148	1.347	1.032	0.972	0.770	1.022	0.900	0.945	1.270	1.049	0.374					
NO YEARS	30.	30.	29.	30.	30.	31.	33.	34.	35.	33.	32.	32.	25.					

Registro de dados de vazão máxima do posto Rio Lavatudo em Fzda. Mineira

Valores da precipitação diária máxima anual da Estação  
São Joaquim e cálculo da variável reduzida de Gumbel

<u>ANO</u>	<u>P<sub>diária máx.</sub></u>	<u>i</u>	<u>P</u>	<u>F<sub>i</sub></u>	<u>Y</u>
1942	88.0	1	4.0	0.02	-1.40
1943	80.8	2	25.0	0.05	-1.12
1944	75.3	3	25.2	0.08	-0.95
1945	50.3	4	26.0	0.11	-0.80
1946	70.2	5	30	0.14	-0.68
1947	46.2	6	42	0.17	-0.58
1948	75.2	7	43	0.20	-0.48
1949	35.2	8	46	0.23	-0.39
1950	42.0	9	46.2	0.26	-0.30
1951	25.2	10	50.3	0.29	-0.21
1952	43.0	11	52.4	0.32	-0.13
1953	26.0	12	66.2	0.35	-0.04
1954	25.0	13	67.4	0.38	-0.04
1955	4.0	14	70.2	0.41	0.12
1956	30.0	15	70.2	0.44	0.21
1957	--	16	70.4	0.47	0.29
1958	109.6	17	73.2	0.50	0.38
1959	75.2	18	74.2	0.53	0.47
1960	175.8	19	75.2	0.56	0.56
1961	100.2	20	75.2	0.59	0.66
1962	66.2	21	75.2	0.63	0.76
1963	79.6	22	75.3	0.66	0.86
1964	81.8	23	77.2	0.69	0.98
1965	120.8	24	79.6	0.72	1.10
1966	67.4	25	79.8	0.75	1.23
1967	77.2	26	80.8	0.78	1.38
1968	75.2	27	81.8	0.81	1.54
1969	52.4	28	88.0	0.84	1.73
1970	73.2	29	100.2	0.87	1.96
1971	70.2	30	109.6	0.90	2.24
1972	79.8	31	111.4	0.93	2.61
1973	74.2	32	120.8	0.96	3.19
1974	111.4	33	175.8	0.99	4.63
1975	70.4				

$$\bar{P}_{diária} = 69.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\delta = 32.99$$

MEAN FLOOD 497.3226  
STANDARD ERROR OF MEAN 38.9829  
STANDARD DEVIATION 217.0477  
COEFF OF VARIATION 43.64

MEDIAN ANNUAL FLOOD 450.0000  
QUARTILES 623.0000, 379.2500  
INTERQUARTILE RANGE 243.7500  
IGR/MEDIAN 54.17

PARAMETERS DERIVED BY FITTING A POLYNOMIAL IN Y TO FLOODS

LINEAR FIT GRAPHICAL MEAN 497.3220 S.E. 84.4391 PARABOLIC FIT GRAPHICAL MEAN 475.4511 S.E. 80.3405  
COEFFICIENTS 403.6095, 162.3526 COEFFICIENTS 395.2803, 130.3427, 14.8119  
F RATIO FOR PARABOLA 4.03 WITH 1 AND 28 DF PROBABILITY 0.0543

ORDER	YEAR	FLOOD	Y	Q/QBAR	Q/QMED	Q/QGR	RESULTS OF CURVE FITTING	FLOOD	YEAR	ORDER
							RESIDUAL PREDICTION			
1	1964	1386.000	4.01	2.79	3.08	2.92	229.569	1156.431	1964	1
2	1954	656.000	2.49	1.32	1.46	1.38	-202.454	618.454	1954	2
3	1955	656.000	2.48	1.32	1.46	1.38	-133.181	604.181	1955	3
4	1958	656.000	2.13	1.12	1.46	1.38	-83.530	739.530	1958	4
5	1963	656.000	1.86	1.12	1.46	1.38	14.776	688.776	1963	5
6	1967	656.000	1.64	1.32	1.46	1.38	7.048	648.952	1967	6
7	1957	626.000	1.45	1.26	1.39	1.32	4.783	616.217	1957	7
8	1946	623.000	1.29	1.25	1.38	1.31	14.609	588.391	1946	8
9	1953	623.000	1.15	1.25	1.38	1.31	58.829	564.171	1953	9
10	1965	608.000	1.01	1.22	1.35	1.28	65.323	542.677	1965	10
11	1948	577.000	0.89	1.16	1.28	1.21	33.684	523.316	1948	11
12	1966	526.000	0.78	1.06	1.17	1.11	20.348	505.652	1966	12
13	1949	515.000	0.87	1.04	1.14	1.08	25.636	489.364	1949	13
14	1959	495.000	0.57	1.00	1.10	1.04	20.803	474.197	1959	14
15	1969	480.000	0.47	0.97	1.07	1.01	20.042	459.958	1969	15
16	1956	450.000	0.38	0.90	1.00	0.95	3.518	446.482	1956	16
17	1961	436.000	0.29	0.88	0.97	0.92	2.355	433.645	1961	17
18	1968	436.000	0.20	0.88	0.97	0.92	14.658	421.343	1968	18
19	1975	433.000	0.11	0.87	0.96	0.91	23.550	409.450	1975	19
20	1971	409.000	0.02	0.82	0.91	0.86	11.120	397.880	1971	20
21	1973	398.000	-0.07	0.80	0.88	0.84	11.428	386.562	1973	21
22	1962	394.000	-0.16	0.79	0.88	0.83	18.605	375.347	1962	22
23	1950	383.000	-0.24	0.77	0.83	0.81	18.715	364.285	1950	23
24	1951	378.000	-0.34	0.76	0.84	0.80	24.855	353.145	1951	24
25	1960	350.000	-0.43	0.70	0.78	0.74	8.161	341.819	1960	25
26	1970	350.000	-0.53	0.70	0.78	0.74	19.855	330.160	1970	26
27	1952	323.000	-0.64	0.65	0.72	0.68	5.061	317.955	1952	27
28	1972	284.000	-0.76	0.57	0.63	0.60	-20.786	304.786	1972	28
29	1974	272.000	-0.80	0.55	0.60	0.57	-18.042	290.042	1974	29
30	1947	224.000	-1.08	0.45	0.50	0.47	-48.230	272.230	1947	30
31	1945	158.000	-1.35	0.32	0.35	0.33	-88.566	246.566	1945	31

Y INTERVAL	NO.	SUM Y	MEAN Y	SUM Q	MEAN Q	ARITH. SUM Q/QBAR	MEAN MEAN Q/QBAR	MEDIAN SUM Q/QMED	MEAN MEAN Q/QMED	GRAPH. SUM Q/QGR	MEAN MEAN Q/QGR
(-1.5 -1.0)	2	2.42	1.21	1382.00	191.00	0.77	0.38	0.85	0.42	0.80	0.40
(-1.0 -0.5)	4	2.83	0.71	1229.00	307.25	2.47	0.62	2.73	0.68	2.58	0.65
(-0.5 0.0)	5	1.23	0.25	1903.00	380.60	3.83	0.77	4.23	0.85	4.00	0.80
(0.0 0.5)	6	1.46	0.24	2644.00	440.67	5.32	0.89	5.88	0.98	5.56	0.93
(0.5 1.0)	4	2.91	0.73	2113.00	528.25	4.25	1.06	4.70	1.17	4.44	1.11
(1.0 1.5)	4	4.91	1.23	2480.00	620.00	4.99	1.25	5.51	1.38	5.22	1.30
(1.5 2.0)	2	3.50	1.75	1312.00	656.00	2.64	1.32	2.92	1.46	2.76	1.38
(2.0 2.5)	2	4.60	2.30	1312.00	656.00	2.64	1.32	2.92	1.46	2.76	1.38
(2.5 3.0)	1	2.49	2.49	656.00	656.00	1.32	1.32	1.46	1.46	1.38	1.38
(3.0 3.5)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(3.5 4.0)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(4.0 4.5)	1	4.01	4.01	1386.00	1386.00	2.79	2.79	3.08	3.08	2.92	2.92

Valores da curva individual de frequência do R. Lavatudo em Fzda. Mineira

Postos utilizados na análise regional de frequência e dados da curva obtida

ANNUAL MAXIMA FREQUENCY ANALYSIS  
AVERAGES OF DATA FROM SEVERAL CATCHMENTS

76200000	0 JUCUI EM PASSO SANTA VITORIA	22
76400000	0 JAGUARI EM PASSO DO LORETO	22
85400000	0 JACUI EM DONA FRANCISCA	39
85470000	0 VACACAI EM PONTE SAO GABRIEL	8
85500000	0 VACACAI EM PASSO DO VERDE	8
85600000	0 VACACAI EM PASSO DAS TUNAS	36
85800000	0 PAROINHA EM SANTA CRUZ	13
85900000	0 JACUI EM RIO PARDO	14
86100000	0 SANTA RITA EM PONTE SANTA RITA	19
86870000	0 JAGUARI EM LAJEADO	37
87270000	0 CAI EM PASSO MONTENEGRO	37
87300000	0 DOS SINUS EM CAMPO BOM	28
87302000	0 SAKOS EM SAO LEOPOLDO	5
87400000	0 GRAYATAI EM PASSO DAS CANDAS	34
88540000	0 PIRATINI EM PICADA NOVA	13
88600000	0 PIRATINI EM PASSO DO RICARDO	14
88800000	0 PLOTAS EM PTE CONDEIRO FARIAS	14
88750000	0 RIO FRAGATA EM PASSO D CARRUS	14
73400000	0 PASSO FUNDO EM JOZE BONIFACIO	17
85100000	0 RIO GRANDE EM PONTE IBIRUBA	17
85100000	0 CUI MTRIM EM PONTE S. ANTONIO	19
85200000	0 JACUI EM PASSO DO LAGADU	29
85200000	0 JACUI EM SALTO GRANDE	17
85300000	0 CUI EM VOLTA GRANDE I	17
86100000	0 TAINHAS EM TAINHAS	26
72500000	0 LAUREIRO EM PASSO D LIVREIRO	21
72300000	0 PLOTAS EM PASSO DO VIRGILIO	21
75400000	0 FURQUILHA EM PASSO URANOTIO	21
75400000	0 LIMBU EM PASSO DO BOBOLI	19
75400000	0 PASSO FUNDO EM PTL R PASSO FUN	21
73500000	0 URUGUAI EM PASSO CAARAMBU	36
74100000	0 URUGUAI EM PRAI	36
74270000	0 U VARZEA EM PASSO R VARZEA	30
74400000	0 TURVO EM ENGENHU	30
74600000	0 CASCATA BURICA EM CASCATA BUR	30
74700000	0 SANTA ROSA EM TUCUNDUVA	35
74900000	0 LOMANDAI EM LINHA UNIAO	9
75100000	0 PJIRIBU EM PONTE NOVA PUTIRIBU	16
75200000	0 CONCEICAO EM CONCEICAO	16
75200000	0 IJUI EM SANTO ANGELO	37
75300000	0 IJUI EM PASSO VIDLA	28
76200000	0 SANTA MARIA EM UDM PEDRITO	19
76200000	0 SANTA MARIA EM ROBERTO DO SUL	11
76200000	0 U EM CALHOEIRA STA ELYSIA	6
76600000	0 ITU EM PASSO DA CACHOEIRA	13
76700000	0 IRAPUITA EM PASSO D BRITOS	5
76700000	0 IRAPUITA EM ALEGRETE	34
75300000	0 IJUI EM PASSO FLORIDA	6
76400000	0 JAGUARI EM JAGUARI	12
76500000	0 IBICUI EM JACARUA	16
76500000	0 RIO MIRACATU EM PONTE MIRACATU	13
76500000	0 IBICUI EM MANUEL VIANA	11
76600000	0 IBICUI EM PASSO DO ITAUM	11
76800000	0 IBICUI EM PASSO MARIANO PINTO	27
76100000	0 IBICUI EM VILA CLARA	36
76100000	0 IBICUI EM PONTE TURUPI	20
76300000	0 LAVATUDO EM FRENDA NINEIRA	30
76700000	0 PLOTAS EM PASSO SOLOMON	33
71200000	0 CANDAS EM VILA CANDAS	26
71200000	0 JUAO PAULU EM PTE R JUAO PAULU	26
71300000	0 CANDAS EM RIO BONITO	34
71300000	0 CANDAS EM ENCRUZILHADA	27
71300000	0 CANDAS EM PONTE ALTA DO SUL	18
71400000	0 MAROMBAS EM PTE MAROMBAS	28
71500000	0 CANDAS EM PASSO CARU	28
71800000	0 CANDAS EM COLONIA SANTANA	15
73300000	0 IRANI EM DONITO	21
73300000	0 IRANI EM PASSO ALTO IRANI	21

68 STATIONS

100 YEARS TOTAL

INTERVAL	NU.	MEAN Y	STANDARDISED BY			STANDARD ERRORS		ST. ERR. OF MEANS		
			ARITH. MEAN	MEDIAN	GRAPH. MEAN	Q/BAR	Q/MED	Q/GR	Q/MEAN	Q/MEDIAN
(-1.25; -1.0)	86	-1.150	0.39	0.81	0.39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-0.50; 0.0)	111	-0.25	0.76	0.55	0.75	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.00; 0.5)	227	0.25	0.93	0.76	0.91	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.50; 1.0)	157	0.75	1.21	1.26	1.19	0.585	0.706	0.512	0.722	0.687
(1.00; 1.5)	194	1.25	1.32	1.81	1.28	0.825	1.012	0.876	0.913	0.888
(1.50; 2.0)	148	1.75	1.04	1.74	1.04	1.008	1.204	1.109	1.161	1.127
(2.00; 2.5)	29	2.17	1.77	3.75	1.65	1.171	1.226	1.147	0.417	0.228
(2.50; 3.0)	15	2.12	1.01	1.13	1.01	1.568	1.246	1.182	0.314	0.358
(3.00; 4.0)	10	3.12	1.98	2.02	1.95	1.498	1.509	1.473	0.374	0.382

ANNUAL MAXIMA FREQUENCY ANALYSIS  
AVERAGES OF DATA FROM SEVERAL CATCHMENTS

734	00000R	PASSO FUNDO E JOSE BONIFACIO	18
725	30000R	LIGEIRO EM PASSO D. LIGEIRO	21
723	00000R	PELOTAS PASSO DO VIRGILIO	6
724	30000R	FORQUILHA EM PASSO GRANZOTTO	21
726	80000R	LIGEIRO EM PASSO COLOMBELLI	39
734	80000R	PASSO FUNDO EM PTE R PASSO FUN	6
735	50000R	URUGUAI E PASSO CAAMBU	36
741	00000R	URUGUAI EM IRAI	24
742	70000R	V. VARZEA EM PASSO R VARZEA	50
744	50000R	TURVO EM ENGENHO	19
746	00000R	CASCATA BURICA EM CASCATA BUR	37
747	00000R	SANTA RUZA EM TUCUNDUYA	35
749	00000R	COMANDAI EM LINHA UNIAO	9
751	85000R	POIRIBU PONTE NOVA POIRIBU	15
752	00000R	CONCEICAU EM CONCEIVAO	36
752	30000R	IJUI EM SANTU ANGELO	37
753	00000R	IJUI EM PASSO VIOLA	26
753	50000R	IJUI EM PASSO FLUMIDA	6
703	00000R	LAVATUDO EM FAZENDA MINEIRA	30
707	00000R	PELOTAS EM PASSO SOCORRO	31
712	00000R	CANDAS EM VILA CANDAS	20
712	50000R	JOAO PAULO EM PTE. R. JOAO PAULO	14
713	00000R	CANDAS EM RIU UNITU	34
713	50000R	CANDAS EM ENCHUZILHADA	27
713	83000R	CANDAS EM MONTE ALTA DO SUL	22
714	90000R	MAROMBAS EM PTE. MAROMBAS	19
715	50000R	CANDAS EM PASSO CARU	26
718	00000R	CANDAS EM COLONIA SANTANA	16
733	00000R	IRANI EM TRUNITU	27
733	30000R	IRANI EM PASSO ALTO IRANI	31
30 STATIONS			722 YEARS TOTAL

STANDARDISED BY  
ARITH. MEAN MEDIAN GRAPH. MEAN

Y INTERVAL	N <sub>y</sub>	MEAN Y	Q/BAR	Q/MED	Q/QGR	STANDARD ERRORS			ST. ERR. OF MEANS		
(-1.5, -1.0)	41	-1.22	0.38	0.40	0.37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-1.0, -0.5)	92	-0.74	0.56	0.59	0.55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-0.5, 0.0)	130	-0.25	0.75	0.73	0.74	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.0, 0.5)	126	0.24	0.92	0.95	0.91	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.5, 1.0)	107	0.73	1.09	1.13	1.07	0.609	0.770	0.523	0.111	0.141	0.095
(1.0, 1.5)	81	1.23	1.22	1.27	1.20	0.861	1.008	0.823	0.161	0.184	0.150
(1.5, 2.0)	52	1.73	1.36	1.43	1.34	0.967	1.084	0.930	0.180	0.201	0.173
(2.0, 2.5)	36	2.23	1.46	1.52	1.43	0.985	1.069	0.943	0.190	0.206	0.182
(2.5, 3.0)	23	2.72	1.63	1.73	1.63	1.004	1.207	1.105	0.222	0.252	0.230
(3.0, 3.5)	11	3.15	1.75	1.81	1.71	1.228	1.311	1.167	0.370	0.395	0.358
(3.5, 4.0)	15	3.73	1.93	2.02	1.89	1.425	1.528	1.399	0.368	0.399	0.361
(4.0, 4.5)	8	4.16	2.04	2.11	2.00	1.616	1.728	1.540	0.471	0.511	0.562

Postos da região homogênea N01 e dados da curva regional de frequência

ANNUAL MAXIMA FREQUENCY ANALYSIS  
 AVERAGES OF DATA FROM SEVERAL CATCHMENTS

762	00000R	IBICUI EM PASSO SANTA VITORIA	22
764	90000R	IB JAGUARI EM PASSO DO LORETO	22
762	50000R	IB SANTA MARIA EM DOM PEDRITO	19
763	10000R	SANTA MARIA EM ROSARIO DO SUL	11
766	30000R	ITU EM CACHOEIRA STA CECILIA	6
766	50000R	ITU EM PASSO DA CACHOEIRA	13
767	00000R	IBIRAPUITA EM PASSO DO BRITOS	5
767	50000R	IBIRAPUITA EM ALEGRETE	34
764	40000R	JAGUARI EM JAGUARI	33
765	00000R	IBICUI EM JACAQUA	10
765	50000R	ARRIO MIRACATU PONTE MIRACATU	13
765	60000R	IBICUI EM MANUEL VILVA	11
766	00000R	IBICUI EM PASSO DO ITAUM	11
768	00000R	IBICUI EM PASSO MARIANO PINTO	27
761	00000R	TOROPI EM VILA CLARA	36
761	20000R	TOROPI EM PONTE TOROPI	20
16 STATIONS			293 YEARS TOTAL

Y INTERVAL	NU.	MEAN Y	STANDARDISED BY			STANDARD ERRORS			ST. ERR. OF MEANS		
			ARITH. Q/BAR	MEAN Q/MED	MEDIAN Q/QGR	GRAPH. MEAN	Q/BAR	Q/MED	Q/QGR	ST. ERR.	ERR. OF MEANS
(-1.5, -1.0)	17	-1.18	0.48	0.49	0.48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-1.0, -0.5)	36	-0.73	0.62	0.63	0.62	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-0.5, 0.0)	54	-0.24	0.80	0.82	0.79	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.0, 0.5)	52	0.25	0.95	0.96	0.94	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.5, 1.0)	48	0.75	1.06	1.06	1.05	0.467	0.536	0.408	0.120	0.138	0.105
(1.0, 1.5)	32	1.25	1.17	1.19	1.16	0.666	0.727	0.630	0.186	0.182	0.158
(1.5, 2.0)	21	1.76	1.30	1.33	1.29	0.820	0.878	0.794	0.219	0.235	0.212
(2.0, 2.5)	13	2.19	1.36	1.38	1.34	0.760	0.820	0.747	0.225	0.237	0.216
(2.5, 3.0)	11	2.75	1.61	1.68	1.61	1.053	1.154	1.062	0.317	0.346	0.320
(3.0, 3.5)	5	3.12	1.61	1.60	1.58	1.148	1.164	1.144	0.514	0.521	0.512
(3.5, 4.0)	5	3.66	1.81	1.89	1.79	1.363	1.463	1.349	0.710	0.754	0.693
(4.0, 4.5)	3	4.11	1.97	1.96	1.99	1.740	1.787	1.765	1.005	1.032	1.031

ANNUAL MAXIMA FREQUENCY ANALYSIS  
AVERAGES OF DATA FROM SEVERAL CATCHMENTS

854	00000	RIO JACUI EM PONTA FRANCISCA	39
854	70000	YACACAI EM PUNTE SAO GABRIEL	6
855	80000	YACACAI EM PASSO DO VERDE	6
856	00000	YACACAI EM PASSO DAS TUNAS	36
858	50000	YACACAI EM SANTA CRUZ	13
859	00000	RIO JACUI EM RIO PARDO	14
851	50000	ARROIO GRANDE EM PUNTE IBIRUBA	17
851	80000	JACUI MIRIM EM PUNTE S. ANTONIO	19
852	00000	RIO JACUI EM PASSO DO LAGOAO	26
852	80000	RIO JACUI EM RIO GRANDE	17
853	85000	JACUI EM VOLTA GRANDE 1	11
11 STATIONS			208 YEARS TOTAL

----- STANDARDISED BY -----

Y INTERVAL	NU.	MEAN Y	STANDARDISED BY			STANDARD ERRORS			ST. ERR. OF MEANS		
			ARITH. MEAN	MEDIAN	GRAPH. MEAN	Q/AR	Q/MED	Q/GR			
(-1.5, -1.0)	13	-1.18	0.34	0.38	0.36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-1.0, -0.5)	24	-0.73	0.53	0.53	0.52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-0.5, 0.0)	38	-0.26	0.75	0.73	0.76	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.0, 0.5)	37	0.24	0.91	0.95	0.91	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.5, 1.0)	32	0.74	1.09	1.13	1.10	0.592	0.756	0.614	0.179	0.228	0.185
(1.0, 1.5)	22	1.24	1.22	1.30	1.24	0.791	0.934	0.820	0.239	0.282	0.247
(1.5, 2.0)	15	1.72	1.35	1.44	1.39	0.928	1.081	0.989	0.294	0.342	0.313
(2.0, 2.5)	12	2.25	1.48	1.54	1.47	1.018	1.160	1.087	0.339	0.387	0.362
(2.5, 3.0)	5	2.77	1.81	1.99	1.90	1.441	1.692	1.615	0.544	0.757	0.722
(3.0, 3.5)	6	3.26	1.87	1.74	1.62	1.236	1.360	1.197	0.505	0.555	0.488
(3.5, 4.0)	2	3.72	3.15	3.65	4.09	4.149	4.980	5.981	2.034	3.521	4.230
(4.0, 4.5)	2	4.20	1.87	1.87	1.77	1.830	1.836	1.675	1.294	1.298	1.199

ANNUAL MAXIMA FREQUENCY ANALYSIS  
 AVERAGES OF DATA FROM SEVERAL CATCHMENTS

863	80000R	SANTA RITA EM PONTE SANTA RITA	19
868	70000R	IAQUARI EM LAJEADO	37
872	70000R	CAI EM PASSO MONTENEGRO	37
873	80000R	JOS SINOS EM CAMPO BOM	26
873	82000R	SINOS EM SAO LEOPOLDO	5
874	00000R	GRAVATAI EM PASSO DAS CANOAS	34
885	60001R	PIRATINI EM PICADA NOVA	13
886	80000R	PIRATINI EM PASSO DO RICARDO	14
888	50000A	PELOTAS EM PTE CORUEIRO FARIAS	14
887	50000R	FRAGATA PASSO D CARROS	12
861	20000R	TAINHAS EM TAINHAS	28
11 STATIONS			241 YEARS TOTAL

<----- STANDARDISED BY ----->

Y	NO.	MEAN	ARITH.	MEAN	MEDIAN	GRAPH.	MEAN	<---STANDARD ERROS--->			<---ST. ERR. OF MEANS--->		
INTERVAL		Y	Q/BAR	Q/MED	Q/QGR								
(-1.5, -1.0)	15	-1.20	0.35	0.35	0.34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-1.0, -0.5)	29	-0.73	0.53	0.53	0.51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-0.5, 0.0)	44	-0.25	0.73	0.74	0.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.0, 0.5)	42	0.25	0.94	0.94	0.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.5, 1.0)	36	0.73	1.12	1.13	1.03	0.742	0.780	0.578	0.235	0.247	0.183	0.235	0.183
(1.0, 1.5)	26	1.22	1.24	1.25	1.19	0.848	0.922	0.700	0.271	0.276	0.235	0.271	0.235
(1.5, 2.0)	16	1.70	1.37	1.39	1.33	1.022	1.060	0.945	0.341	0.353	0.315	0.341	0.315
(2.0, 2.5)	15	2.19	1.49	1.49	1.42	1.081	1.082	0.904	0.320	0.326	0.291	0.320	0.291
(2.5, 3.0)	5	2.73	1.58	1.64	1.54	1.091	1.176	1.043	0.488	0.526	0.467	0.488	0.467
(3.0, 3.5)	7	3.15	1.80	1.78	1.69	1.318	1.304	1.107	0.498	0.493	0.449	0.498	0.449
(3.5, 4.0)	3	3.78	1.96	2.02	1.93	1.730	1.783	1.609	0.999	1.029	0.975	0.999	0.975
(4.0, 4.5)	3	4.16	1.94	1.95	1.89	1.725	1.768	1.676	0.996	1.021	0.968	0.996	0.968

Tabela 10

Resultados dos valores do índice de vazão máxima e correspondente valor da variável reduzida, para estender as curvas regionais de frequência

Região 1 : N = 722 anos

i	Q/QBAR	Y
722	2.82	7.16
721	2.81	6.14
720	2.51	5.64
719	2.46	5.31
718	2.30	5.06

Região 2 : N = 293 anos

i	Q/QBAR	Y
293	2.25	6.26
292	2.16	5.23
291	2.01	4.74
290	1.89	4.40
289	1.80	4.16

Região 3 : N = 208 anos

i	Q/QBAR	Y
208	2.42	5.91
207	2.37	4.89
206	2.11	4.39
205	2.06	4.06
204	1.96	3.81

Região 4 : N = 241 anos

i	Q/QBAR	Y
241	2.48	6.06
240	2.18	5.04
239	2.00	4.54
238	1.90	4.21
237	1.85	3.96

Região completa : N = 1464 anos

i	Q/QBAR	Y
1464	2.82	7.94
1463	2.51	6.87
1462	2.48	6.35
1461	2.46	6.03
1460	2.38	5.78

Região com período comum  
N = 651 anos

i	Q/QBAR	Y
651	2.77	7.06
650	2.70	6.03
649	2.60	5.54
648	2.40	5.21
647	2.10	4.96



## CORRELAÇÕES FEITAS PARA PREENCHER FALHAS DE DADOS

CORRELAÇÕES ENTRE PÓSTOS Nº	A	b	FATOR DE CORRELAÇÃO	$\sqrt{x \cdot y}$
32 - 34	11.51	-1674.6	0.88	1712.0
32 - 36	1.35	781.4	0.89	879.3
32 - 29	0.132	10.7	0.87	32.6
34 - 35	0.794	247.6	0.94	1372.0
32 - 22	0.161	7.8	0.89	50.2
22 - 33	6.7	-382.7	0.90	186.4
31 - 32	0.24	69.22	0.95	29.9
65 - 66	1.25	54.30	0.93	55.3
67 - 68	0.037	52.9	0.60	535.1
68 - 66	2.66	135.4	0.82	275.6
67 - 66	0.119	47.98	0.79	35.1
63 - 67	0.518	53.15	0.35	875.3
68 - 69	1.26	203.48	0.93	362.1
71 - 34	0.0155	246.24	0.42	673.2
71 - 68	0.218	120.30	0.78	84.4
71 - 70	0.33	77.66	0.92	64.1
30 - 69	1.84	875.33	0.77	331.0
30 - 31	24.55	-2853.53	0.92	1180.6
69 - 61	0.64	623.38	0.49	432.0
60 - 62	0.38	1.46	0.90	117.6
60 - 61	0.885	1494.0	0.33	1312.1
61 - 31	6.27	76.94	0.79	736.2
63 - 64	0.22	47.78	0.87	17.6
65 - 64	1776.0	-73.85	0.96	38.9

FORMA DA EQUAÇÃO :  $Y = Ax + b + E$ 

$$E = t \cdot \sqrt{x \cdot y}$$

VALORES TIPO DAS CURVAS INDIVIDUAIS DE FREQUÊNCIA E DA  
CURVA REGIONAL DA REGIÃO 1, OBTIDA COM SERIES PENCHIDAS

	POSTO	21	VAZAO MEDIA	395.86
I	FI	Y	VA/Λ0	Q/QBAR
1	0.982	4.008	690.000	1.743
2	0.949	2.967	-671.000	-1.695
3	0.917	2.455	650.000	1.641
4	0.885	2.107	610.000	1.540
5	0.853	1.842	-589.000	-1.487
6	0.821	1.625	530.000	1.338
7	0.789	1.440	438.000	1.106
8	0.757	1.279	431.000	1.088
9	0.724	1.134	420.000	1.060
10	0.692	1.002	-417.000	-1.053
11	0.660	0.880	404.000	1.020
12	0.628	0.767	-400.000	-1.010
13	0.596	0.660	-399.000	-1.007
14	0.564	0.558	-398.000	-1.005
15	0.532	0.460	396.000	1.000
16	0.500	0.366	-395.000	-0.997
17	0.467	0.274	-394.000	-0.995
18	0.435	0.185	-375.000	-0.947
19	0.403	0.097	-362.000	-0.914
20	0.371	0.009	331.000	0.836
21	0.339	-0.077	-313.000	-0.790
22	0.307	-0.165	-296.000	-0.747
23	0.275	-0.255	-287.000	-0.724
24	0.242	-0.347	271.000	0.684
25	0.210	-0.442	243.000	0.613
26	0.178	-0.543	210.000	0.530
27	0.146	-0.652	195.000	0.492
28	0.114	-0.773	119.000	0.300
29	0.082	-0.915	0.000	0.000
30	0.050	-1.096	0.000	0.000
31	0.017	-1.390	0.000	0.000

## CURVA REGIONAL

Y	Q/QBAR
-1.75	0.00
-1.25	0.40
-0.75	0.57
-0.25	0.75
0.25	0.91
0.75	1.05
1.25	1.19
1.75	1.33
2.25	1.44
2.75	1.63
3.25	0.00
3.75	0.00

TABELA TIPO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS PARA A ESTIMATIVA DA PRECIPITAÇÃO  
MÉDIA ANUAL PARA O PERÍODO 1945-1974.

Estações pluviométricas com dados completos:

3054011 SÃO GABRIEL EM SÃO GABRIEL

Número de anos completos = 30.

Latitude 30. 20. Longitude 54. 19. Altitude 124.

Precipitação total anual em (mm) desde 1945.

1138.	1380.	1092.2	1511.	1097.
1178.	1246.	1081.1	1650.	1487.
1129.	973.	985.5	1743.	1705.
1327.	1314.	901.1	2140.	903.
1471.	1705.	1170.0	641.	1246.
1309.	1113.	1779.9	1488.	1081.

Precipitação média anual = 1280.4

Desvio padrão = 316.97

Coefficiente de variação = 0.248

Estações pluviométricas com dados incompletos:

2753003 IRAI EM IRAI

Número de anos completos = 11.

Latitude 27. 11. Longitude 53. 14. Altitude 227.

Precipitação total anual em (mm) desde 1945.

-1.	-1.	-1.	-1.	-1.
-1.	-1.	-1.	1371.	2615.
1743.	1476.	-1.	1359.	1633.
1599.	-1.	-1.	-1.	-1.
-1.	-1.	-1.	1459.	-1.
-1.	1484.	-1.	2512.	1729.

Precipitação média anual = 1798.1

Desvio padrão = 399.17

Coefficiente de variação = 0.222

As 3 estações com dados completos com menor distância em Km.

2853006.	151.9
2854003.	154.9
2853014.	166.8

Precipitação média período : 1779.1

Estações pluviométricas com valores da precipitação média anual para o período 1945-1974, utilizadas no estudo

VALOR DA PRECIPITAÇÃO MEDIA ANUAL ESTIMADA PARA O PERIODO 1945-1974, PARA AS ESTAÇÕES PLUVIOMETRICAS

Nº	CODIGO	NOME DA ESTAÇÃO	P <sup>o</sup> anual (mm)	Nº	CODIGO	NOME DA ESTAÇÃO	P <sup>o</sup> anual (mm)
<u>ESTAÇÕES COM PERIODO COMPLETO</u>							
1	3054011	SÃO GABRIEL	1280.4	67	2851008	ITUIM	1520.0
2	3051011	PORTO ALEGRE	1250.8	68	2852008	COLORADO	1405.0
3	2950035	TAINHAS	1396.9	69	2852014	ILOPOLIS	1627.0
4	2950026	REMANIA	1843.4	70	2852019	PASSO BELA VISTA	1482.0
5	2950020	MORRINHOS	1417.1	71	2852028	USINA CAPIGIBI	1512.0
6	2950011	CERRITO	1481.6	72	2852030	USINA ERNESTINA	1654.0
7	2950007	CAMBARA DO SUL	1386.4	73	2950003	AZULEGA	1480.0
8	2854009	S. MIGUEL DAS MISS.	1491.5	74	2950008	CAMISA	1425.0
9	2853008	PASSO DO LAGOÃO	1578.4	75	2950009	CANELA	1906.0
10	2852016	MARAU	1577.2	76	2950010	CAPÃO DOS COXOS	1610.0
11	2851026	SEGREDO	1457.5	77	2950014	FZDA, PASSO RASO	1495.0
12	2851005	CASCA I	1585.3	78	2950019	LAJEADO GRANDE	1380.0
13	3053007	LAVRAS DO SUL	1372.2	79	2950024	POTREIRO NOVO	1546.0
14	2850009	PASSO TAINHAS	1446.0	80	2950029	SANDER	1510.0
15	2951022	NOVA PALMIRA	1361.3	81	2950030	SANTA TEREZA	1680.0
16	2951018	LAJEADO	1428.2	82	2950033	SECA	1540.0
17	3054002	SÃO SEPE	1335.0	83	2950040	USINA TOCA	1510.0
18	2954001	CACEQUI	1426.0	84	2950041	VARZEA SÃO JOÃO	4450.0
19	2853014	STA. CLARA DO IGAÍ	1578.6	85	2953006	BARR. SALTO GRANDE	1480
20	2853006	IJUI	1625.2	86	2953022	USINA IVAI	1448.0
21	2854003	GIRUA	983.4	87	3051003	CAMAQUA	1333.0
<u>ESTAÇÕES COM PERIODOS INCOMPLETOS</u>							
22	2753003	IRAI	1779.1	88	3052007	PASSO DA GUARDA	1266.0
23	2853005	CRUZ ALTA	1699.7	89	3052009	PASSO SÃO JOSE	1168.0
24	2852020	PASSO FUNDO	1708.7	90	3053015	SANTANA DA BOA VISTA	1519.
25	2952012	SANTA CRUZ DO SUL	1367.5	91	3153014	USINA CANDIOTA	1273.0
26	2951030	TAQUARI	1311.7	92	3152011	PASSO DO MENDONÇA	1261.0
27	2856003	SÃO BORJA	1548.0	93	3056003	QUARAI	1348.0
28	8052002	CACHOEIRA	1354.0	94	3054007	ROSARIO DO SUL	1405.0
29	2849011	URUSSANGA	1467.0	95	2852007	COLONIA XADREZ	1714.0
30	2750005	LAJES	1376.0	96	2852006	USINA CARAZINHO	1691.0
31	2949002	TORRES	1147.1	97	2851024	PRATA	1358.0
32	2955001	ALEGRETE	1497.0	98	2851002	ANTONIO PRADO	2445.0
33	2951003	BENTO GONCALVES	1530.0	99	2850008	PASSO DO SOCORRO	1912.0
34	2851014	LAGOA VERMELHA	1710.0	100	2849003	SÃO JOAQUIM	2367.0
35	2957001	URUGUAIANA	1360.0	101	2754001	ALTO URUGUAI	1172.0
36	3152014	PELOTAS	1373.0	102	2953008	DONA FRANCISCA	1330.0
37	2951008	CAXIAS DO SUL	1721.0	103	2951025	SÃO JERONIMO	1103.0
38	3154001	BAGE	1308.0	104	2951021	MONTE NEGRO	1896.0
39	3252020	RIO GRANDE	1178.0	105	2951010	ENCANTADO	1267.0
40	2851011	GUAPORE	1707.0	106	2956007	PLANO ALTO	1848.0
41	2850001	BOM JESUS	1786.0	107	3054002	DOM PEDRITO	1350.0
42	2953017	SANTA MARIA	1585.0	108	2952010	RIO PARDO	1167.0
43	2854011	SÃO LUIS GONZAGA	1708.0	109	2851026	SEGREDO	1419.0
44	3353007	STA. VICTORIA PALMAR	1629.0	110	2755001	PORTO LUCENA	1288.0
45	2850011	VACARIA	1437.0	111	3151003	SÃO LOURENÇO	1255.0
46	3051013	TAPES	1198.0	112	3152003	CANGUCU	1266.0
47	2956004	ITAQUI	1424.0	113	2752006	EREBANGO	1880.0
48	2950002	SÃO FCO. DE PAULA	2132.0	114	3052008	PASSO DO MARINHEIRO	1303.
49	2754005	SANTA ROSA	1603.0	115	2849006	FORQUILHINHA	1446.0
50	2753005	PALMEIRA DAS MISSO.	1924.0	116	2849005	MELEIRO	1457.0
51	3053002	ÇAÇAPAVA DO SUL	1524.0	117	2849008	RIO PEQUENO	1402.0
52	2854007	SANTO ANGELO	1615.0	118	2849002	SÃO LUDGEMO	1289.0
53	3153009	PIRATINI	1407.0	119	2849001	ORLEANS	1414.0
54	2751005	MARCELINO RAMOS	1683.0	120	2849000	RIO POUSO	1193.0
55	2954011	SANTIAGO	1657.0	121	2848000	ARMAZEM	1255.0
56	2852045	SOLEDADE	1886.0	122	2749010	POVOAMENTO	1624.0
57	3055001	SANTANA DO LIVRAM.	1396.0	123	2749008	RIO DO SUL	1298.0
58	2849012	ARARANGUA	1201.0	124	2849004	TAQUARUÇU	1178.0
59	2848001	LAGUNA	1270.0	125	2749006	POUSO REDONDO	1393.0
60	2751002	CAMPOS NOVOS	1738.0	126	2749007	LOMBA ALTA	1590.0
61	2849013	ORLEANS	1475.0	127	2651001	CAMPINA DA ALEGRIA	1743.0
62	2751008	USINA FORQUILHA	1820.0	128	2751004	JOAÇABA	1585.0
63	2752013	SANTO AUGUSTO	1633.0	129	2749031	VILA CANOAS	1435.0
64	2753007	USINA SANTA ROSA	1659.0	130	2750007	PAINEL	1428.0
65	2754004	PASSO DA GARRAFA	1408.0	131	2749032	SANTA CLARA	1569.0
66	2850007			132	2750008	PASSO CARU	1358.0
				133	2750009	PASSO MAROMBAS	1427.0
				134	2750000	PONTE ALTA DO NORTE	1388.
				135	2750012	PTE. DO RIO ANTINHAS	1297.
				136	2652000	ABELARDO LUZ	1726.0
				137	2752005	CONCORDIA	1768.0

Características fisiográficas e hidrológicas das bacias para análise da  
Regressão Múltipla

Nº	ESTAÇÃO	QBAR (M <sup>3</sup> /s)	ÁREA (km <sup>2</sup> )	km	SINS (M/KM)	SIBS (M/KM)	FRQD (nº confl.)	NAAR (mm)
				MSL (M)				
1	Ibiqui em Passo Sta. Vitória	1103.5	5679.0	221.0	1.89	1.58	210.0	1560.0
2	Jaquari em Passo do Loreto	961.5	4563.0	190.0	2.37	2.05	166.0	1630.0
3	Jacuí em Dona Francisca	2171.3	13975.0	373.0	1.75	1.41	371.0	1520.0
4	Vacacaí em Pte. São Gabriel	240.0	960.0	81.0	4.07	1.72	35.0	1310.0
5	Vacacaí em Passo do Verde	437.7	5343.0	206.0	1.91	0.84	115.0	1330.0
6	Vacacaí em Passo das Tunas	598.3	6782.0	247.0	1.63	0.51	180.0	1340.0
7	Pardinho em Sta. Cruz	148.8	816.0	77.0	7.72	5.90	30.0	1310.0
8	Jacuí em Rio Pardo	3716.0	36104.0	583.0	1.34	0.76	1030.0	1420.0
9	Santa Rita em Pte. Sta. Rita	78.4	325.0	37.0	5.53	4.63	10.0	1690.0
10	Taquari e, Lajeado	5615.5	23272.0	442.0	2.76	1.95	610.0	1520.0
11	Caí em Passo Montenegro	569.0	4330.0	178.0	5.30	5.15	170.0	1410.0
12	Dos Sinos em Campo Bom	270.0	2875.0	131.0	6.33	9.66	105.0	1500.0
13	Dos Sinos em São Leopoldo	176.0	3145.0	153.0	5.45	0.47	123.0	1480.0
14	Gravataí em Passo	65.4	1665.0	42.0	2.57	0.64	38.0	1310.0
15	Piratini em Passo do Ricardo	1287.9	5396.0	111.0	3.35	2.07	175.0	1310.0
16	Pelotas em Pte. Cordeiro Far.	161.5	362.0	41.0	9.56	8.25	24.0	1280.0
17	Fragata em Passo dos Carros	55.3	132.0	21.0	9.95	8.37	7.0	1270.0
18	Passo Fundo em José Bonifácio	196.4	1980.0	133.0	1.14	0.57	62.0	1750.0
19	Grande em Ponte Ibiruba	62.5	366.0	84.0	3.26	2.72	9.0	1560.0
20	Jacuí Mirim em Pte. Sto. Antônio	192.3	758.0	78.0	2.76	2.13	21.0	1650.0
21	Jacuí M. em Passo do Lagoão	224.2	1555.0	140.0	1.84	1.30	61.0	1610.0
22	Jacuí em Salto Grande	1424.5	8218.0	240.0	1.92	1.05	200.0	1550.0
23	Jacuí em Volta Grande	2237.0	13265.0	331.0	1.88	1.57	347.0	1530.0
24	Ligeiro em Passo do Ligeiro	150.6	537.0	45.0	6.66	6.13	20.0	1700.0
25	Pelotas em Passo do Virgílio	4256.0	29619.0	461.0	2.40	2.30	900.0	1570.0
26	Forquilha em Passo do Granzoto	326.9	1756.0	84.0	3.08	2.13	57.0	1690.0
27	Ligeiro em Passo Colombelli	977.4	3718.0	157.0	2.94	3.27	110.0	1680.0
28	Passo Fundo em Pte. Rio Pas. Fundo	711.8	3709.0	186.0	2.04	1.78	125.0	1730.0
29	Uruguai em Passo Caxambu	9349.0	52832.0	711.0	1.87	1.32	1580.0	1600.0
30	Uruguai em Iraí	10693.0	62199.0	800.0	1.69	1.03	1850.0	1620.0
31	Turvo em Engenho	90.7	392.0	98.0	1.86	1.50	29.0	1880.0
32	Burica em Cascata Burica	583.1	2265.0	136.0	2.90	2.23	115.0	1930.0
33	Santa Rosa em Tucunduva	244.3	1139.0	117.0	2.90	2.07	64.0	1920.0
34	Potiribú em Pte. Nova do Potiribú	115.0	628.0	61.0	3.15	2.70	26.0	1690.0
35	Conceição em Conceição	175.3	805.0	53.0	3.18	2.70	25.0	1700.0
36	Ijuí em Santo Angelo	793.5	5414.0	242.0	1.50	0.75	164.0	1700.0
37	Ijuí em Passo Viola	1380.0	8883.0	338.0	1.21	0.88	280.0	1650.0
38	Santa Maria em Rosário do Sul	1408.1	11537.0	268.0	1.08	0.40	420.0	1370.0
39	Itu em Cachoeira Sta. Cecília	321.1	1579.0	93.0	3.53	1.58	40.0	1640.0
40	Itu em Passo da Cachoeira	333.3	2578.0	133.0	2.65	1.14	68.0	1610.0
41	Ibirapuitã em Passo dos Britos	301.8	3201.0	160.0	1.53	0.84	130.0	1300.0
42	Ibirapuitã em Alegrete	693.5	5945.0	202.0	1.26	0.63	242.0	1320.0
43	Jaquari em Jaquari	937.4	2244.0	134.0	3.16	2.66	86.0	1660.0
44	Ibicuí em Jacaquã	2066.0	27252.0	382.0	0.84	0.40	976.0	1460.0
45	Miracatu em Pte. do Miracatu	70.8	365.0	36.0	7.28	5.22	14.0	1580.0
46	Ibicuí em Manoel Viana	2174.0	28799.0	418.0	0.77	0.29	1036.0	1470.0
47	Ibicuí em Passo do Itaum	2250.0	30478.0	481.0	0.67	0.24	1080.0	1470.0
48	Ibicuí em Passo Mariano Pinto	3325.0	42014.0	524.0	0.62	0.19	1500.0	1460.0
49	Toropi em Vila Clara	456.4	2810.0	119.0	3.40	3.32	100.0	1640.0
50	Toropi em Ponte Toropi	572.9	3347.0	156.0	2.62	2.39	115.0	1630.0
51	Lavatudo em Fazenda Mineira	492.4	1108.0	68.0	8.53	5.50	25.0	1670.0
52	Pelotas em Passo Socorro	1904.6	9009.0	268.0	3.51	1.72	265.0	1705.0
53	Canoas em Rio Bonito	208.6	1990.0	128.0	6.56	5.12	70.0	1590.0
54	Canoas em Encruzilhada	322.5	2980.0	196.0	4.59	2.09	102.0	1540.0
55	Canoas em Ponte Alto do Sul	460.7	4600.0	280.0	3.32	0.86	148.0	1470.0
56	Morambas em Ponte Morambas	97.4	355.0	52.0	6.15	2.58	9.0	1320.0
57	Canoas em Passo Caru	1314.0	10180.0	385.0	2.68	0.55	257.0	1420.0
58	Canoas em Colônia Sta. Ana	1817.9	13460.0	390.0	2.79	0.67	350.0	1430.0
59	Irani em Bonito	219.9	630.0	84.0	7.38	5.71	27.0	1700.0
60	Irani em Passo Alto Irani	402.2	900.0	120.0	6.25	4.33	32.0	1690.0

Resultados da regressão múltipla selecionada para obter a equação de predição da região completa

MULTIPLE REGRESSION.....QBAR REGIAU COMPLETA = 60 BACIAS  
SELECTION..... 3

CORRELATION MATRIX BETWEEN VARIABLES

	GRAD	QBAR	AREA	MSL	SIMS	SIBS	NAAR	FRGD
GRAD	1.0000	0.1008	0.0154	0.0072	0.0031	0.0984	0.3453	0.0088
QBAR	0.1008	1.0000	0.9548	0.9129	-0.0255	-0.5405	-0.0778	0.9430
AREA	0.0154	0.9548	1.0000	0.9632	-0.7258	-0.7111	-0.1506	0.9846
MSL	0.0072	0.9129	0.9632	1.0000	-0.7352	-0.7300	-0.2742	0.9460
SIMS	0.0031	-0.0255	-0.7258	-0.7352	1.0000	0.7926	0.0194	-0.7340
SIBS	0.0984	-0.5405	-0.7111	-0.7300	0.7926	1.0000	0.2030	-0.7009
NAAR	0.3453	-0.0778	-0.1506	-0.0722	0.0194	0.2030	1.0000	-0.1638
FRGD	0.0088	0.9430	0.9846	0.9460	-0.7340	-0.7009	-0.1638	1.0000

REGRESSION ANALYSIS RESULTS

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	CORRELATION A VS Y	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR OF REG. COEFF.	COMPUTED T VALUE
AREA	3.24022	0.48779	-0.54055	0.25189	0.03593	27.07591
QBAR	2.75831	0.57102			0.08000	6.86672

INTERCEPT = 0.81445  
MULTIPLE CORRELATION = 0.97484

STD. ERROR OF ESTIMATE = 0.12964  
PERC VARIATN EXPLAINED = 95.03

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F VALUE
ATTRIBUTABLE TO REGRESSION	4	18.32034	4.58009	545.03469
DEVIATION FROM REGRESSION	55	0.25777	0.00469	
TOTAL	59	18.57811		

MULTIPLE REGRESSION.....QBAR REGIAU COMPLETA = 60 BACIAS  
SELECTION..... 3

TABLE OF RESIDUALS

CASE NO.	Y VALUE	Y ESTIMATE	RESIDUAL
1	3.04277	2.97207	0.07070
2	2.98295	2.95484	0.02811
3	3.33072	3.33950	-0.00878
4	2.35021	2.25333	0.09688
5	2.81118	2.85239	-0.04121
6	2.77888	2.85239	-0.07351
7	2.17260	2.36976	-0.19716
8	3.57006	3.63932	-0.06926
9	1.94816	1.92265	0.02551
10	3.74816	3.84445	-0.09629
11	3.79930	3.87716	-0.07786
12	2.25042	2.48659	-0.23617
13	2.43134	2.52942	-0.09808
14	2.72555	2.52942	0.19613
15	3.70950	3.99803	-0.28853
16	2.00817	2.07937	-0.07120
17	1.74273	1.64914	0.09359
18	2.93118	2.34397	0.58721
19	2.69368	2.69133	0.00235
20	2.28398	2.11133	0.17265
21	2.35068	2.38357	-0.03289
22	3.15360	3.06004	0.09356
23	2.93357	2.93357	0.00000
24	2.17782	2.16092	0.01690
25	3.09790	2.74977	0.34813
26	2.99007	2.97774	0.01233
27	2.09236	2.08194	0.01042
28	1.97077	1.88654	0.08423
29	4.00210	3.97945	0.02265
30	1.92791	2.01735	-0.08944
31	2.76574	2.63865	0.12709
32	2.38792	2.32084	0.06708
33	2.06070	2.12102	-0.06032
34			
35	2.24378	2.22813	0.01565
36	2.69955	2.62313	0.07642
37	3.13988	3.06329	0.07659
38	3.14003	3.03845	0.10158
39	2.55000	2.42403	0.12597
40	2.59468	2.57760	0.01708
41	2.59468	2.57760	0.01708
42	2.04105	2.01297	0.02808
43	3.28285	3.08065	0.20220
44	1.31513	1.00716	0.30797
45	1.31513	1.00716	0.30797
46	3.52279	3.46357	0.05922
47	3.95600	3.81814	0.13786
48	2.11931	2.17252	-0.05321
49	2.09232	2.08076	0.01156
50	2.60251	2.52506	0.07745
51	2.60251	2.52506	0.07745
52	2.88342	2.77701	0.10641
53	1.98856	1.86904	0.11952
54	1.98856	1.86904	0.11952
55	2.34223	2.25311	0.08912
56	2.00444	2.15664	-0.15220

## ANALISE DAS REGRESSÕES MULTIPLAS PARA A REGIÃO COMPLETA

SELEÇÃO	VARIÁVEL	COEFICIENTE	F tabela	NÍVEL DE SIGNIFIC.	fsee	R <sup>2</sup>
1	QBAR	0.733	597.8 4.01	0.01	1.48	91.16
	AREA	0.817				
2	QBAR	0.822	96.01 4.95	0.01	1.49	91.22
	AREA	0.893				
	MSL	-0.144				
3	QBAR	0.153	545.0 4.95	0.01	1.35	95.05
	AREA	0.990				
	S185	0.400				
4	QBAR	0.001	310.8 4.95	0.01	1.47	91.06
	AREA	0.826				
	NAAR	0.864				
5	QBAR	1.741	294.8 4.95	0.01	1.49	91.19
	AREA	0.735				
	FRQD	0.101				
6	QBAR	946.28	67.66 4.50	0.01	1.87	78.05
	AREA	8.557				
	MSL	-16.331				
	S185	-2.036				
7	QBAR	1.828	194.5 4.50	0.01	1.49	91.24
	AREA	0.814				
	MSL	-0.139				
	FRQD	0.094				
8	QBAR	0.385	395.5 4.50	0.01	1.36	95.06
	AREA	0.900				
	S185	0.400				
	FRQD	0.108				
9	QBAR	$4.22 \times 10^{25}$	284.9 4.50	0.01	1.42	93.02
	AREA	0.783				
	S185	-0.298				
	NAAR	9.227				
10	QBAR	$1.18 \times 10^{36}$	182.2 4.20	0.01	1.43	92.98
	AREA	0.384				
	S185	-0.323				
	NAAR	9.343				
	FRQD	0.483				

## ANALISE DAS REGRESSÕES MULTIPLAS PARA A REGIÃO 1

SELEÇÃO	VARIÁVEL	COEFICIENTE	F <sub>tabela</sub>	F	NIVEL DE SIGNIFIC.	f <sub>see</sub>	R <sup>2</sup>
1	QBAR	0.278	300.5	5.53	0.01	1.47	91.48
	AREA	0.956					
2	QBAR	0.295	145.0	4.64	0.01	1.48	91.48
	AREA	0.933					
	MSL	0.025					
3	QBAR	0.160	157.8	4.64	0.01	1.46	92.12
	AREA	1.017					
	S185	0.101					
4	QBAR	0.100	170.1	4.64	0.01	1.44	92.65
	AREA	0.981					
	NAAR	0.111					
5	QBAR	9.589	152.2	4.64	0.01	1.47	91.85
	AREA	0.606					
	FRQD	0.355					
6	QBAR	0.005	36.1	4.18	0.01	1.83	80.64
	AREA	4.774					
	MSL	-4.797					
	S185	-1.524					
7	QBAR	12.01	98.03	4.18	0.01	1.48	91.88
	AREA	0.623					
	MSL	-0.056					
	FRQD	0.392					
8	QBAR	4.842	106.3	4.18	0.01	1.46	92.46
	AREA	0.680					
	S185	0.098					
	FRQD	0.341					
9	QBAR	0.0023	277.3	4.64	0.01	1.27	96.97
	AREA	0.894					
	S185	-0.378					
	NAAR	0.748					
10	QBAR	$1.35 \times 10^{-10}$	130.0	3.90	0.01	1.35	95.41
	AREA	2.449					
	S185	-0.541					
	NAAR	0.864					
	FRQD	-1.653					

## ANALISE DAS REGRESSÕES MULTIPLAS PARA A REGIÃO 2

SELEÇÃO	VARIÁVEL	COEFICIENTE	F tabela	F	NÍVEL DE SIGNIFIC.	fsee	R <sup>2</sup>
1	QBAR	1.015	9.09	202.12	0.01	1.29	94.4
	AREA	0.760					
2	QBAR	0.624	6.7	104.9	0.01	1.29	95.02
	AREA	0.345					
	MSL	0.776					
3	QBAR	0.119	6.7	159.5	0.01	1.23	96.67
	AREA	1.011					
	S185	0.357					
4	QBAR	$6.4 \times 10^{-7}$	6.7	138.4	0.01	1.25	96.18
	AREA	0.808					
	NAAR	1.893					
5	QBAR	0.039	6.7	52.14	0.01	1.41	90.4
	AREA	0.563					
	FRQD	0.611					
6	QBAR	$1.27 \times 10^{-3}$	5.21	-2.38	0.1	3.52	70.97
	AREA	131.917					
	MSL	-125.99					
	S185	7.159					
7	QBAR	23.321	5.21	67.51	0.01	1.28	95.29
	AREA	-0.965					
	MSL	2.39					
	FRQD	0.441					
8	QBAR	0.055	5.21	31.92	0.01	1.42	90.55
	AREA	1.054					
	S185	0.077					
	FRQD	-0.307					
9	QBAR	0.416	5.21	24.13	0.01	2.09	73.8
	AREA	0.69					
	S185	0.941					
	NAAR	-1.715					
10	QBAR	$1.0 \times 10^{-11}$	4.7	-0.02	0.1	3.54	67.0
	AREA	39.96					
	S185	-100.55					
	NAAR	306.03					
	FRQD	-110.08					

## ANALISE DAS REGRESSÕES MULTIPLAS PARA A REGIÃO 3

SELEÇÃO	VARIÁVEL	COEFICIENTE	F tabela	F	NÍVEL DE SIGNIFIC.	fsee	R <sup>2</sup>
1	QBAR	0.558	55.65	10.56	0.01	1.47	90.27
	AREA	0.866					
2	QBAR	$1.22 \times 10^3$	-1.25	8.65	0.1	2.5	51.14
	AREA	0.820					
	MSL	0.041					
3	QBAR	101.96	9.14	8.65	0.01	2.26	69.57
	AREA	0.235					
	S185	-0.811					
4	QBAR	223.81	27.13	8.65	0.01	1.69	87.15
	AREA	0.906					
	NAAR	-0.896					
5	QBAR	$1.17 \times 10^{-68}$	-2.2	8.65	0.1	31.0	5.16
	AREA	187.86					
	FRQD	0.027					
6	QBAR	50.528	4.8	4.35	0.05	2.47	67.3
	AREA	0.513					
	MSL	-0.302					
	S185	-0.793					
7	QBAR	$1.0 \times 10^{-46}$	-3.10	8.45	0.1	62.5	2.42
	AREA	0.071					
	MSL	0.042					
	FRQD	4.410					
8	QBAR	$1.27 \times 10^{22}$	64.5	8.45	0.01	1.79	86.44
	AREA	-4.251					
	S185	-0.897					
	FRQD	4.610					
9	QBAR	464.07	4.65	4.35	0.05	2.05	77.74
	AREA	0.076					
	S185	-0.803					
	NAAR	-1.077					
10	QBAR	6.21	4.45	4.15	0.05	1.95	85.58
	AREA	-5.34					
	S185	-0.871					
	NAAR	-8.139					
	FRQD	6.909					

ANALISE DAS REGRESSÕES MULTIPLAS PARA A REGIÃO 4

SELEÇÃO	VARIÁVEL	COEFICIENTE	F	NÍVEL DE SIGNIFIC.	t <sub>sec</sub>	R <sup>2</sup>
1	QBAR	0.393	42.19	0.01	2.15	77.86
	AREA	0.882	9.33			
2	QBAR	0.718	19.64	0.01	2.22	78.13
	AREA	0.679				
	MSL	0.209	7.21			
3	QBAR	0.056	68.26	0.01	1.46	96.47
	AREA	1.085				
	S185	0.594	7.21			
4	QBAR	0.939	19.47	0.01	2.23	77.98
	AREA	0.876				
	NAAR	-0.035	7.21			
5	QBAR	30.80	20.70	0.01	2.18	79.01
	AREA	0.448				
	FRQD	0.446	7.21			
6	QBAR	$1.3 \times 10^{-354}$	-2.8	0.1	23.2	13.21
	AREA	0.891				
	MSL	0.028				
	S185	6.542	6.53			
7	QBAR	30.019	12.57	0.01	2.27	79.04
	AREA	0.397				
	MSL	0.079				
	FRQD	0.427	6.53			
8	QBAR	0.395	25.35	0.01	1.84	88.38
	AREA	0.906				
	S185	0.383				
	FRQD	0.205	6.53			
9	QBAR	0.02	9.57	0.01	2.48	74.17
	AREA	0.089				
	S185	-0.089				
	NAAR	0.397	6.53			
10	QBAR	63.73	6.57	0.01	2.59	74.5
	AREA	0.085				
	S185	-0.154				
	NAAR	0.411				
	FRQD	0.802	6.42			

COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS COM APLICAÇÃO DOS METODOS TRADICIONAIS E DO METODO REGIONAL

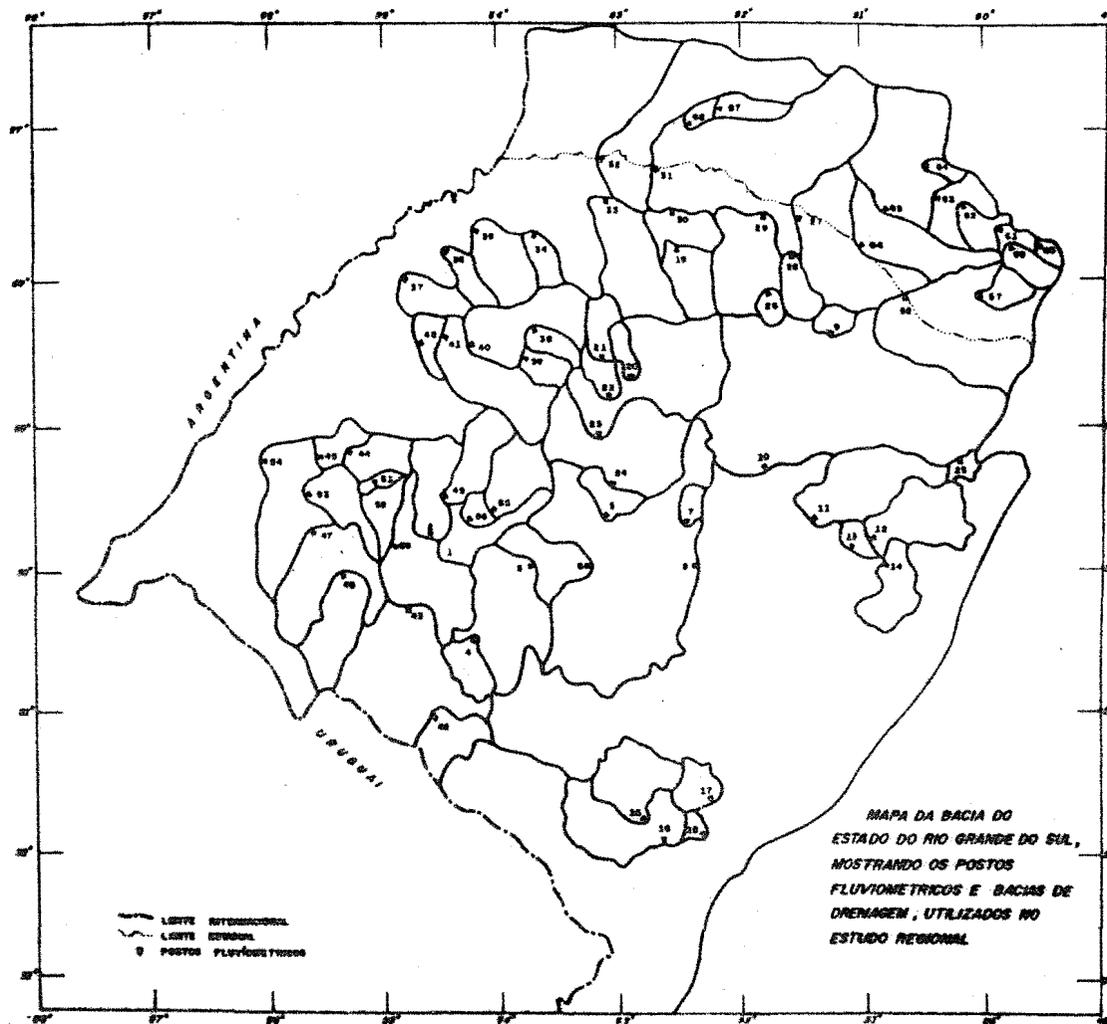
SEÇÃO	CURVA INDIVIDUAL DE FREQUÊNCIA (valores verdadeiros)			METODO REGIONAL			M. SOIL CONSERVATION		M. RACIONAL
	QBAR	Q(50)	Q(500)	QBAR	Q(50)	Q(500)	Q(50)	Q(500)	Q(50)
a) R. Lavatudo em Fzda. Mineira.	458	824	---	313	607	770	702	1030	--
b) R. Pelotas em Invernada Velha.	745	1210	---	609	1255	1614	1120	1550	--
c) Arroio Pinhal	---	---	---	25	49	62	---	---	110

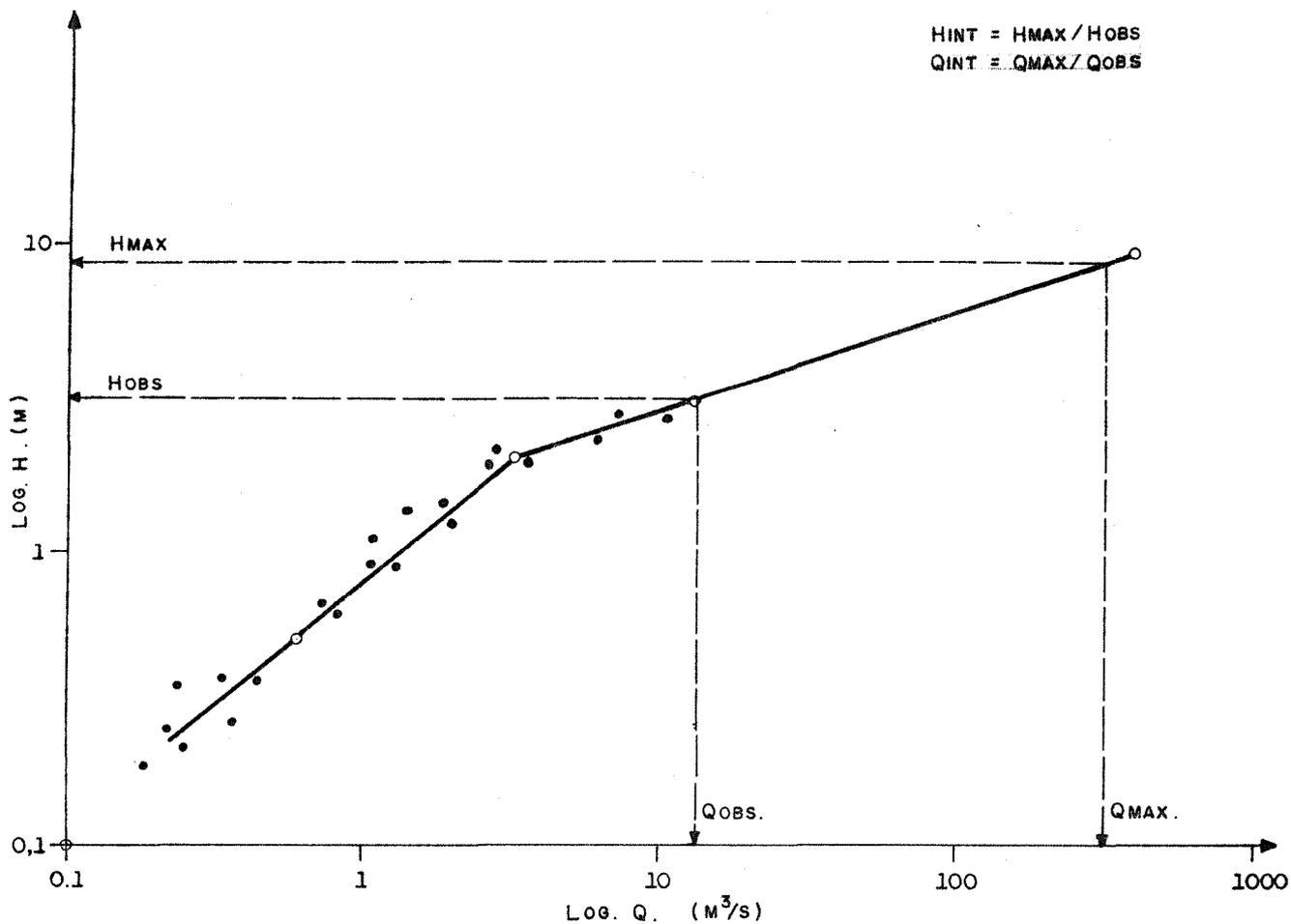
7

FIGURAS

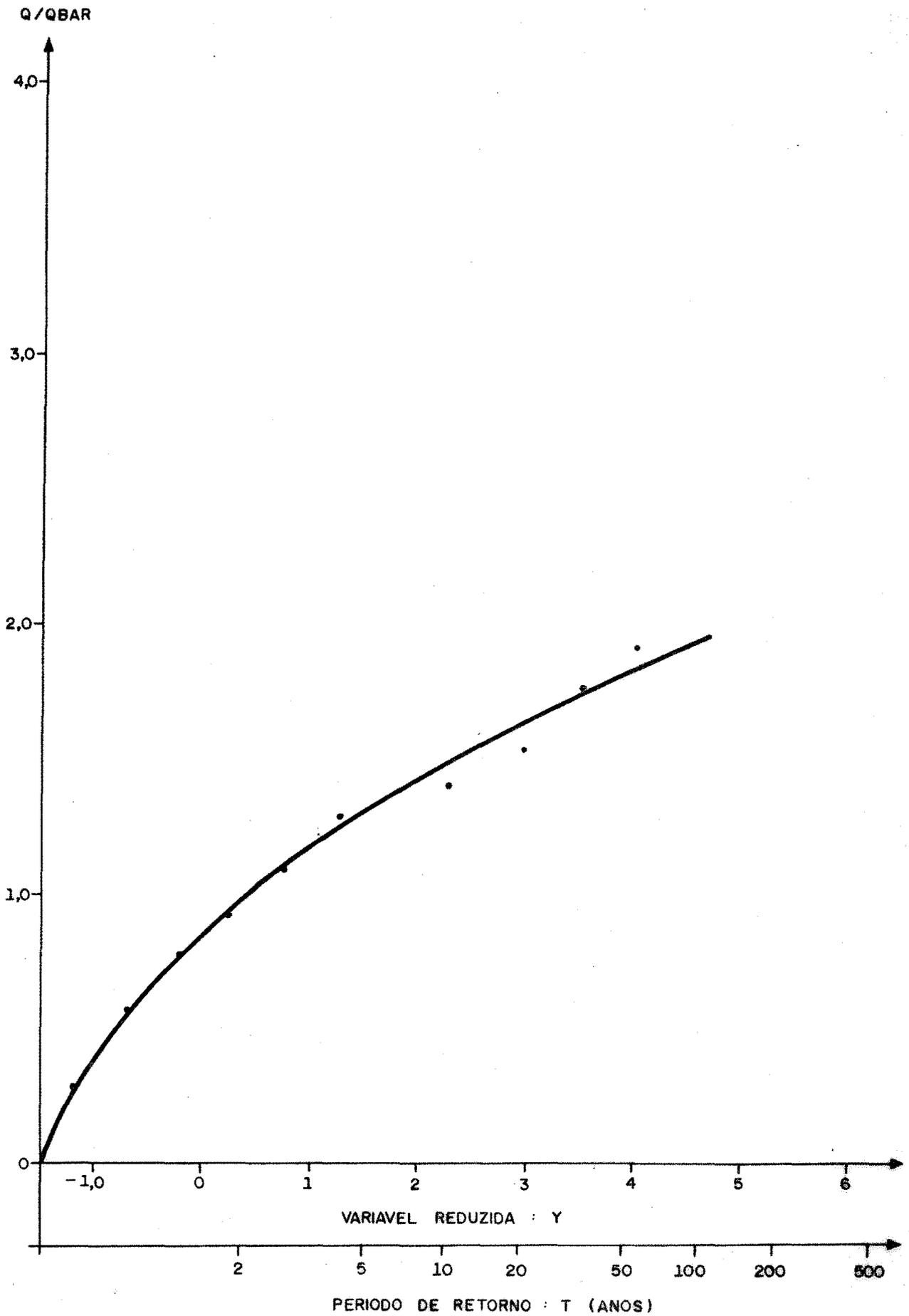
**NOME DO POSTO FLUVIOMETRICO**

- 1 R. Ibicuí em passo Santa Vitória
- 2 R. Jaguarí em passo do Loreto
- 3 R. Jacuí em Dona Francisca
- 4 R. Vacacaí em ponte São Gabriel
- 5 R. Vacacaí em passo do verde
- 6 R. Vacacaí em passo das Lunas
- 7 R. Pardinho em Santa Cruz
- 8 R. Jacuí em rio Pardo
- 9 R. Santa Rita em ponte Santa Rita
- 10 R. Taquarí em Lajeado
- 11 R. Cai em passo Montenegro
- 12 R. Dos Sinos em Campo Bom
- 13 R. Dos Sinos em São Leopoldo
- 14 R. Gravatal em passo das Canoas
- 15 R. Piratini em picada nova
- 16 R. Piratini em passo do Ricardo
- 17 ARR. Pelotas em Pte. Cordelro Farias
- 18 ARR. Fragata em passo dos carros
- 19 R. Passo Fundo em Jose Bonifacio
- 20 ARR. Grande em ponte Ibiruba
- 21 R. Jacuí Mirim em Pte. Sto. Antonio
- 22 R. Jacuí em Passo do Lagoão
- 23 R. Jacuí em Salto Grande
- 24 R. Jacuí em volta grande
- 25 R. Tainhas em tainhas
- 26 R. Ligeiro em passo do ligeiro
- 27 R. Pelotas em passo do Virgílio
- 28 R. Forquilha em passo do Granzotto
- 29 R. Ligeiro em passo Colombelli
- 30 R. Passo Fundo em Pte. R. Passo Fundo
- 31 R. Uruguai em passo Caxambu
- 32 R. Uruguai em Irai
- 33 R. Varzea em passo R. da Varzea
- 34 R. Turvo em Engenho
- 35 R. Burica em cascata Burica
- 36 R. Santa Rosa em Tucunduva
- 37 R. Comandã em linha união
- 38 R. Potiribú em Pte. Nova Potiribú
- 39 R. Conceição em Conceição
- 40 R. Ijuí em Santo Angelo
- 41 R. Ijuí em passo Viola
- 42 R. Santa Maria em Dom Pedrito
- 43 R. Santa Maria em Rosario do Sul
- 44 R. Itú em cachoeira Santa Cecilia
- 45 R. Itú em passo da cachoeira
- 46 R. Ibirapulta em passo dos Britos
- 47 R. Ibirapulta em Alegrete
- 48 R. Ijuí em passo Floride
- 49 R. Jaguarí em Jaguarí
- 50 R. Ibicuí em Jacoqua
- 51 ARR. Miracatu em Pte. do Miracatu
- 52 R. Ibicuí em Manoel Viana
- 53 R. Ibicuí em passo do Itaum
- 54 R. Ibicuí em passo Mariano Pinto
- 55 R. Toropi em Vila Clara
- 56 R. Toropi em Ponte Toropi
- 57 R. Lavatudo em Fazenda Mineira
- 58 R. Pelotas em passo Socorro
- 59 R. Canoas em Vila Canoas
- 60 R. João Paulo em Pte. R. João Paulo
- 61 R. Canoas em Rio Bonito
- 62 R. Canoas em encruzilhada
- 63 R. Canoas em Pte. Alto do Sul
- 64 R. Meronhas em Ponte Meronhas
- 65 R. Canoas em passo Carú
- 66 R. Canoas em Colonia Santana
- 67 R. Irai em Bonito
- 68 R. Irai em passo alto Irai

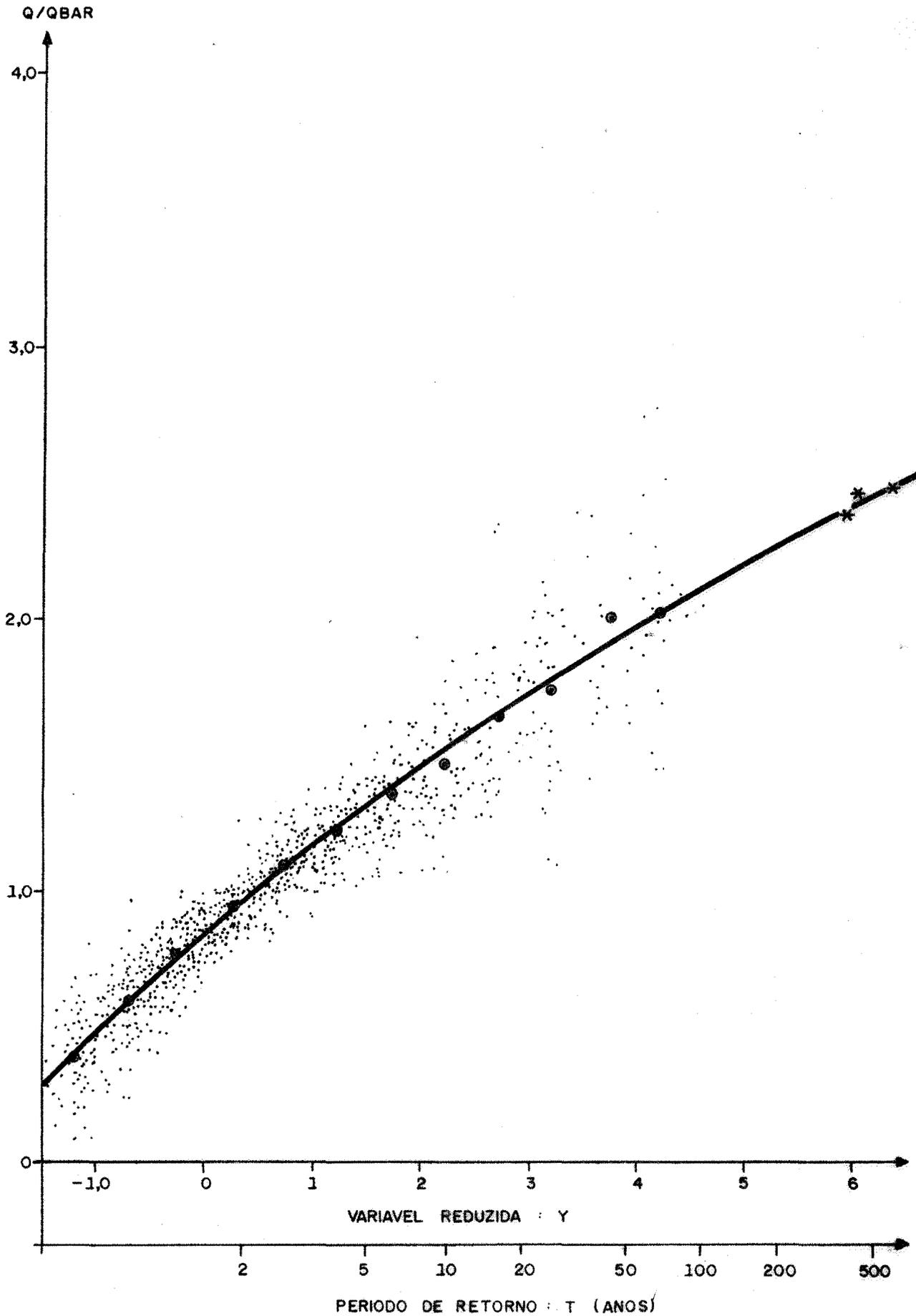




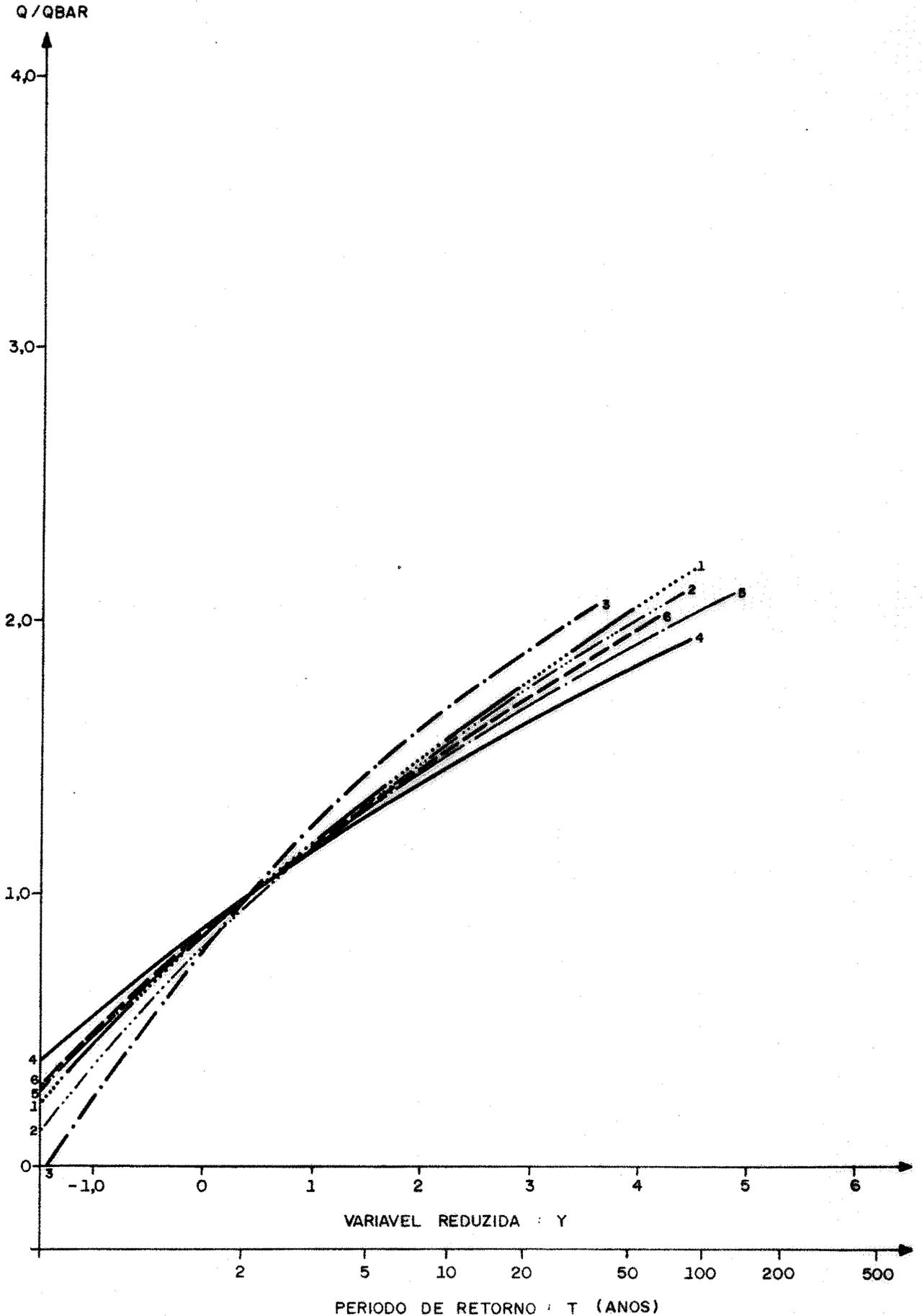
CURVA ESQUEMÁTICA DA RELAÇÃO NÍVEL - DESCARGA.



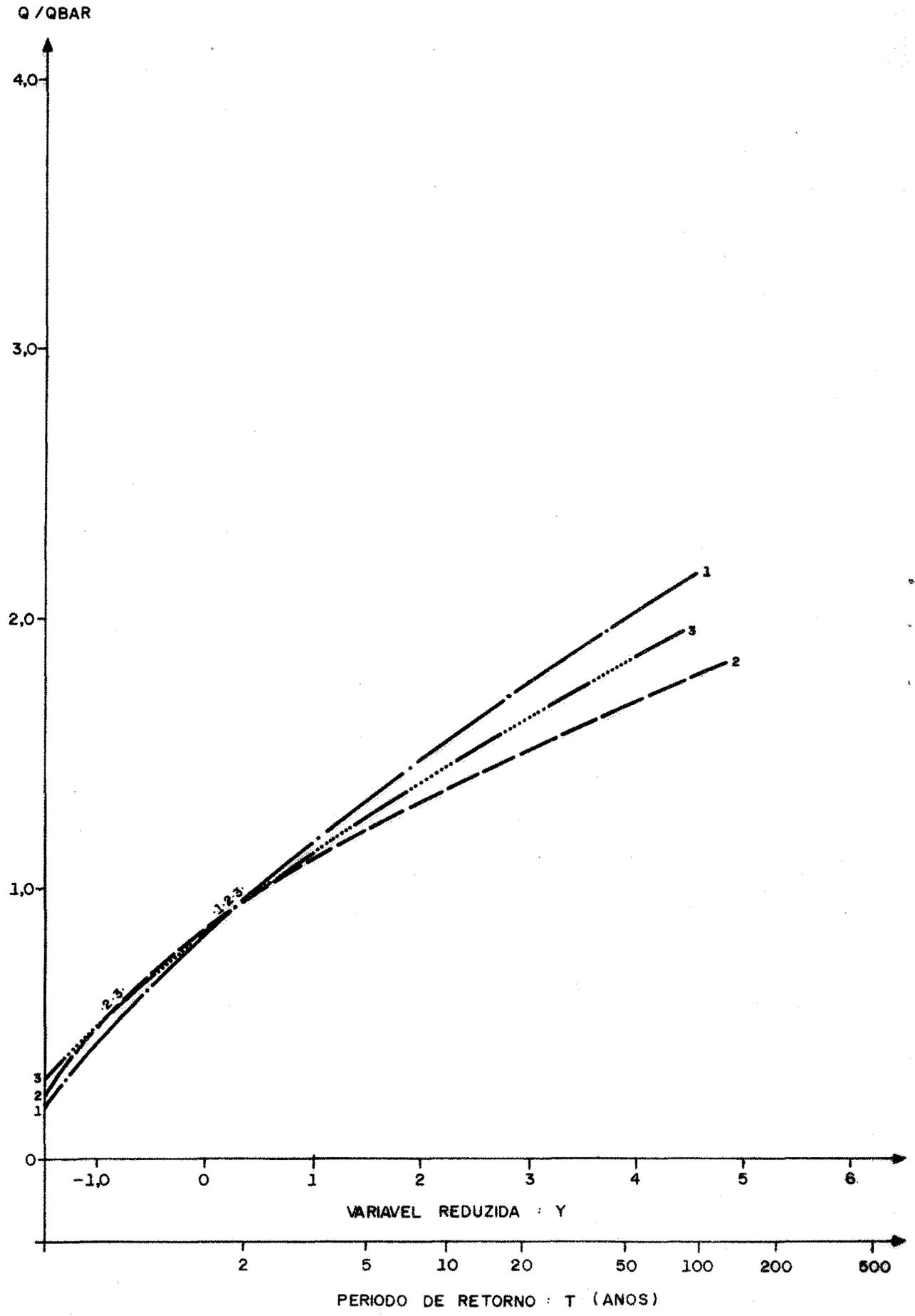
CURVA INDIVIDUAL DE FREQUÊNCIA DO POSTO R. LAVATUDO EM Fzda. MINEIRA .



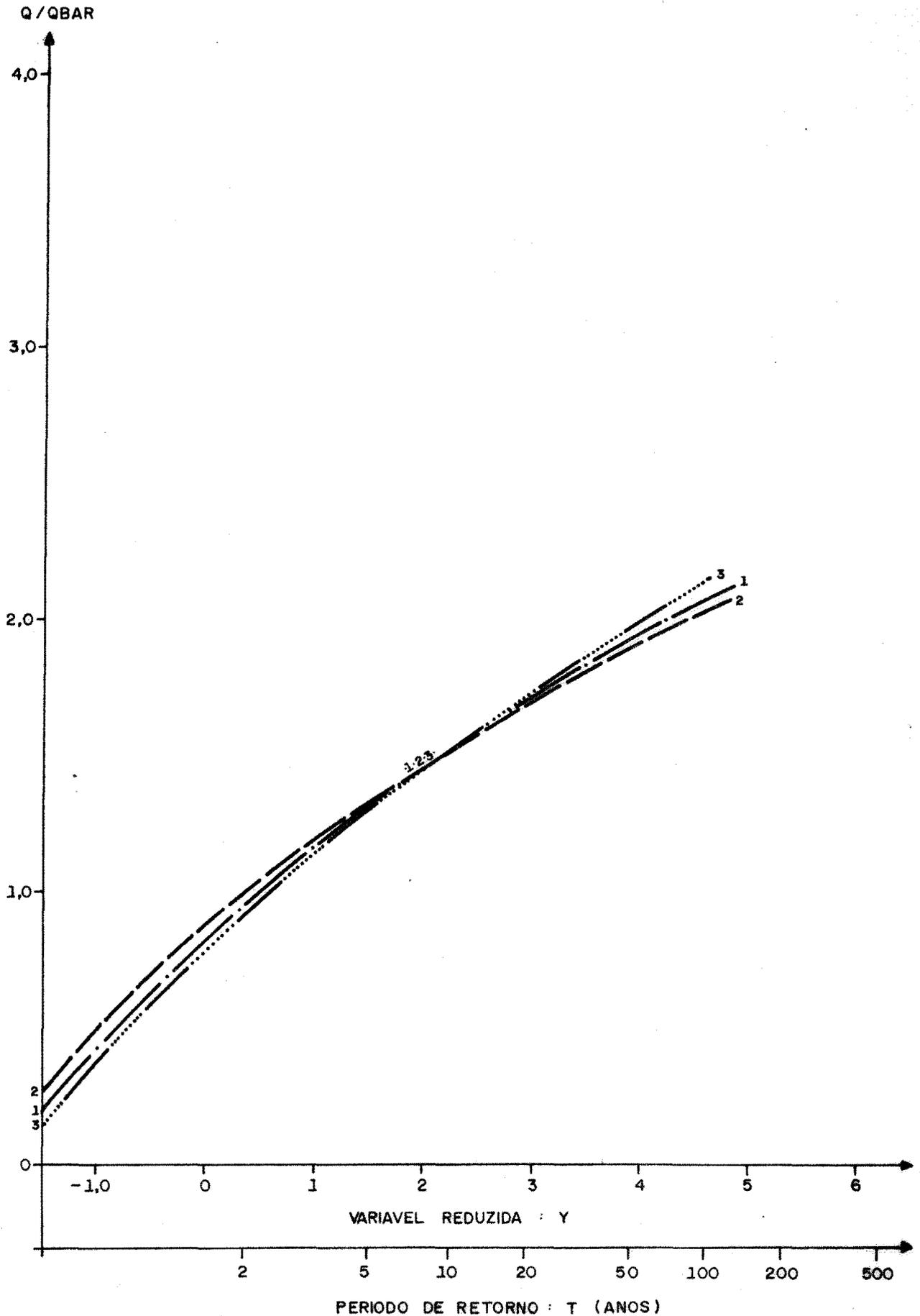
CURVA REGIONAL DE FREQUÊNCIA PARA A REGIÃO COMPLETA.



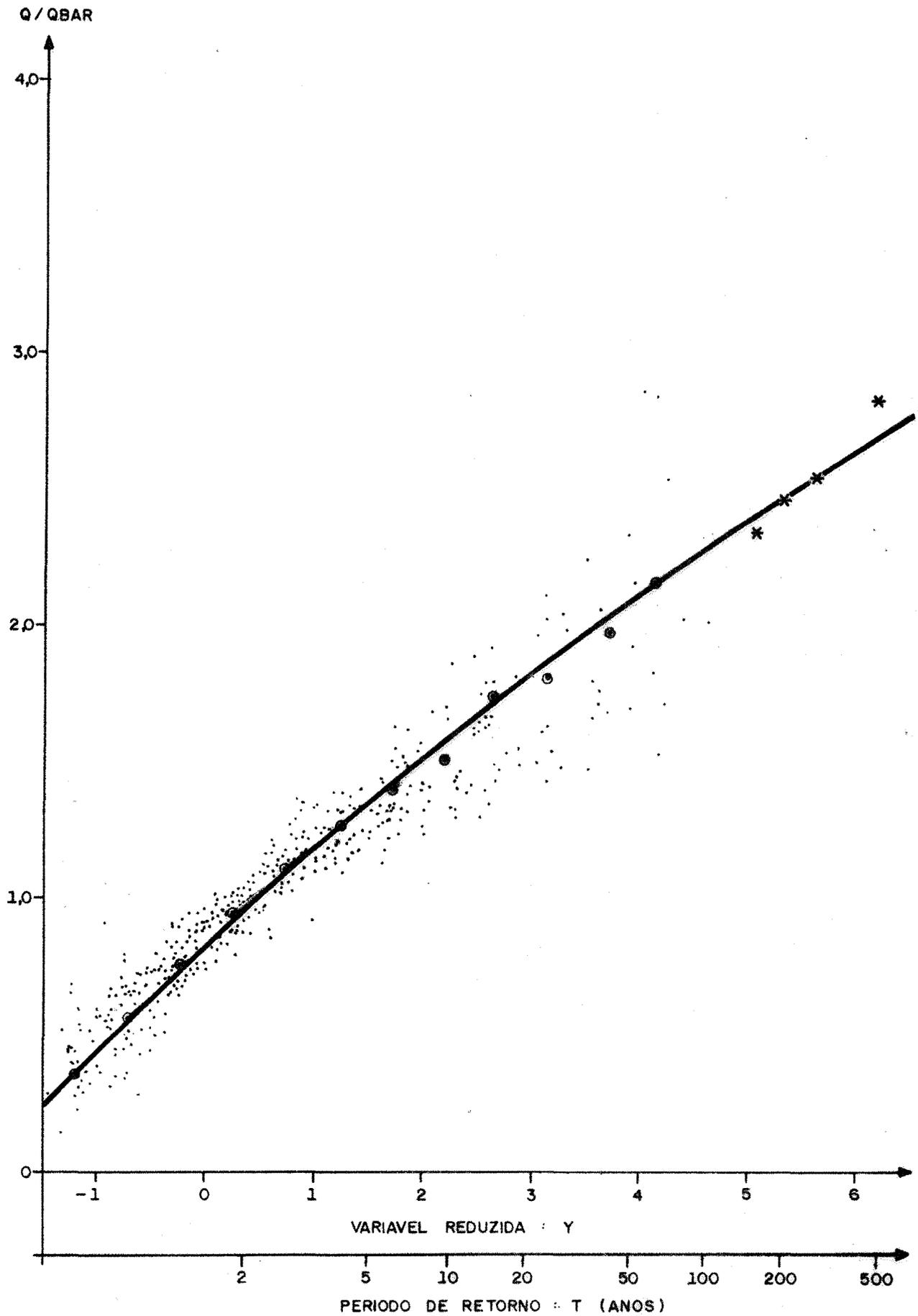
CURVAS REGIONAIS DE FREQUÊNCIA CORRESPONDENTES ÀS REGIÕES DIVIDIDAS, USANDO O CRITÉRIO DE DIVISÃO GEOGRÁFICA E VALOR RESIDUAL.



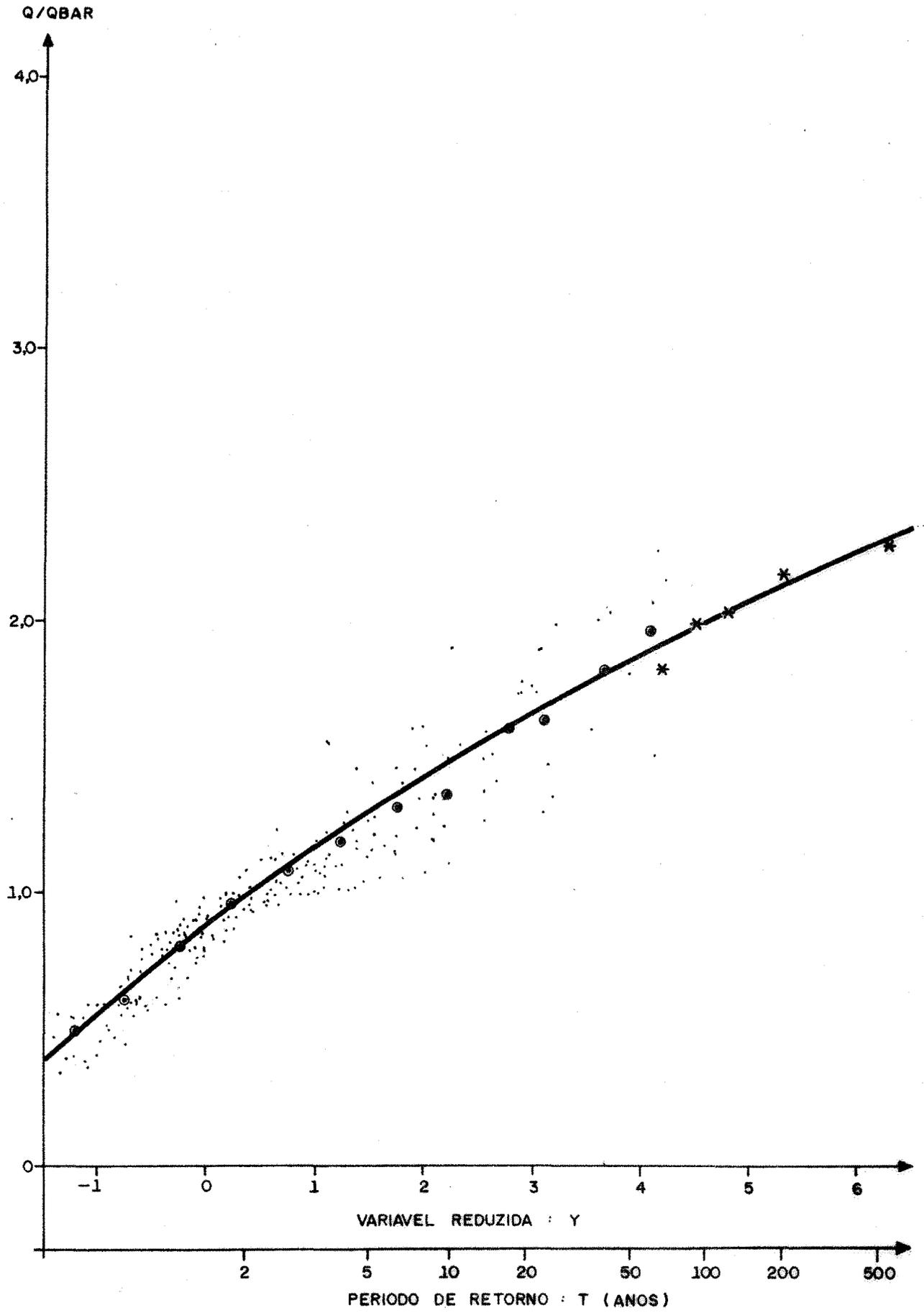
CURVAS REGIONAIS DE FREQUÊNCIA CORRESPONDENTES ÀS REGIÕES DIVIDIDAS PELO CRITÉRIO DA DIVISÃO POR RELEVO.



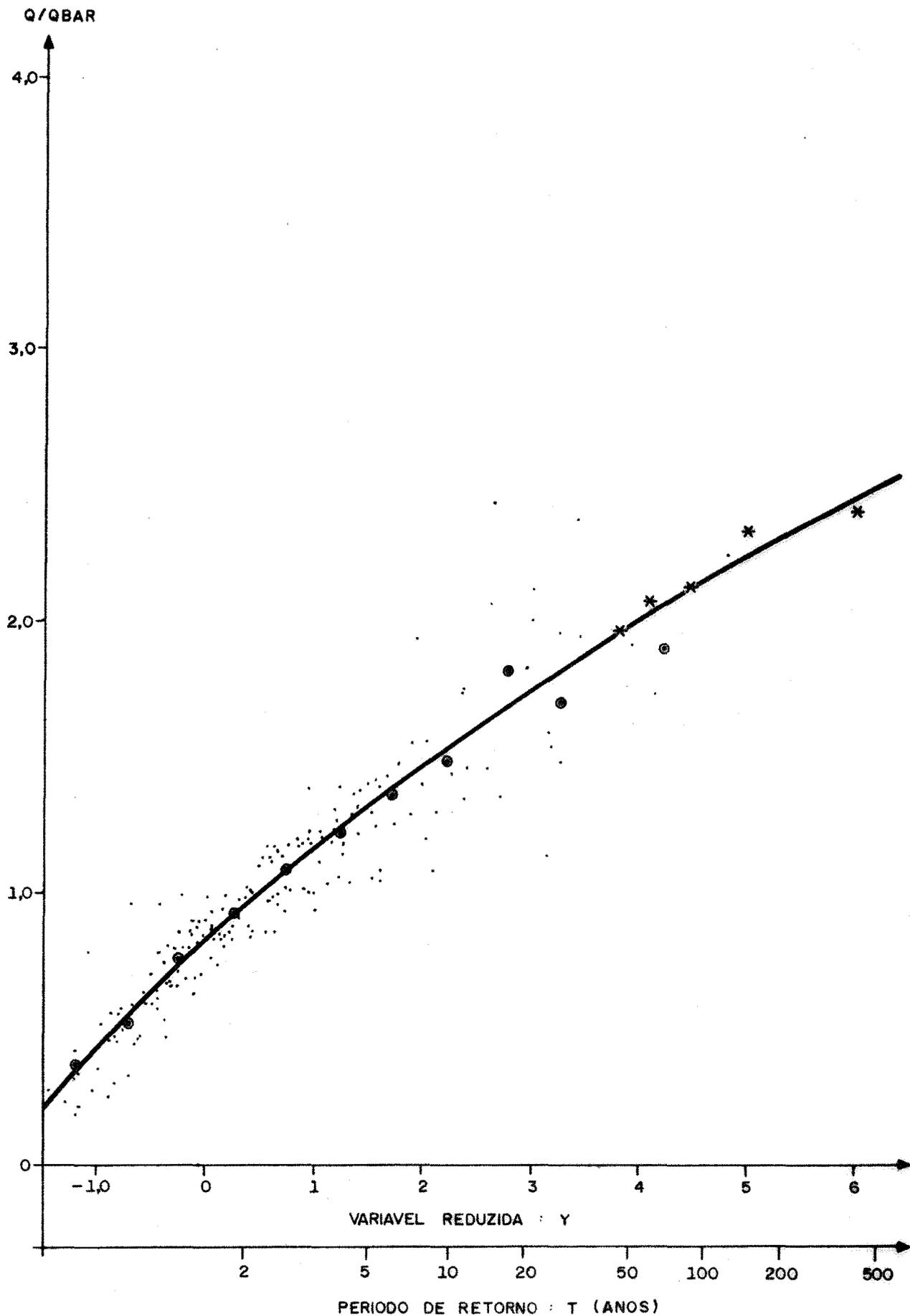
CURVAS REGIONAIS PARA AS BACIAS DE TAMANHOS DIVERSOS: 1 ;  
 BACIAS  $> 5000 \text{ km}^2$  ; 2 ; BACIAS ENTRE  $1000$  e  $5000 \text{ km}^2$  ; 3 ; BACIAS  
 $< 1000 \text{ km}^2$



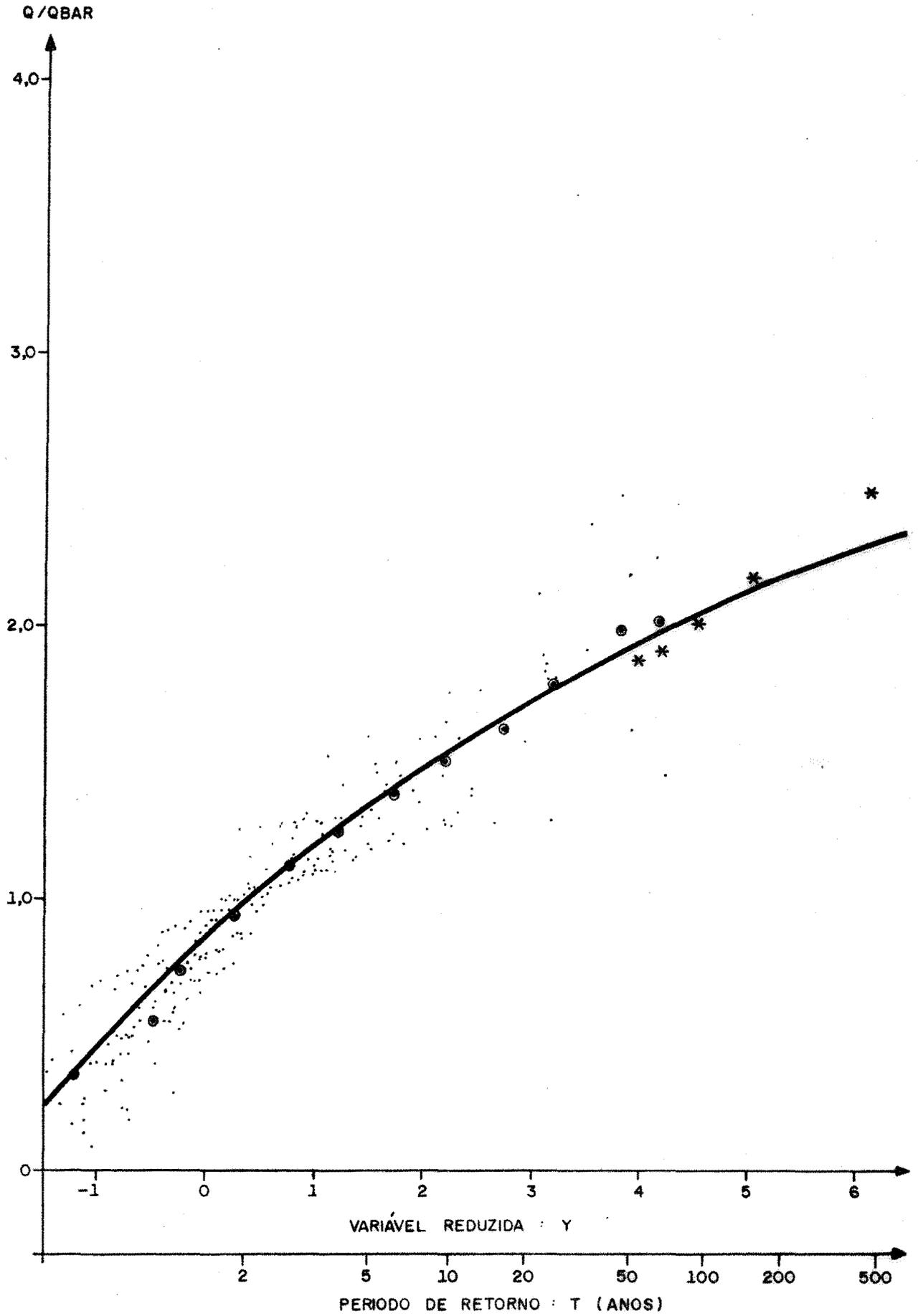
CURVA REGIONAL DE FREQUÊNCIA PARA A REGIÃO HIDROLÓGICA  
HOMOGÊNEA Nº 1



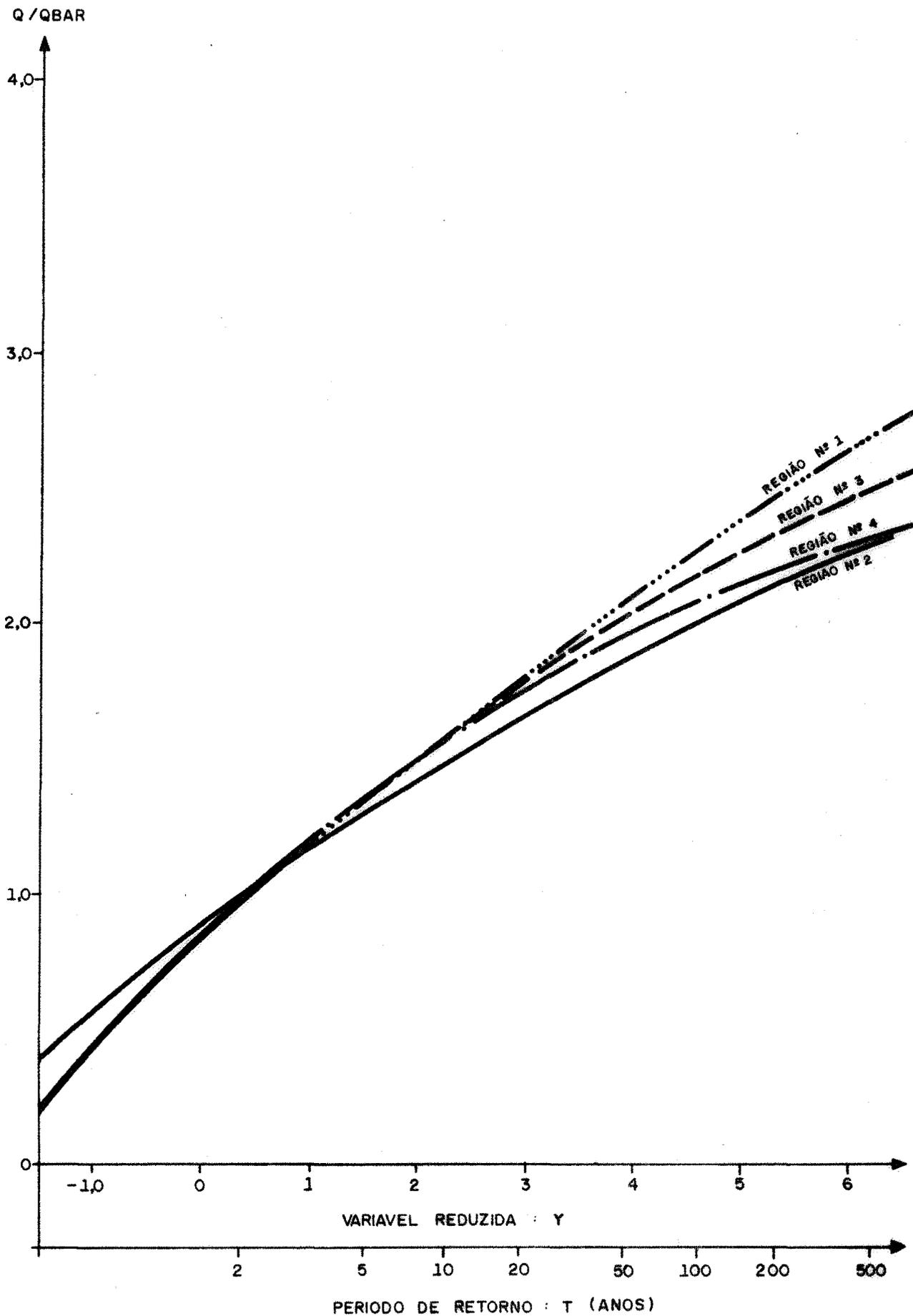
CURVA REGIONAL DE FREQUÊNCIA PARA A REGIÃO HIDROLÓGICA  
HOMOGÊNEA Nº 2 .



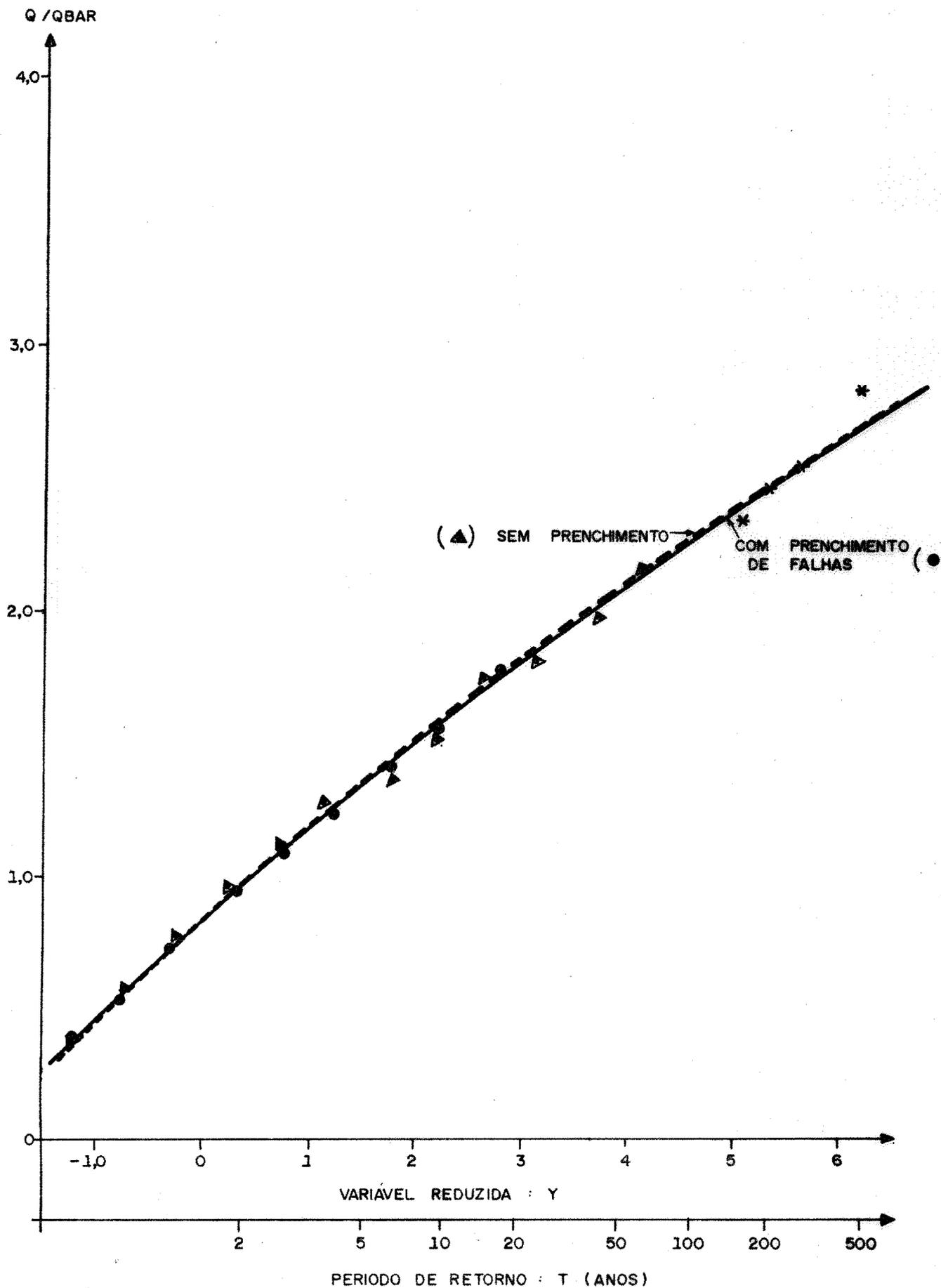
CURVA REGIONAL DE FREQUÊNCIA PARA A REGIÃO HIDROLÓGICA  
HOMOGÊNEA Nº 3



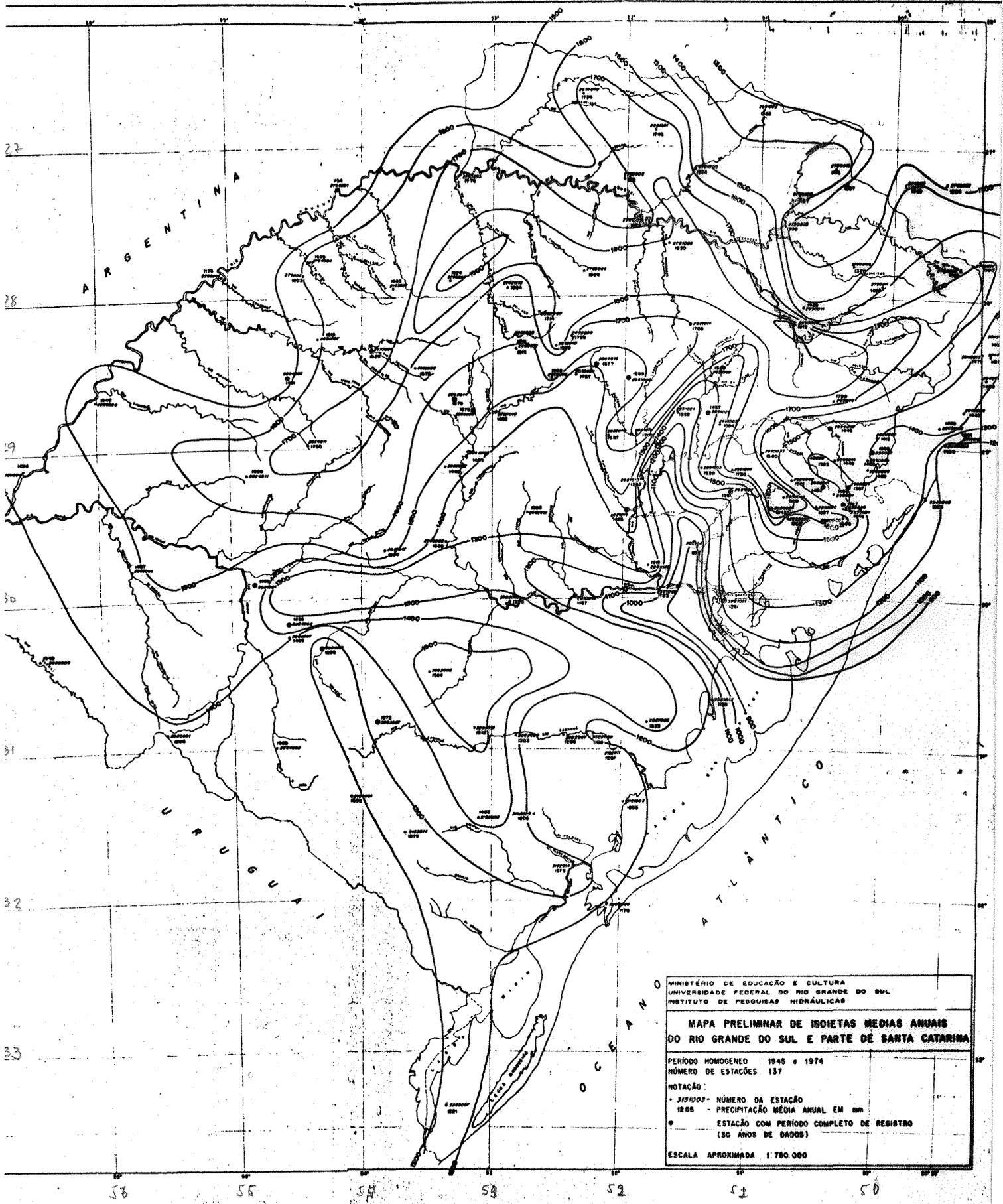
CURVA REGIONAL DE FREQUÊNCIA PARA A REGIÃO HIDROLÓGICA  
HOMOGÊNEA Nº 4



CURVA REGIONAL DE FREQUÊNCIA OBTIDAS PARA AS REGIÕES HIDROLÓGICAS HOMOGÊNEAS DENTRO DA REGIÃO ESTUDADA, REFERIDAS NA (FIGURA 18).



COMPARAÇÃO DAS CURVAS DE FREQUÊNCIA PARA A REGIÃO NO 1 USANDO SERIES COM PREENCHIMENTO DE FALHAS E PERÍODOS COMÚNS DE DADOS.



MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA  
 UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
 INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS

**MAPA PRELIMINAR DE ISOIETAS MÉDIAS ANUAIS  
 DO RIO GRANDE DO SUL E PARTE DE SANTA CATARINA**

PERÍODO HOMOGÊNEO 1946 a 1974  
 NÚMERO DE ESTAÇÕES 137

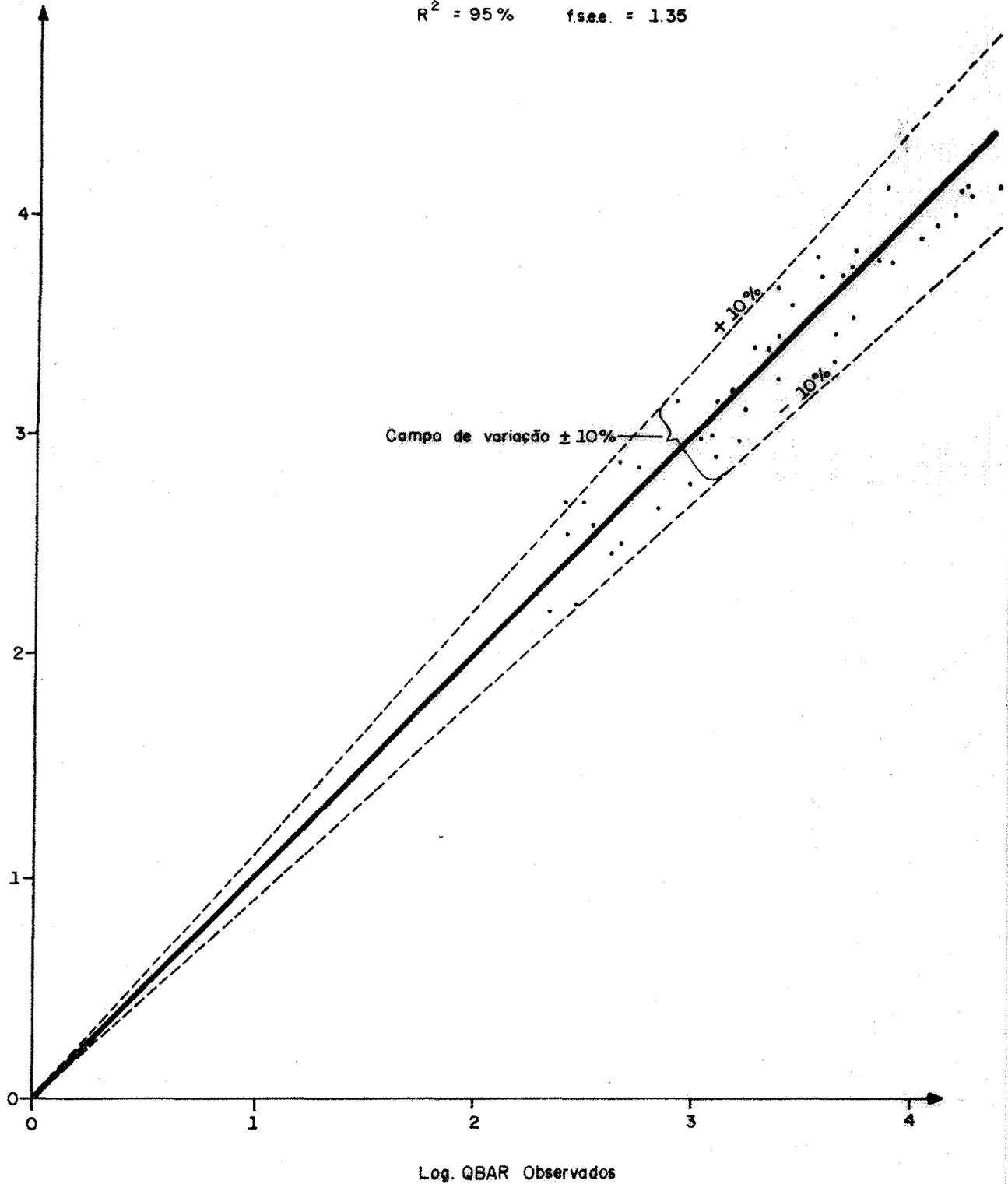
NOTAÇÃO:  
 • J151003 - NÚMERO DA ESTAÇÃO  
 1288 - PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL EM mm  
 ○ - ESTAÇÃO COM PERÍODO COMPLETO DE REGISTRO  
 (30 ANOS DE DADOS)

ESCALA APROXIMADA 1:750.000

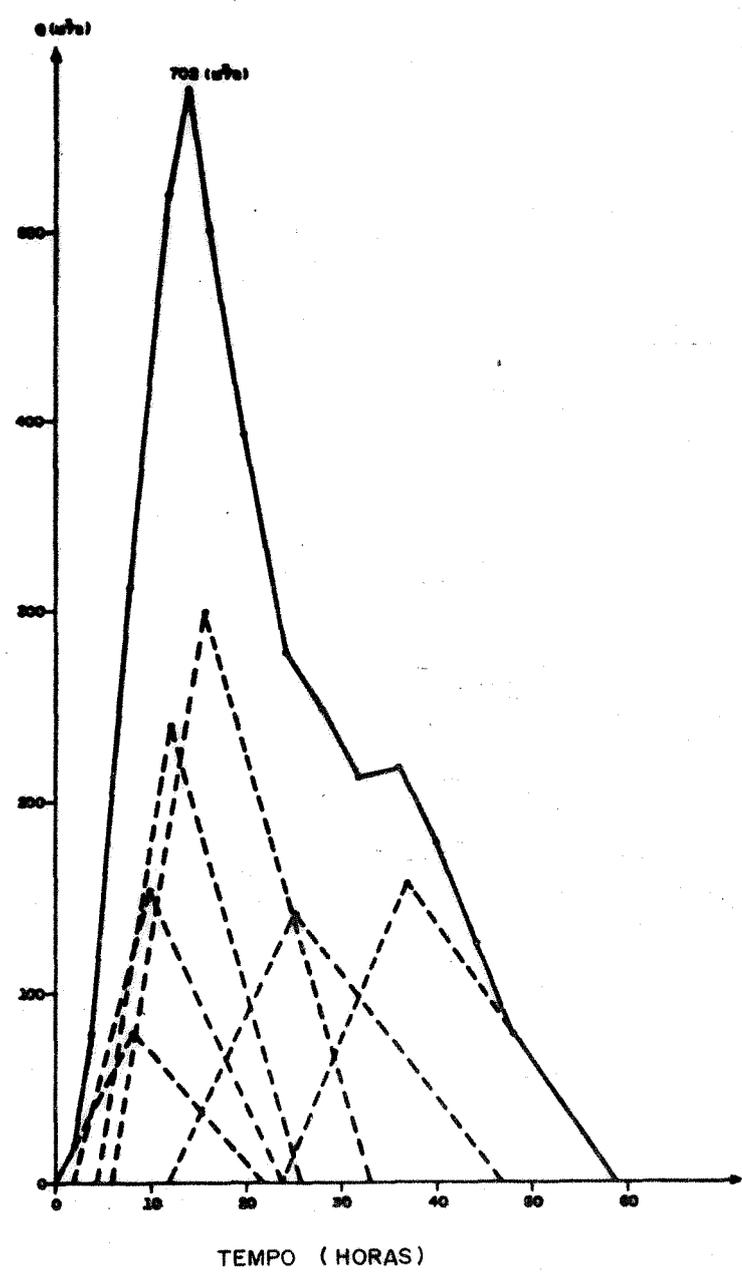
Log. QBAR Estimado

$$QBAR = 0.153 A^{0.99} S 185^{0.4}$$

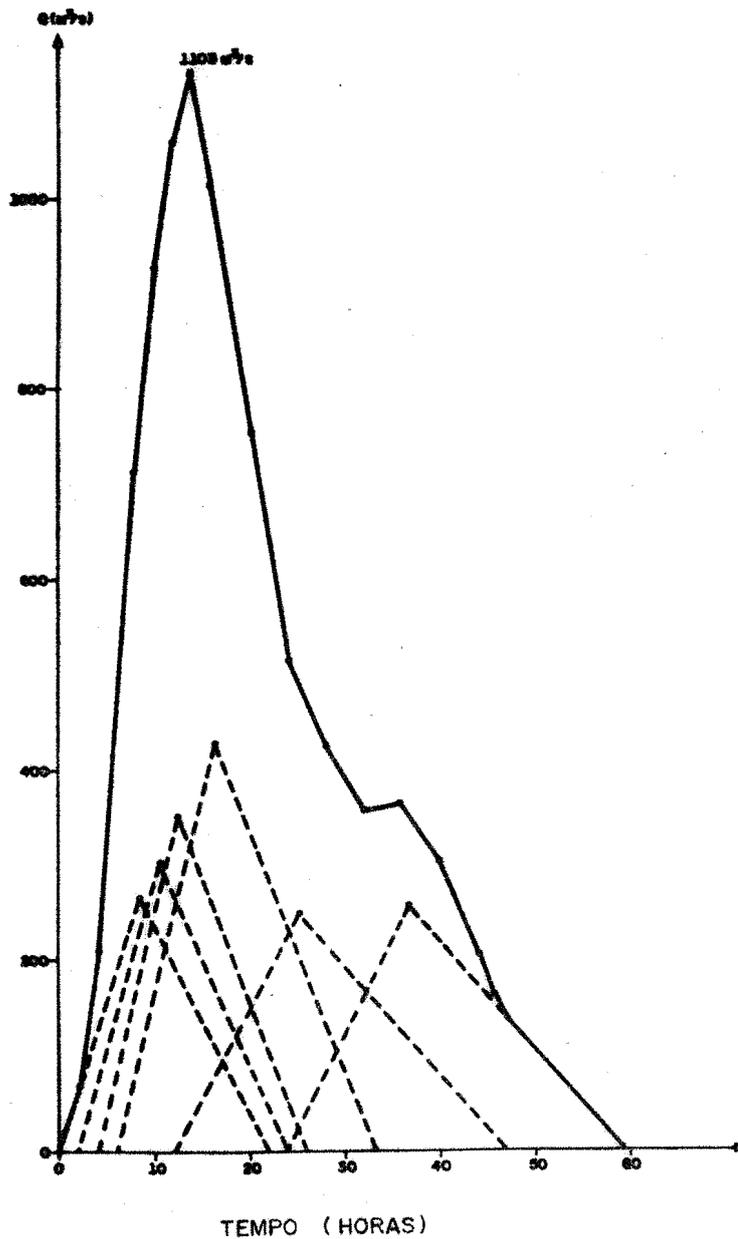
$$R^2 = 95\% \quad f_{see} = 1.35$$



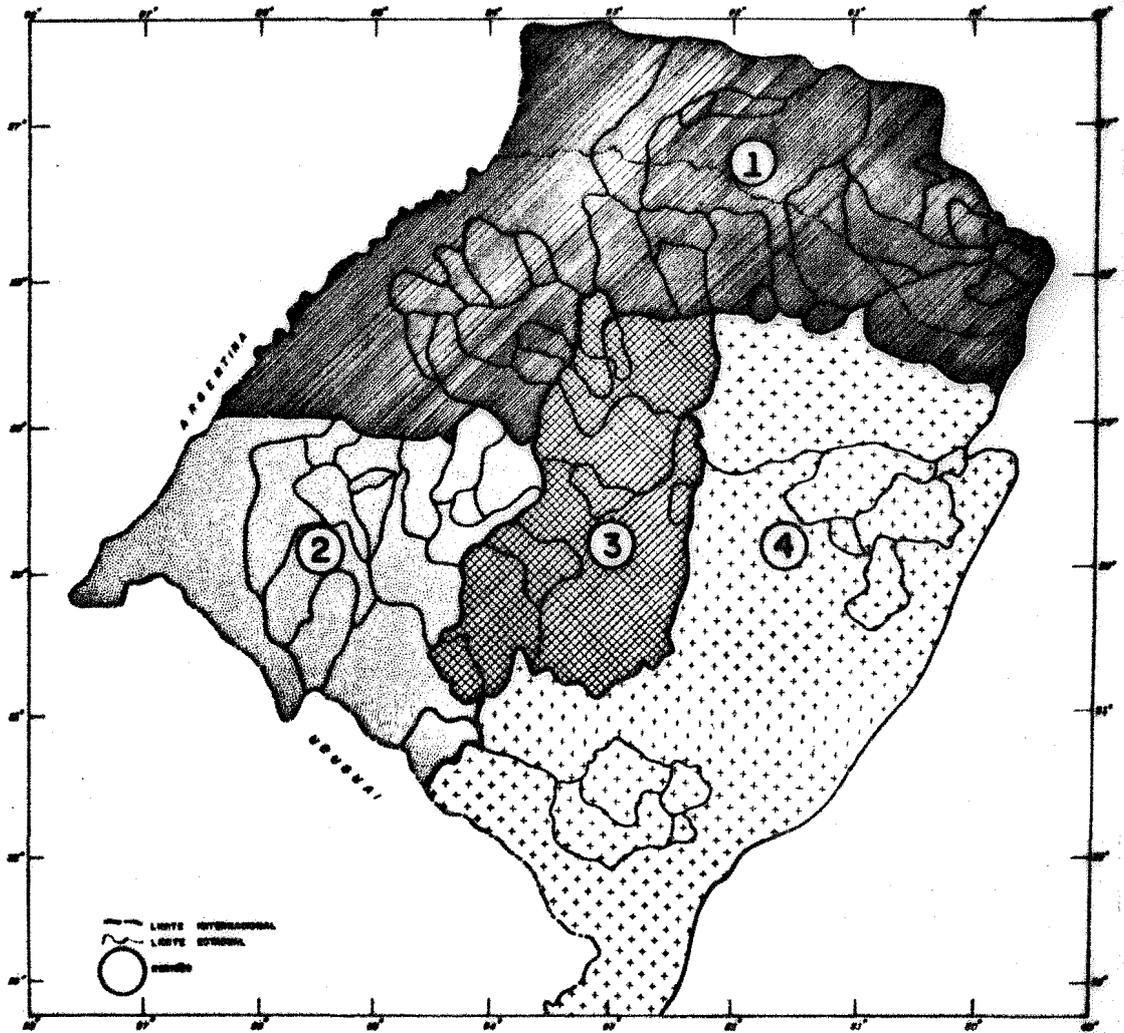
CURVA DE RELAÇÃO ENTRE VALORES DE Log. QBAR OBSERVADOS E ESTIMADOS PARA A REGIÃO COMPLETA PELA EQUAÇÃO :  
 $QBAR = 0.135 A^{0.99} S 185^{0.4} R^2 = 95\% \quad f_{see} = 1.35$



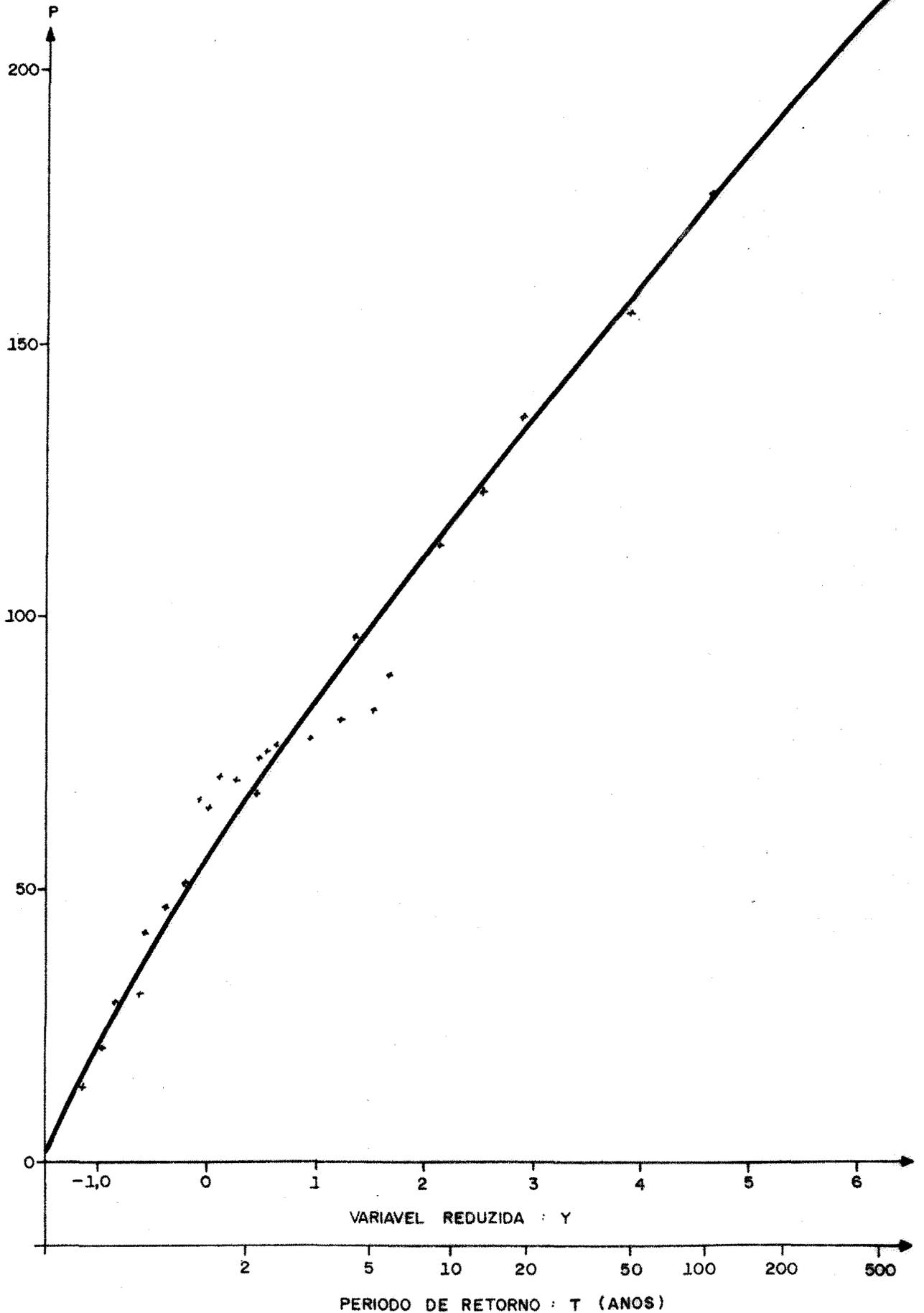
HIDROGRAMAS UNITÁRIOS TRIANGULARES E HIDROGRAMA DA CHEIA MÁXIMA PARA T = 50 ANOS ; DO RIO LAVA-TUDO EM Fzda MINEIRA .



HIDROGRAMAS UNITÁRIOS TRIANGULAR E HIDROGRAMA DA  
 CHÉIA MÁXIMA PARA  $T = 500$  ANOS ; DO RIO LAVATUDO EM  
 Fzda. MINEIRA.



MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES HIDROLÓGICAS HOMOGENEAS NA REGIÃO DOS ESTADOS R.G.S. E SANTA CATARINA.



AJUSTE À LEI DE GUMBEL DA SÉRIE DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA ANUAL DA ESTAÇÃO SÃO JOAQUIM.

**A N E X O 1**

## Ajuste à Distribuição de Gumbel

Para facilitar o uso do método de Gumbel pode-se plotar os valores do índice de vazão máxima  $Q_i/Q_{BAR}$ , contra os valores da variável reduzida de Gumbel,  $y$ , calculada a partir da frequência,  $F$ , pela seguinte equação:

$$Y_i = -\ln(-\ln F_i) \quad (1)$$

onde:

$Y$ : variável reduzida de Gumbel ou posição de plotagem aritmética do enésimo valor da vazão ordenada;

$\ln$ : logaritmo neperiano;

$F_i$ : frequência de ocorrência de valores menores ou iguais ao de ordem  $i$ .

Para desenhar diretamente a escala gráfica do período de retorno  $T$  utiliza-se a seguinte dedução da equação:

$$T = \frac{1}{1-F} \quad (2)$$

$$\therefore F = \frac{T-1}{T} \quad (3)$$

e utilizando-a na equação (1) se obtém:

$$Y = \ln(T - 0.5) \quad (4)$$

com a qual a partir de  $T$  determina-se diretamente o valor de  $Y$ , preparando-se assim a escala do período de retorno de 5 até 500 anos.

Com os valores plotados traça-se a curva de frequência individual que deve ter um bom ajuste para todos os pontos.

A N E X O 2

## Regressão Linear Simples

Utiliza-se dentro da equação de regressão a geração de um número aleatório que conforma o erro aleatório do valor estimado, pela equação da seguinte forma:

$$Y = Ax + B + e \quad (1)$$

A estimativa dos coeficientes e parâmetros da equação de regressão é obtida através do método dos mínimos quadrados com as seguintes equações:

$$A = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \quad (2)$$

$$B = \bar{Y} - A\bar{X} \quad (3)$$

$$\gamma_{y,x} = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (4)$$

$$\delta_{y,x}^2 = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{N - 2} \quad (5)$$

onde:

- $\gamma$  : coeficiente de correlação;
- $\delta^2$  : variância;
- $X_i$  : variável independente;
- $\bar{X}$  : média da variável independente;
- $Y_i$  : variável dependente;
- $\bar{Y}$  : média da variável dependente;
- $N$  : número de dados de  $X_i$  e  $Y_i$ .

Para a determinação do erro aleatório, e sabendo-se que o número aleatório  $t$ , corresponde a uma  $DN(0,1)$ , procede-se

da seguinte forma:

- Geram-se números aleatórios,  $x$ , de distribuição retangular (0,1) e obtem-se os números aleatórios,  $t_1$  e  $t_2$ , com uso das seguintes fórmulas, (Clarke, 1973).

$$t_1 = \sqrt{(-2 \ln X_1)} \cos (2\pi X_2) \quad (6)$$

$$t_2 = \sqrt{(-2 \ln X_1)} \sin (2\pi X_2) \quad (7)$$

Com os números  $t_1$  e  $t_2$  e com variância,  $\delta_{y,x}^2$  acha-se a seguinte fórmula:

$$e = t \cdot \delta_{y,x}^2 \quad (8)$$

Obtem-se os erros aleatórios  $e_1$ ,  $e_2$  para as regressões correspondentes.

**A N E X O 3**

### a) Regressão Múltipla Linear

A regressão é realizada com o método de avanço passo a passo ótimo, onde se escolhe variáveis adicionais às que entraram na regressão anterior, tendo em vista a maximização do coeficiente de determinação,  $R^2$  (Draper, Smith, 1966).

A transformação em logaritmos dos valores das variáveis utilizados reduz o efeito das bacias muito grandes.

A vantagem da escolha gradativa de variáveis independentes, permite deixar de considerar algumas variáveis que podem ter incertezas nos dados, diminuindo o coeficiente de determinação.

O processo do método empregado é o seguinte:

- Cálculo dos parâmetros de cada amostra e coeficiente de correlação entre variáveis:

$$\bar{X}_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n} \quad (1)$$

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

$$\gamma_{jk} = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3)$$

onde:

$X_j$  : variáveis dependentes;

$\bar{X}_j$  : média da variável dependente  $j$ ;

$S_j$  : desvio padrão da variável dependente  $j$ ;

$\gamma_{jk}$  : coeficiente de correlação entre as variáveis  $j$  e  $k$ .

- Seleção da variável dependente e variáveis independentes que entram na regressão e obtenção da matriz de correlação das variáveis independentes.
- Inversão da matriz de correlação das variáveis selecionadas.
- Cálculo dos coeficientes de regressão  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$  e vários testes de significância com níveis de confiança dados.

$$b_0 = \bar{Y} - \sum_{j=1}^k b_j \cdot \bar{X}_j \quad (4)$$

$$b_j = \frac{S_y}{S_j} \sum_{i=1}^k \gamma_{ij}^{-1} \quad (5)$$

onde:

$\bar{Y}$  : média da variável dependente;

$\bar{X}_j$  : média da variável independente  $j$ ;

$b_j$  : coeficiente da regressão correspondente à variável independente  $j$ ;

$S_y$  : desvio padrão da variável dependente;

$S_j$  : desvio padrão da variável independente  $j$ ;

$\gamma_{ij}$  : inversão da matriz de correlação dos coeficientes ( $\gamma$ ) entre as variáveis independentes.

Coeficiente de Regressão Multipla:  $\gamma$

$$\gamma = \frac{\sqrt{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}}{\sum (Y - \bar{Y})^2} \quad (6)$$

Coeficiente de determinação ( $R^2$ ):

$$R^2 = \frac{SS_1}{D_{yy}} = \frac{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum (\hat{Y} - \bar{Y})^2 + \sum (Y - \hat{Y})^2} \quad (7)$$

onde:

$Y$  : variável independente;

$\bar{Y}$  : média da variável independente;

$\hat{Y}$  : variável independente estimada com a equação de regressão;

$SS_1$  : soma de quadrados atribuídos à regressão;

$SS_2$  : soma de quadrados dos desvios da regressão;

$D_{yy}$  : soma de quadrados devido aos desvios da média da variável dependente ou soma total de quadrados.

$$D_{yy} = SS_1 + SS_2 \quad (8)$$

O valor calculado de  $R^2$  indica o campo de variação explicado com a equação de regressão obtida.

Valor (F) da função para a análise de variancia.

$$F = \frac{SS_1 (N-K-1)}{SS_2 (K)} \quad (9)$$

Variancia e erro padrão da estimativa.

$$\text{VAR } \hat{Y} = \frac{SS_2}{N-K-1} \quad (10)$$

$$\text{See} = \left( \frac{SS_2}{N-K-1} \right)^{1/2} \quad (11)$$

Erro padrão dos coeficientes da regressão

$$\text{Se}_{bj} = \left( \frac{SS_2}{(N-K-1) D_{yy}} \right)^{1/2} \quad (12)$$

onde:

$N$  : número de dados de cada variável;

$K$  : graus de liberdade atribuídos à regressão;

os outros fatores foram já explicados

b) Testes de precisão da regressão múltipla:

- O valor  $F$  da regressão é calculado com a fórmula (9) e comparado com o valor teórico  $F_t$ , obtido nas tabelas da distribuição  $F$ , (DRAFER-SMITH, 1966), com base em  $n$  (graus de liberdade atribuídos à regressão) e  $n_1$  (número de dados), para um nível de confiança  $\alpha = 5\%$  ou  $1\%$ .

Caso  $F > F_t$ , os valores obtidos pela regressão são significativos ao nível de confiança adotado.

- Analisa-se o erro padrão da estimativa (See) para cada equação de predição, tendendo a escolha para a equação com menor valor desse indicador (See).

Devido à utilização de logaritmos na regressão, para o cálculo do erro padrão da estimativa toma-se o autologaritmo da grandeza obtida para (See), e obtem-se o erro padrão fatorial (fSee).

A N E X O 4

a) **Método do Soil Conservation Service (SCS), USA:**

Este método é aplicável às bacias nas quais o curso de água se forma principalmente pelo escoamento superficial da precipitação, exigindo-se um estudo especial para as bacias que tem lagos, pântanos ou obstáculos que retardam o escoamento, bem como para aquelas que tenham o degelo como contribuição nas cheias.

O método baseia-se no aspecto hidrometeorológico e requer determinação do potencial das cheias e da quantidade e distribuição do escoamento.

Como em todos os processos gerais, alguns dos fatores são adotados como aplicáveis ao maior número de casos; a seguir apresenta-se o procedimento empregado na aplicação do método:

- 1) Determinação da situação geográfica e do tamanho da área de drenagem da bacia em estudo.
- 2) Determinação da precipitação máxima com determinado risco, duração e área de aplicação no local de interesse.
- 3) Determinação dos incrementos da precipitação de Projeto:

i - mediante gráficos ajusta-se a precipitação de 6 horas sobre 10 milhas<sup>2</sup> aos valores correspondentes ao tamanho da área de drenagem dada, e a maiores durações;

ii - determinam-se as quantidades horárias de precipitação dentro do máximo período de 6 horas pela percentagem de valores da curva para a zona analisada;

iii - tabela-se a sequência da chuva de 48 horas com os incrementos de tempo, os incrementos de precipitação e as quantidades acumuladas; a precipitação por incrementos no pe -

ríodo máximo de 6 horas deve ordenar-se por tamanho decrescentes obtidos antes pela seguinte ordem de sequência: 6, 4, 3, 1, 2, 5 horas; está é uma ordem conveniente que dá uma cheia calculada maior; pode-se adotar outra sequência de acordo à distribuição dos hidrogramas triangulares.

- 4) Para a utilização dos mapas de solos determina-se o número que representará a relação hidrológica solo-cobertura vegetal com base no tipo de solo; a forma de aproveitar os mapas de solos é feita conforme ao tipo e pode-se estimar a relação hidrológica realizando uma inspeção no local.
- 5) Estima-se o escoamento direto usando a curva de escoamento para o número que representaria a relação hidrológica solo-cobertura vegetal; a condição de umidade do solo intervêm no cálculo da cheia provável.

Calcula-se os incrementos de precipitação, e os valores de escoamento direto acumulado para cada incremento de tempo.

As curvas precipitação-escoamento, dão perdas menores ao aumentar a precipitação. Quando os aumentos nas perdas atingem limites estipulados (0.05 até 0.1 pol/hora) para diversos solos, as curvas de escoamento não podem ser aplicadas e o incremento no escoamento se calcula restando as quantidades no limite do incremento da precipitação.

As equações utilizadas no cálculo do escoamento superficial ou chuva efetiva são as seguintes:

$$S = (1000/CN - 10) \quad (1)$$

$$P_{ef} = Q = \frac{(P_{acum} - 0,25)^2}{P_{acum} + 0,85} \quad (2)$$

onde:

S : perdas por infiltração;

CN : valor tirado da curva CN;

P<sub>ef</sub> : chuva efetiva;

P<sub>acum</sub> : precipitação acumulada

- 6) Determinação do tempo de concentração da bacia aplicando a equação do California Culverts Practice; Pinto et alii (1976):

$$t_c = (0,87 L^3/\Delta H)^{0,385} \quad (\text{horas}) \quad (3)$$

onde:

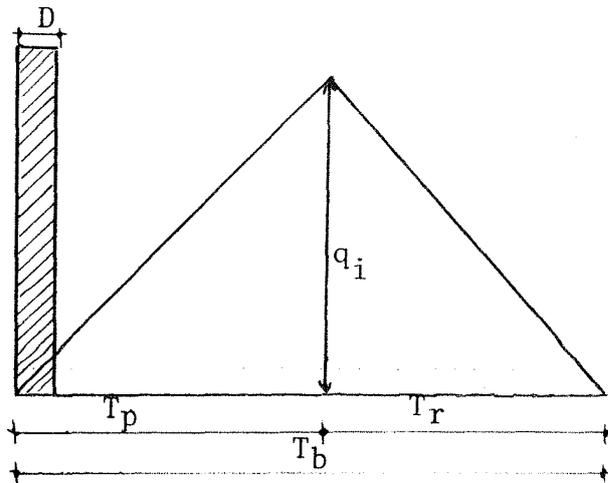
L : comprimento do curso principal de água em (km);

$\Delta H$  : diferença de nível entre os postos extremos (m).

- 7) Cálculo do hidrograma triangular para cada incremento do escoamento:

i - determinação do tempo do incremento D a utilizar:

ii - calcula-se para o intervalo de tempo D, o tempo máximo T<sub>p</sub>, o tempo base T<sub>b</sub> e a descarga máxima para 1 pol. de escoamento q<sub>p</sub>, usando as seguintes equações:



$$T_p = D/2 + 0.6 T_c \quad (4)$$

$$T_b = H T_p \quad (5)$$

$H =$  varia de 0 a 4 e calcula-se dos hidrogramas registrados

$$q_p = \frac{.208 A Q}{D/2 + 0.6 T_c} ; (Q = 1 \text{ mm}) \quad (6)$$

$$T_b = T_p + T_r \quad (7)$$

iii - calculam-se os máximos dos hidrogramas triangulares para cada incremento do escoamento, multiplicando a descarga máxima por 1 pol. de escoamento.

iv - prepara-se um quadro de valores com os máximos, a hora do início, o valor do máximo, e a hora final de cada hidrograma para cada incremento.

8) Desenha-se a cheia máxima provável:

- Desenham-se os hidrogramas triangulares dos incrementos.
- Somam-se as ordenadas do hidrograma desenhado da cheia máxima provável, obtendo-se o valor do pico que é o valor da vazão máxima provável procurado.

## b) Método Racional

Resume-se fundamentalmente no emprego da seguinte fórmula:

$$Q = \frac{C \cdot i_m \cdot A}{3.6} \quad (8)$$

onde:

Q : vazão máxima em  $m^3/s$ ,

$i_m$  : intensidade média da precipitação sobre toda a bacia, de duração igual ao tempo de concentração  $t_c$ , em mm/hora;

A : área de drenagem em  $km^2$ ;

C : coeficiente de deflúvio, definido como a relação entre o pico de vazão por unidade de área e a intensidade média da chuva  $i_m$ .

O período de retorno da vazão máxima que se procura terá o mesmo valor do período de retorno da intensidade média de precipitação, seja obtida da análise estatística de chuvas, ou seja obtida de valores pontuais corrigidos por um coeficiente de abatimento. Esta suposição é um dos erros que tem o método pois o período de retorno da vazão máxima não é igual ao período da intensidade de precipitação. O tempo de duração da chuva deve ser igual ao tempo de concentração da bacia. Considera-se, também, a chuva de projeto com intensidade constante ao longo do tempo, sabendo-se que seu valor varia inversamente com a duração.

Sendo:

q : a descarga específica

$$q = C i_m \quad (\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2) \quad (9)$$

a vazão total poderá ser expressa por:

$$Q = q A \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (10)$$

Para o cálculo do tempo de concentração utiliza-se a equação (3).

O coeficiente de escoamento ou coeficiente de de flúvio (C) no método racional, é utilizado como a relação de vazões máximas escoadas e a intensidade da precipitação. Para o cálculo do C, utiliza-se o valor médio dos valores obtidos com as seguintes fórmulas:

a) fórmula de Gregory.

$$C = 0.175 t^{1/3} \quad (11)$$

b) fórmula de Horner.

$$C = 0.364 \log.t + 0.0042 r - 0.145 \quad (12)$$

onde:

t : é a duração da chuva em minutos;

r : % de área impermeável

Com estas considerações gerais anotadas procede-se à aplicação da fórmula racional obtendo-se assim, a vazão máxima para o período de retorno dado.

**A N E X O 5**

DIAGRAMA DE DISPONIBILIDADE DE DADOS DE VAZÃO MÁXIMA







ANEXO 6 : PROGRAMAS DE COMPUTADOR UTILIZADOS

## 1. PROGRAMA FFANMAXBR

### Objetivo:

Este programa introduz as vazões máximas instantâneas mensais para um posto fluviométrico, encontra o valor máximo em cada ano completo que é a cheia máxima anual, imprime os dados numa tabela. Para cada ano com falhas de dados é encontrada a maior cheia do ano, porém esta cheia máxima não é usada nas análises seguintes.

A seguir calcula a média, desvio padrão e coeficiente de variação para a série anual de vazões máximas e para série composta pelos valores correspondentes a cada mês e imprime estes valores na tabela de dados.

Os valores da cheia máxima anual para cada posto são perfuradas em cartões que servem de entrada para o seguinte programa FFSTATSBR.

A descrição do programa, variáveis usadas e formatos dos dados de entrada são apresentados por FARQUHARSON F. (1980).

A listagem do programa e a forma de saída dos resultados estão em anexo a esta explicação.

Listagem do programa FFANMAXBR

```
DIMENSION NAME(8),IYEAR(55),FLOWS(60,13),SUM(13),SUMSQ(13),
+ASTER(30),LINE(30)
DO 1 I=1,30
  ASTER(I)='*'*'*'
  LINE(I)='-'-'-'-'
1 CONTINUE
10 DO 2 I=1,13
  SUM(I)=0.
  SUMSQ(I)=0.
  FLOWS(57,I)=0.0
2 CONTINUE
  N=1

READ IN DATA AND FIND ANNUAL MAXIMUM FLOW
YEARS WITH MISSING MONTHS ARE NOT INCLUDED IN THE ANALYSIS

READ(8,100) ISTN,(NAME(I),I=1,8),LAT1,LAT2,LONG1,LONG2,IALT,AREA,
+INICI,IFIM,ITIPU
  IE(ISTN),50,20,20
20 READ(8,110) IYEAR(N),(FLOWS(N,I),I=1,12)
  IF(IYEAR(N)) 30,21,21
21 FLOWS(N,13)=0.
  DO 3 I=1,12
  IF(FLOWS(N,I)) 24,24,23
23 DIF=FLOWS(N,I)-FLOWS(N,13)
  IF(DIF) 3,3,22
22 FLOWS(N,13)=FLOWS(N,I)
3 CONTINUE
  GO TO 25
24 FLOWS(N,13)=-1.

FIND MONTHLY AND ANNUAL MEANS STANDARD DEVIATIONS AND
COEFFICIENT OF VARIATION

25 DO 4 I=1,13
  IF(FLOWS(N,I)) 28,28,29
29 SUM(I)=SUM(I)+FLOWS(N,I)
  SUMSQ(I)=SUMSQ(I)+FLOWS(N,I)*FLOWS(N,I)
  GO TO 4
28 FLOWS(57,I)=FLOWS(57,I)+1
4 CONTINUE
  N=N+1
  GO TO 20
30 N=N-1
  DO 5 I=1,13
  NN=N-FLOWS(57,I)
  FLOWS(56,I)=NN
  FLOWS(58,I)=SUM(I)/NN
  FLOWS(59,I)=SQRT((SUMSQ(I)-(SUM(I)*SUM(I)/NN))/(NN-1))
  FLOWS(60,I)=FLOWS(59,I)/FLOWS(56,I)
5 CONTINUE

PRINT OUT RESULTS AND PUNCH SUMMARY RESULTS ON PUNCHED CARDS

WRITE(5,290) (ASTER(I),I=1,30)
WRITE(5,210)
WRITE(5,200) (ASTER(I),I=1,30)
WRITE(5,220) ISTN,(NAME(I),I=1,8),LAT1,LAT2,LONG1,LONG2,IALT,AREA
WRITE(5,200) (LINE(I),I=1,30)
DO 6 I=1,N
  WRITE(5,230) IYEAR(I),(FLOWS(I,J),J=1,13)
6 CONTINUE
  WRITE(5,240) (FLOWS(58,J),J=1,13)
  WRITE(5,250) (FLOWS(59,J),J=1,13)
  WRITE(5,260) (FLOWS(60,J),J=1,13)
  WRITE(5,300) (FLOWS(56,J),J=1,13)
  L=1
  M=1
  DO 7 I=1,N
  IF(FLOWS(I,13)) 8,8,9
8 DO 80 J=1,12
  IF(FLOWS(I,J).GT.FLOWS(I,13)) FLOWS(I,13)=FLOWS(I,J)
80 CONTINUE
```

```

FLOW(S,M,1)=IYEAR(I)
FLOW(S,M,13)=FLOW(S,I,13)
M=M+1
GO TO 7
9 FLOW(S,L,2)=IYEAR(I)
FLOW(S,L,3)=FLOW(S,I,13)
L=L+1
7 CONTINUE
NDASH=M-1
WRITE(7,400) I,STN,(NAME(I),I=1,8),INICI,IFIM
WRITE(7,410) NN,NDASH
WRITE(7,420) (FLOW(S,J,2),FLOW(S,J,3),J=1,NN)
IF(NDASH) 78,78,77
77 WRITE(7,420) (FLOW(S,J,1),FLOW(S,J,13),J=1,NDASH)
GO BACK FOR NEXT STATION
78 GO TO 10

FORMATS
00 FORMAT(I8,2X,8A4,4I2,15,F10.1,2I5,11)
10 FORMAT(I4,4X,12F6.1)
00 FORMAT(30A4)
10 FORMAT(2X,20A,'MONTHLY AND ANNUAL MAXIMUM FLOOD FLOWS---PROJETO
1 BRA 75/007--PNUD/UNESCU 1980')
20 FORMAT(//,STATION NUMBER,18,8X,8A4,5X,LATITUDE,12,1X,12,
15X,LONGITUDE,12,1X,12,20X,ALTITUDE,15,5X,AREA,12,1X,12,
2 SQ KMS,7,4X,YEAR JAN FEB MAR ABR MAI JUN
3 JUL AGU SET OUT NOV DEZ ANNUAL')
30 FORMAT(4X,I4,12F8.1,4X,F8.1/)
40 FORMAT(//,MEAN,12F8.1,4X,F8.1)
50 FORMAT(//,ST DEV,12F8.1,4X,F8.1)
60 FORMAT(//,C VAR,12F8.3,4X,F8.3)
90 FORMAT(1H1,//,30A4)
00 FORMAT(//,NO YEARS,12F8.0,4X,F8.0)
00 FORMAT(I8,2X,8A4,4X,I4,4X,I4)
10 FORMAT(2I2)
20 FORMAT(4I6X,I4,F10.1))
50 CALL EXIT
END

```

MONTHLY AND ANNUAL MAXIMUM FLOOD FLOWS

STATION NUMBER	JACUI MIRIM EM PONTE S. ANTONIO												LATITUDE	28 33	LONGITUDE	53 10	AREA	785.0 SQ KMS							
85180J00																									
ALTITUDE													0												
YEAR	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANNUAL												
1958	10.0	6.6	33.3	7.6	4.2	16.7	89.7	93.7	44.1	202.2	25.4	70.6	202.2												
1959	15.9	43.1	110.4	156.7	79.2	179.2	37.4	100.5	78.1	81.4	18.3	36.0	179.2												
1960	16.7	23.2	10.0	7.9	7.3	56.5	12.2	94.2	131.3	101.7	33.8	16.3	131.3												
1961	35.6	14.4	61.1	70.0	45.1	113.3	52.9	33.8	230.6	177.9	37.0	38.4	230.6												
1962	28.4	6.6	5.7	11.8	43.1	7.0	16.7	10.0	14.2	7.0	3.6	3.1	43.1												
1963	24.9	13.3	8.3	2.5	9.7	12.9	9.0	60.1	162.4	104.0	137.4	47.0	162.4												
1964	14.4	17.5	7.9	77.6	19.1	6.6	11.8	132.5	113.9	30.8	14.4	19.9	132.5												
1965	4.7	12.5	4.2	40.3	14.1	6.3	46.5	165.0	121.0	86.0	59.0	62.1	165.0												
1966	68.0	68.4	121.6	46.0	10.7	50.0	69.0	127.7	138.6	143.0	72.7	78.1	143.0												
1967	38.9	20.7	52.9	661.0	22.8	20.3	78.1	155.5	160.5	45.1	25.8	28.4	661.0												
1968	10.0	11.4	7.9	15.9	8.6	7.9	63.2	6.3	23.2	15.1	33.8	13.6	63.2												
1969	46.0	40.7	10.7	16.7	26.2	24.1	12.1	15.9	42.2	12.9	50.9	17.9	50.9												
1970	21.6	10.7	9.3	6.3	48.5	129.5	64.2	27.5	19.1	97.1	12.2	131.9	131.9												
1971	46.0	26.6	198.9	66.3	37.9	116.3	60.3	98.2	40.3	20.7	17.5	8.6	198.9												
1972	19.1	34.2	22.0	45.1	30.2	249.3	102.8	297.0	115.7	55.0	87.5	227.2	297.0												
1973	50.4	42.6	111.0	25.4	132.5	140.5	160.5	144.2	138.6	94.8	63.2	66.0	160.5												
1974	119.2	33.8	31.0	12.2	49.0	200.9	21.6	22.0	41.7	10.0	17.6	68.4	200.9												
1975	13.6	20.7	67.9	27.5	17.1	43.1	18.7	189.6	88.0	91.4	56.5	41.7	189.6												
1976	100.5	42.6	14.8	18.3	36.5	13.6	27.5	64.2	56.0	21.6	111.0	41.2	111.0												
1977	73.6	56.0	45.5	11.0	15.5	56.0	164.4	171.4	75.4	17.9	162.4	127.0	11.0												
MEAN	37.9	27.3	46.7	79.7	32.9	72.5	56.9	100.5	91.8	70.9	51.8	56.7	192.3												
ST DEV	31.3	17.3	52.2	192.5	30.1	74.3	46.3	74.6	58.2	57.4	43.7	53.4	173.5												
C VAR	0.826	0.653	1.117	2.418	0.911	1.025	0.813	0.742	0.634	0.810	0.844	0.942	0.902												
N YEARS	20.	20.	20.	19.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	19.												

Saida dos resultados do programa PFANMAXBR

## 2. Programa FFSTATSBR

### Objetivo:

Este programa introduz dados de cartões perfurados pelo programa FFANMAXBR, calcula vários parâmetros estatísticos a partir dos dados de entrada e, finalmente, produz um arquivo de saída de cartões perfurados, como entrada ao programa seguinte FFCOMBOBR. Assim, este programa é usado principalmente para calcular os valores da curva de frequência de cheias para cada posto fluviométrico, usando a série de cheias máximas anuais ( $Q_i$ ). Coordenando as séries em ordem crescente e dividindo pela média aritmética (QBAR) dessas cheias, obtendo o chamado índice de vazão máxima ( $Q_i/QBAR$ ). A posição de plotagem para cada valor do índice é a variável reduzida de Gumbel ( $Y$ ).

O programa também calcula a cheia média (QMED), e os quartis da série de cheias máximas anuais. Além disso, o programa ajusta um polinômio através dos valores  $Q_i/QBAR$  e  $Y$ , como uma aproximação à curva de frequência de cheias. Uma estimativa gráfica da cheia média anual (GRM) é obtida determinando-se o valor de  $Q_i/QBAR$  correspondente a um valor  $Y = 0.5772$ .

Valores de  $Q_i/QMED$  e  $Q_i/GRM$  também são produzidos pelo programa juntamente com os vários parâmetros dos polinômios ajustados.

Finalmente, o programa produz uma tabela de valores agrupados de  $Q_i/QBAR$ , etc contra os valores  $Y$  correspondente dentro de diversas categorias de  $Y$ , -1.5 a -1.0, e então os valores médios  $Q_i/QBAR$  para a categoria -1.0 a -0.5. Esses dados são também perfurados em cartões como dados de entrada ao programa FFCOMBOBR.

A descrição do programa principal e sub-rotinas, as variáveis usadas no programa principal e sub-rotinas, juntamente com formatos dos dados de entrada são apresentados FARQUHARSON (1980).

A listagem do programa e forma de saída dos resultados são anexados ao final desta explicação.

Listagem do programa FFSTATSBR

```

DIMENSION Q(150), NYEAR(150), TITLE(20), Y(150), RAVE(150), RMED(150),
1      E(150), RGR(150), W(150), A(3), B(3), C(3),
2      G(3), H(3), L(3), Z(150)
COMMON WK(300), ISTAR, IFIM
COMMON /WORK/ E, NDUM(15)
COMMON /VCO1B/ LP
COMMON /LIST/ ALL, MM, KM, LST(20), MISS(25)
DATA GAMMA/0.5772156649/, IDNE/1/

C
C
C      PROGRAM TO CALCULATE USEFUL STATISTICS FROM AN
C      ANNMX== FILE AS PRODUCED BY THE FLOW CONVERSION PROGRAM
C      CARD OUTPUT IS PROVIDED TO ENABLE REGIONAL ANALYSES TO BE
C      UNDERTAKEN.
C
C      READ LIST OF STATIONS FOR ANALYSIS
C      CALL INLIST
C
C.....READ DATA = RESULT IS SORTED DATA IN Q, ORDER STAT IN Y
57 CALL INPUT(N, Q, NYEAR, Y, NSTAT, TITLE)
C
C.....CALCULATE MEDIAN
C N IS
10 IF(MOD(N,2)) 10, 10, 11
   N2 = N/2
   QMED = 0.5*(Q(N2)+Q(N2+1))
   GO TO 12
C N IS
11 N2 = (N+1)/2
   QMED = Q(N2)
12 QBAR = 0.
   SIG = 0.
   F = 0.
C.....CALCULATE MEAN, S.D. AND FILL WEIGHT ARRAY W(I) WITH 1
DO 13 I = 1, N
  D = Q(I) - QBAR
  D2 = D*D
  OLD = F
  F = FLOAT(I)
  QBAR = QBAR + D/F
  SIG = SIG + (OLD/F)*D2
  W(I) = 1
13 CONTINUE
  SIG = SQRT(SIG/FLOAT(N-1))
  CV = (SIG/QBAR)*100.
C
C.....QUARTILES
N2 = N/4
ND = N - 4*N2 + 1
GO TO(14, 15, 16, 17), ND
C ND = 0
14 QUAR1 = 0.5*(Q(N2)+Q(N2+1))
   N2 = N+1-N2
   QUAR2 = 0.5*(Q(N2)+Q(N2-1))
   GO TO 18
C ND = 1
15 QUAR1 = 0.25*Q(N2) + 0.75*Q(N2+1)
   N2 = N+1-N2
   QUAR2 = 0.25*Q(N2)+0.75*Q(N2-1)
   GO TO 18
C ND = 2
16 QUAR1 = Q(N2+1)
   N2 = N+1-N2
   QUAR2 = Q(N2-1)
   GO TO 18
C ND = 3
17 QUAR1 = 0.75*Q(N2+1)+0.25*Q(N2+2)
   N2 = N+1-N2
   QUAR2 = 0.75*Q(N2-1)+0.25*Q(N2-2)
18 DQ = QUAR1 - QUAR2
   CDQ = (DQ/QMED)*100.
   SEM = SIG/SQRT(FLOAT(N))

```

```

C
C PRINT MEAN MEDIAN ETC.
WRITE(6,1000)QBAR,QMED,SEM,QUAR1,QUAR2,SIG,DQ,CV,CDQ
1000 FORMAT(7,' STATISTICS OF ANNUAL FLOODS',//T13,' MEAN FLOOD ',
1 F10.4,T61,' MEDIAN ANNUAL FLOOD ',F10.4/
2 T8,' STANDARD ERROR OF MEAN ',F10.4,T71,' QUARTILES ',F10.4,' ',
3 F10.4/T12,' STANDARD DEVIATION ',F10.4,T61,' INTERQUARTILE RANGE ',
4 F10.4/T12,' COEFF OF VARIATION ',F8.2,T70,' IQR/MEDIAN ',F8.2/)
C
C.....FIT CURVE AND CALC 'GRAPHICAL MEAN'
C
C
LP=0
CALL VCO1A(Y,Q,W,Z,N,A,B,C,G,H,L,2)
CALL PE08A(A,B,C,RMED,1)
C
CALL PE08A(A,B,C,RGR,2)
ND = N-3
C F RATIO FOR PARABOLA
F = (H(2)-H(3))/FLOAT(ND)/H(3)
C PROBABILITY OF F RATIO
CALL SAU3A(F,1,ND,PROB)
C ROOT MEAN SQUARES
OLD=SQRT(H(2))/FLOAT(ND)
P2=SQRT(H(3))/FLOAT(ND)
C..GRAPHICAL MEAN
GRML=PE07A(1,A,B,C,GAMMA)
GRM=PE07A(2,A,B,C,GAMMA)
C
C PRINT RESULTS OF EQUATION FITTING
WRITE(6,1001)GRML,OLD,GRM,P2,RMED(1),RMED(2),(RGR(I),I=1,3),
1 F10.4,ND,PROB
1001 FORMAT(10,PARAMETERS DERIVED BY FITTING A POLYNOMIAL IN Y TO FLOL
1 //T24,' LINEAR FIT ',T71,' PARABULIC FIT ',/
2 T16,' GRAPHICAL MEAN ',F10.4,3X,' S.E. ',F10.4,T66,
3 ' GRAPHICAL MEAN ',F10.4,5X,' S.E. ',F10.4/
4 T16,' COEFFICIENTS ',F10.4,' ',F10.4,T66,' COEFFICIENTS ',
5 2(F10.4,1H),F10.4/
6 ' F RATIO FOR PARABOLA ',F6.2,' WITH ',I3,' AND ',I3,' DF ',
7 ' PROBABILITY ',F6.4)
C
C PRINT TABLE OF FLOODS AND YEARS ETC.
C
C..HEADING FOR TABLE
WRITE(6,1003)
C..TABLE
DO 2 I=1,N
C..FITTED VALUE
F=Z(I)
C..RESIDUALS
E(I)=Q(I)-F
C..RATIOS
RAVE(I)=Q(I)/QBAR
RMED(I)=Q(I)/QMED
RGR(I) = Q(I)/GRM
C..PRINT
WRITE(6,1004)I,NYEAR(I),Q(I),Y(I),RAVE(I),RMED(I),RGR(I)
1 ,E(I),F,Q(I),NYEAR(I),I
C..SKIP A LINE AFTER TENTH AND THROW A PAGE AFTER 30 AND 70
IF(MOD(I,10)) 2,3,2
3 WRITE(6,1005)
IF(I=30) 2,4,5
4 IF (I=(N-4)) 40,40,2
40 WRITE(6,1006)NSTAT,(TITLE(II),II=1,8),ISTAR,IFIM
WRITE(6,1003)
GO TO 2
5 IF(I=70) 2,4,2
2 CONTINUE
CALL GRP(Q,Y,N,RAVE,RMED,RGR,NSTAT,TITLE)
C
C..NEXT STATION
C
GO TO 57
C

```



```

2 CONTINUE
  IF(N=4)22,13,13
13 RETURN
22 WRITE(6,212)N,(I,NYEAR(I),Q(I),Y(I),I=1,N)
212 FORMAT('0 ONLY',I2,' VALUES NOT ENOUGH FOR PROCESSING'//
  1 T4,'ORDER',T10,'YEAR',T20,'FLOOD',T30,'Y'//
  2 (T4,I3,T11,I4,T16,F10.3,T28,F5.2))
  GO TO 90
10 WRITE(6,201)
201 FORMAT('1'////////T20,'THE END')
  GO TO 15
  IF (ALL) 25,25,24
  IF (MM) 321,321,12
25 WRITE(6,202) (LST(I),I=1,MM)
202 FORMAT('0 THE FOLLOWING STATIONS WERE NOT FOUND ON THE',
  1 DATA FILE '(I018)')
321 IF(KM)13,13,14
14 WRITE(6,203) (MISS(I),I=1,KM)
203 FORMAT(' / THE FOLLOWING STATIONS ON THE DATA FILE WERE',
  1 NOT PROCESSED '(IX,10110)')
  IF (MM) 15,15,16
16 IF (ALL) 15,15,17
15 STOP
C
C
C PAUSE TO ASSIGN NEW FILE TO CRD
C
C
17 GO TO 90
24 WRITE(6,204)
204 FORMAT('0 ALL STATIONS CHOSEN FOR PROCESSING')
  GO TO 13
  END
  SUBROUTINE INLIST
C
C READS LIST OF STATIONS TO BE CHOSEN FOR PROCESSING
C READ FROM CR1,STREAM 5
C
COMMON/LIST/ ALL,MM,KM,LST(20),MIS(25)
C
99 FORMAT(I2)
100 FURMAT(20I10)
C
  KM=0
  READ(5,99,END=1,ERR=1)MM
C IF NO FILE ON UNIT 5 PROCFESS ALL STATIONS
  IF(MM)1,1,2
C
C..MM=0 CHOOSE ALL
  1 ALL =1.
  GO TO 3
C
C..READ LIST OF STATIONS IF MM<20
C... OTHERWISE SET ALL = +1
  2 IF(MM=20)4,4,1
  4 ALL=-1.
  3 READ(5,100)(LST(I),I=1,MM)
  3 RETURN
C
  END
  SUBROUTINE GRING(N,Y)
C ORDER STATISTICS FOR LARGE SAMPLE SIZE, BEYOND TABLE
C ONLY USED FOR N>35
C NOTE Y(1) IS LARGEST ORDER STATISTICS I.E, REVERSED ORDER
C Y(1) & Y(2) CALCULATED BY SUMMING SERIES (1 & 2 TERMS)
  DIMENSION Y(N)
  DATA GAMMA/0.5772156640/
C
  FN = FLOAT(N)
  F = FN*0.12
  DO 10 I=3, N
  P = 1.0-(FLOAT(I)-0.44)/F
  Y(I)=-ALOG(-ALOG(P))
  10 CONTINUE
C 2 HIGHEST VALUES
  Y(1) = GAMMA + ALOG(FN)
  Y(2) = Y(1) + FN*ALOG(1.0-1.0/FN)
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE ORSTAT(N,Y)
C SUPPLIES ORDER STATISTICS FOR EXTREME VALUE TYPE ONE DISTRIBUTION
C Y HAS D.S. IN REVERSE ORDER Y(1) IS LARGEST
C FOR N.35 A TABLE TO 4D IS USED
C TABLE WAS CALCULATED BY SUMMING SERIES
C FOR N>35 GRINGORTEN'S APPROXIMATION IS USED IN SUBROUTINE GRING
C GRING CALCULATES Y(1) & Y(2) BY SERIES
  DIMENSION ORD(630),Y(N)
  COMMON /ZZZ/ ORD
  IF(N=35)1,1,2
  2 CALL GRING(N,Y)
  3 RETURN
  1 I1=(N*(N-1))/2
  DO 4 I=1,N
  J=I+1
  Y(I)=ORD(J)
  4 CONTINUE
  GO TO 3
  END

```

```

SUBROUTINE GRP(X,Y,N,XXBR,XXM2,XXGR,NSTAT,TITLE)
C
C WHERE XXBR(I),XXM2(I),XXGR(I) = X(I)/XBAR, X(I)/XM2, X(I)/XGR
C XBAR, XM2, XGR = MEAN, MEDIAN, GRAPHICAL MEAN
  DIMENSION X(N),Y(N),XXBR(N),XXM2(N),XXGR(N),TITLE(20)
  COMMON/WORK/SY(15),SMY(15),SX(15),SMX(15),SXXBR(15),SMXXBR(15),
  * SXM2(15),SMXM2(15),SXXGR(15),SMXXGR(15),NO(15)
  COMMON /VCO1B/ LP
C
C SY(J) = SUM OF Y VALUES IN A CELL
C SMY(J) = MEAN OF DITTO. LIKEWISE FOR OTHER
C NO(J) = NUMBER OF ITEMS IN A CELL
C
C IF N IN (1 TO 17), (31 TO 55) OR (71 TO 95)
C DO NOT THROW A NEW PAGE.
  NPAGE = 1
  IF(N=17)38,38,35
  35 IF(N=33)21,21,36
  36 IF(N=55)38,38,37
  37 IF(N=73)21,21,38
  38 NPAGE=0
  WRITE(6,206)
  GO TO 20
  21 WRITE(6,200) NSTAT,(TITLE(I),I=1,8)
  20 WRITE(7,205) NSTAT,(TITLE(I),I=1,8),N
  C FIND LOWER BOUND OF LOWEST AND HIGHEST OCCUPIED CELLS,Z1 AND Z2
  DO 90 I=1,15
  90 NO(I)=0
  Z1 = 0.5*AINT(2.0*Y(N))-0.5
  Z2 = 0.5*AINT(2.0*Y(1))
  Y1 = -2.0
  Y2 = 5.0
  C FIND NUMBER, NO(J), IN CELL J. J=1 IS LOW
  YY=Y1+0.5
  L=N
  J=1
  C
  1 IF(Y(L)-YY)24,24,2
  24 NO(J)=NO(J)+1
  L=L-1
  C TEST IF ALL ITEMS LOOKED AT.
  IF(L)3,3,1
  2 J=J+1
  YY=YY+0.5
  GO TO 1

```

```

C          FILL OTHER ARRAYS WITH SUMS AND MEANS:
C
3  L=0
   DO 4 J=1,15
   SY(J)=0.0
   SX(J)=0.0
   SXXBR(J)=0.0
   SXM2(J)=0.0
   SXXGR(J)=0.0
   SMY(J)=0.0
   SMX(J)=0.0
   SMXXBR(J)=0.0
   SMXM2(J)=0.0
   SMXXGR(J)=0.0
C
C          IF(ND(J))4,4,44
C
44 K=N+1-L
7  DO 5 K=1,ND(J)
   SY(J)=SY(J)+Y(KK)
   SX(J)=SX(J)+X(KK)
   SXXBR(J)=SXXBR(J)+XXBR(KK)
   SXM2(J)=SXM2(J)+XXM2(KK)
   SXXGR(J)=SXXGR(J)+XXGR(KK)
5  CONTINUE
C          COMPUTE MEANS
8  A=1.0/ND(J)
   SMY(J)=A*SY(J)
   SMX(J)=A*SX(J)
   SMXXBR(J)=A*SXXBR(J)
   SMXM2(J)=A*SXM2(J)
   SMXXGR(J)=A*SXXGR(J)
C
4  L=L+ND(J)
C          PRINT HEADING
C          WRITE(6,201)
C          PRINT DATA, ROW BY ROW.
C
NLINE=0
A=Y1
B=A+0.5
DO 10 I=1,15
WRITE(7,204)ND(I),SY(I),SX(I),SXXBR(I),SXM2(I),
*          SXXGR(I)
30 IF(A-Z1)32,30,30
31 IF(A-Z2)11,11,31
32 IF(A-Z2)32,32,10
NLINE=NLINE+1
GO TO 12
11 WRITE(6,202) A,B,ND(I),SY(I),SMY(I),SX(I),SMX(I),SXXBR(I),
*          SMXXBR(I),SXM2(I),SMXM2(I),SXXGR(I),SMXXGR(I)
12 A=B
   B=A+0.5
   NLINE=NLINE+1
   IF(NLINE-3)10,22,22
C          INSERT BLANK LINE AFTER 3 LINES OF OUTPUT.
22 NLINE=0
   WRITE(6,203)
10 CONTINUE
C
RETURN
200 FORMAT(1H1//1X,I8,4X,8A4)
201 FURMAT(//56X,'<----- STANDARDISED BY ----->'/
* 56X,' ARITH. MEAN          MEDIAN          GRAPH. MEAN' /1X,
* Y          SUM NO. MEAN          SUM          MEAN          SUM          MEAN
* ' INTERVAL          Y          Y          Q          Q
* BAR          Q/QMED Q/QMED          Q/QGR Q/QGR'/)
202 FORMAT(1H,'(,2F4.1,')',I5,F8.2,F7.2,F11.2,F8.2,F10.2,
* F7.2,F11.2,F7.2,5X,2F7.2)
203 FORMAT(2X)
204 FORMAT(I4,5F10.3)
205 FORMAT(I8,8A4,/I4,1X)
206 FORMAT(7)
END

```

BLOCK DATA

COMMON/	ZZ/	A(140)	B(140)	C(140)	D(140)	E(70)		
DATA	0.5772	1.2704	0.1159	1.0758	0.4594	0.4036	1.0635	
* 0.8128	0.1061	-0.5735	2.1867	1.0709	0.4255	0.1069		
* 0.6902	2.3690	1.1525	0.6627	0.0188	0.2553	0.4555	0.1069	
* 2.5231	1.4441	0.0852	0.0097	0.0224	0.3655	0.3655	0.8460	
* 2.6567	1.5884	1.0111	0.5882	0.2312	0.1029	0.4528	0.0958	
* 0.9021	2.7744	1.1444	1.1475	0.7383	0.0005	0.0005	0.8661	
* 0.2022	-0.5244	-0.9493	2.8798	0.8262	0.2672	0.2672	0.8661	
* 0.5436	0.2574	-0.0120	0.2837	0.3846	0.3846	0.2000	0.1007	
* 1.9267	1.3739	0.9825	0.6078	0.3946	0.1432	0.1432	0.0849	
* 0.3523	-0.6362	-1.0252	3.0621	0.0180	0.4703	0.4703	0.6812	
* 0.7777	0.5140	0.2752	0.0089	0.1756	0.4112	0.4112	0.6812	
* 1.0565	3.1422	-2.2016	1.1101	0.5581	0.7633	0.7633	0.6199	
* 3.3904	0.1764	-0.0330	-0.2399	0.4626	0.7209	0.7209	1.0845	
* 3.2163	2.1788	1.6387	1.2023	0.9659	0.7152	0.7152	0.4928	
* 0.2879	0.0928	-0.0994	-0.2461	0.5080	0.7560	0.7560	1.1097	
* 3.2853	2.2504	1.7133	1.4044	0.0478	0.0194	0.0194	0.7852	
* 0.1327	3.3498	2.3172	1.1595	1.3485	0.0000	0.0000	0.7852	
* 0.6693	0.4770	0.2976	1.7827	1.4126	0.1235	0.1235	0.8814	
A DATA	0.8174	-1.1537	3.4410	0.1259	0.0426	0.2126	0.3902	
* 0.9851	-0.1937	0.9549	0.7467	0.5588	0.3849	0.3849	1.4480	
* 2.4387	1.9084	1.5430	0.6182	0.8440	1.1731	1.1731	3.4676	0.0601
* 0.4647	0.3051	0.1518	1.2592	0.0017	0.0233	0.0233	0.6342	
* 0.6486	-0.8684	-1.1910	3.5217	2.4944	1.4877	1.4877	0.4666	
* 1.0091	1.0872	0.8849	0.7040	0.5382	1.9658	1.9658	1.6024	
* 1.1207	-0.0506	-0.0930	0.3419	0.4998	0.3330	0.3330	0.2350	
* 0.9472	3.5729	2.5471	0.0200	1.6584	1.3786	1.3786	1.1471	
* 0.0979	-0.7691	-0.6064	0.4548	0.3112	0.1727	0.1727	0.0371	
* 3.6217	-2.5971	-2.0715	1.7113	0.5304	0.7022	0.7022	1.2232	
* 0.8300	0.6700	0.5215	0.3815	0.2273	1.1168	1.1168	0.0119	
* 1.1409	-0.2727	-0.4103	0.5387	0.7262	0.3315	0.3315	1.2378	
* 0.6683	2.6448	2.1203	1.7616	0.4850	1.2551	1.2551	1.0611	
* 0.8874	0.7297	0.5383	0.4466	0.3161	0.1899	0.1899	0.0662	
* 0.0565	-0.1803	-0.3073	0.4406	0.5849	0.7485	0.7485	0.9498	
* 1.2315	3.7127	2.6903	2.1671	1.6095	1.5342	1.5342	1.3078	
* 1.1135	0.9415	0.7855	0.6623	0.5078	0.3802	0.3802	0.2574	
* 0.1379	0.0201	-0.0979	0.2166	0.0000	0.4686	0.4686	0.6094	
B DATA	0.7693	-0.9670	1.2644	3.7553	2.7338	2.2116	1.8552	
* 0.4401	1.5811	1.3560	1.1631	0.9928	0.8339	0.6974	0.5652	
* 0.3691	-0.3203	-0.2042	0.0905	0.0221	0.1351	0.1351	0.2501	
* 2.7755	2.2543	1.6322	0.7889	0.4832	1.1267	1.1267	3.0961	
* 0.8892	0.7495	0.6192	0.4964	0.4020	1.2104	1.2104	0.4155	
* 0.0471	-0.0610	-0.1700	0.4964	0.3791	0.2660	0.2660	0.1557	
* 0.8073	-0.0985	-1.1700	3.2888	0.3956	0.5195	0.5195	0.6533	
* 1.6687	1.4459	1.2255	1.0880	0.9371	0.7988	0.7988	0.9407	
* 0.5495	0.4344	0.3238	0.2164	0.0000	0.3071	0.3071	0.0097	
* 1.0204	-0.3103	-0.4228	0.5444	0.6739	0.6248	0.6248	1.0488	
* 1.2993	3.6731	2.8541	2.3344	1.9808	1.7098	1.7098	0.4880	
* 1.2987	1.1323	0.9827	0.8459	0.7190	0.5998	0.5998	0.4866	
* 0.3782	0.2733	0.1709	0.0701	0.0300	0.1300	0.1300	0.2326	
* 0.3375	-0.4472	-0.5642	0.6930	0.8412	0.0268	0.0268	0.3098	
* 3.9094	2.8491	2.0372	0.0194	0.7493	1.3274	1.3274	1.3000	
* 1.1747	1.0263	0.8907	0.7652	0.6475	0.5361	0.5361	0.4296	
* 0.3268	0.2269	0.1260	0.0321	0.0645	0.1618	0.1618	0.2609	
* 0.3631	-0.4701	-0.5808	0.7110	0.8569	0.5372	0.5372	1.3198	
C DATA	0.9445	2.9269	0.4087	-0.0566	1.7872	1.5672	1.3797	
* 1.2153	1.0680	0.0335	0.8093	0.6930	0.3831	0.3831	0.4782	
* 0.2875	-0.3871	-0.4918	0.6041	0.7281	0.0877	0.0877	0.0968	0.1911
* 1.3293	3.9784	2.9614	0.4438	0.9224	1.3237	1.3237	1.0604	
* 1.4179	1.2344	1.1080	0.9746	0.8515	0.7364	0.7364	0.6279	
* 0.5245	0.4253	0.3294	0.2360	0.1443	0.0538	0.0538	0.0364	
* 0.1269	-0.2186	-0.3125	0.4098	0.5123	0.2274	0.2274	0.7444	
* 0.8858	-1.0641	-1.1555	0.0112	0.9947	0.4776	0.4776	1.1270	
* 1.8390	1.6404	1.4345	1.2919	1.1464	1.0140	1.0140	0.8919	
* 0.7780	0.6707	0.5667	0.4710	0.3767	0.2851	0.2851	0.1956	
* 0.1074	-0.0199	-0.0674	0.1553	0.2446	0.3361	0.3361	0.4313	
* 0.5317	0.6399	0.7399	0.8493	0.9555	1.0600	1.0600	1.1643	
* 3.0270	2.5106	2.1604	1.1604	1.6751	1.4900	1.4900	1.3281	
* 1.1834	1.0519	0.9307	0.8178	0.7116	0.6108	0.6108	0.5144	
* 0.4217	0.3317	0.2440	0.1579	0.0728	0.0118	0.0118	0.0965	
* 0.1820	-0.2690	-0.3565	0.4518	0.5502	0.6655	0.6655	0.7747	
* 0.9122	-1.0863	-1.1355	0.0737	3.3583	2.5424	2.5424	1.1927	
* 1.9260	1.7087	1.5242	1.3630	1.2190	1.0683	1.0683	0.9660	

```

* 0.8561, 0.7509, 0.6512, 0.5560, 0.4646, 0.3761, 0.2900,
* 0.2057, 0.1227, 0.0404, -0.0416, -0.1240, -0.2072, -0.2922,
D=0.3797, -0.4710, -0.5677, -0.6723, -0.7888, -0.9246, -1.0968,
DATAE=-1.3637, 4.1036, 3.0886, 2.5732, 2.2241, 1.9578, 1.7411,
* 1.5573, 1.3967, 1.2535, 1.1235, 1.0040, 0.8929, 0.7886,
* 0.6899, 0.5958, 0.5056, 0.4184, 0.3337, 0.2511, 0.1698,
* 0.0896, 0.0099, -0.0697, -0.1499, -0.2311, -0.3142, -0.3999,
*-0.4895, -0.5845, -0.6875, -0.8023, -0.9364, -1.1068, -1.3715,
* 4.1326, 3.1180, 2.6031, 2.2344, 1.9887, 1.7725, 1.5893,
* 1.4293, 1.2867, 1.1574, 1.0386, 0.9283, 0.8249, 0.7271,
* 0.6341, 0.5449, 0.4589, 0.3755, 0.2943, 0.2147, 0.1362,
* 0.0586, -0.0189, -0.0963, -0.1745, -0.2538, -0.3351, -0.4191,
E=0.5071, -0.6005, -0.7019, -0.8152, -0.9478, -1.1164, -1.3790,
END

```

```

C#          VC01A          25/10/74
CNAME VC01A(R)          CHECK
SUBROUTINE VC01A(X,Y,W,Z,N,A,B,C,G,H,L,M)
C****# 25/10/74 LAST LIBRARY UPDATE
COMMON J
COMMON /VC01B/LP
DIMENSION X(1),Y(1),W(1),A(1),B(1),C(1),G(1),H(1),L(1)
DIMENSION U(1),Z(1)
4  FORMAT(3X,15,5E16.6,6X,15)
FJ=0.0
FJ=0.0
GJ=0.0
DO 1 I=1,N
IV=I+N
U(I)=SORT(W(I))
Z(1)=Y(1)*U(1)
FJ=FJ+X(I)*U(I)**2
FJ=FJ+U(I)*Z(I)
GJ=GJ+U(I)**2
U(IV)=0.0
1  CONTINUE
A(1)=FJ/GJ
B(1)=0.0
C(1)=FJ/GJ
G(1)=1.0/GJ
DO 2 J=1,M
FJ=0.0
FJ=0.0
GJ=0.0
H1=0.0
L2=0
DO 3 I=1,N
Z(I)=Z(I)-C(J)*U(I)
IV=I+N
WS=(X(I)-A(J))*U(I)-B(J)*U(IV)
U(IV)=0(I)
U(I)=WS
FJ=FJ+X(I)*U(I)**2
FJ=FJ+U(I)*Z(I)
GJ=GJ+U(I)**2
H1=H1+Z(I)**2
IF(1-I)13,3,3
13 L2=(SIGN(1.0,-Z(I)*Z(I-1))+1.0)/2.0+L2
3  CONTINUE
A(J+1)=FJ/GJ
B(J+1)=GJ*G(J)
C(J+1)=FJ/GJ
G(J+1)=1.0/GJ
H(J)=H1
L(J)=L2
2  CONTINUE
3  MA=M+1
IF(LP.GT.0)WRITE(LP,20)
20 FORMAT(1H1,8X,4HX(I),12X,4HY(I),12X,4HZ(I),/)
H1=0.0
L2=0
DO 10 I=1,N
H2=0.0
YY=C(M+1)
DO 101 J=1,M
J1=M-J+1

```

```

W1=W2
W2=YY
101 YY=C(J1)+(X(I)-A(J1))*W2-B(J1+1)*W1
CONTINUE
Z(I)=YY
U(I)=Z(I)-Y(I)
H1=H1+U(I)*U(I)*W(I)
IF(I-1)11,110,110
111 L2=L2+(SIGN(1.0,-U(I))*U(I-1))+1.0)/2.0
110 IF(LP.GT.0)WRITE(LP,11)X(I),Y(I),Z(I)
10 CONTINUE
H(M1)=H1
L(M1)=L2
H1=H1/(N-M1)
DO 21 J=1,M1
G(J)=G(J)*H1
21 CONTINUE
IF(LP.LE.0)GO TO 40
IF(LP.GT.0)WRITE(LP,7)
7 FORMAT(1H1,61X,8HVARIANCE,10X,9HRESIDUALS)
IF(LP.GT.0)WRITE(LP,6)
6 FORMAT(7X,4HA(J),12X,4HC(J),11X,7HOF C(J),6X,
114HSUM OF SQUARES,3X,12HSIGN CHANGES)
M1=M+1
DO 24 I=1,M1

II=I-1
24 WRITE(LP,4)II,A(I),B(I),C(I),G(I),H(I),L(I)
11 FORMAT(3E16.6)
40 RETURN
END

```

```

SUBROUTINE VDO1A (ITEST,X,F,MAXFUN,ABSACC,RELACC,XSTEP)
C##### 20/05/70 LAST LIBRARY UPDATE
2 GO TO (1,2,2),ITEST
IS=6-ITEST
ITEST=1
IINC=1
XINC=XSTEP+XSTEP
MC=IS-3
IF (MC) 4,4,15
3 MC=MC+1
IF (MAXFUN=MC) 12,15,15
12 ITEST=4
43 X=DB
F=FB
IF (FB=FC) 15,15,44
44 X=DC
F=FC
15 RETURN
1 GO TO (5,6,7,8),IS
8 IS=3
4 DC=X
FC=F
X=X+XSTEP
GO TO 3
7 IF (FC=F) 9,10,11
10 X=X+XINC
XINC=XINC+XINC
GO TO 3
9 DB=X
FB=F
XINC=-XINC
GO TO 13
11 DB=DC
FB=FC
DC=X
FC=F
13 X=DC+DC-DB
IS=2
GO TO 3
6 DB=DB
DB=DC
FA=FB

```

```

32 FB=FC
   DC=X
   FC=F
   GO TO 14
15 IF (FB-FC) 16,17,17
17 IF (FB-FC) 18,32,32
18 FA=FB
   DA=DB
19 FB=F
   DC=X
   GO TO 14
20 IF (FA-FC) 21,21,20
   FA=FC
   FC=XINC
   XINC=DA
   DA=DC
   DC=XINC
21 XINC=DC
22 IF ((D-UB)*(D-DC)) 32,32,22
23 IF ((D-FA)*(-FA)) 23,24,24
   FC=FB
   DC=DB
24 GO TO 19
   FA=F
   DA=X
14 IF (FB-FC) 25,25,29
25 XINC=2
   XINC=DC
   IF (FB-FC) 29,45,29
29 D=(FA-FB)/(DA-DB)-(FA-FC)/(DA-DC)
37 D=0.5*(DB+DC)-(FB-FC)/D
   IF (ABS(D-X)-ABS(ABSACC)) 34,34,35
35 IF (ABS(D-X)-ABS(D*RELACC)) 34,34,36
34 ITEST=2
   GO TO 43
36 IS=1
   X=D
38 IF ((DA-DC)*(DC-D)) 3,26,38
   IS=2
   GO TO (39,40),IINC
39 IF (ABS(XINC)-ABS(DC-D)) 41,3,3

33 IS=2
   GO TO (41,42),IINC
41 X=DC
   GO TO 10
40 IF (ABS(XINC-X)-ABS(X-DC)) 42,42,3
42 X=0.5*(XINC+DC)
   IF ((XINC-X)*(X-DC)) 26,26,3
45 X=0.5*(DB+DC)
   IF ((DB-X)*(X-DC)) 26,26,3
26 ITEST=3
   GO TO 43
END

```

```

SUBROUTINE PE08A (A,B,C,D,M)
C$$$S$S 19/05/70 LAST LIBRARY UPDATE
C      CD IS WORKING SPACE.D IS ALSO USED AS WORKING SPACE DURING
C      EXECUTION.
DIMENSION CD(200),A(1),B(1),C(1),D(1)
1 D(1)=C(1)
  RETURN
2 IF (M=1) 99,3,4
3 D(1)=C(1)-A(1)*C(2)
  D(2)=C(2)
  RETURN
4 CM=C(M+1)
  CU(1)=C(M)-A(M)*CM
  UC(1)=C(M-1)-B(M)*CM
  IF (M=2) 99,90,5
5 M1=M-1

```

```

W1=CD(1)
CU(1)=D(1)-A(M-1)*W1
CU(2)=W1-CM*A(M-1)
D(1)=C(M-2)-W1*B(M-1)
D(2)=-CM*B(M-1)
IF (M-3) 99,90,6
6 DO 60 I=3,M1
  IR=M-I+1
  W1=CD(1)
  CU(1)=D(1)-W1*A(IR)
  CU(I)=CU(I-1)-CM*A(IR)
  D(1)=C(IR-1)-W1*B(IR)
  D(I)=-CM*B(IR)
  I1=I-1
  DO 70 J=2,I1
    W2=CD(J)
    CU(J)=W1+D(J)-W2*A(IR)
    D(J)=-W2*B(IR)
70 W1=W2
60 CONTINUE
90 D(1)=D(1)-A(1)*CD(1)
  D(M)=CD(M-1)-A(1)*CM
  D(M+1)=CM
  IF (M-2) 99,99,91
91 DO 92 J=2,M1
92 D(J)=CD(J-1)+D(J)-A(1)*CD(J)
99 RETURN
END

```

```

C***** SUBROUTINE SA03A(F,N1,N2,PROB)
C      # 19/05/70 LAST UPDATE TO LIBRARY
C      VARIANCE-RATIO PROBABILITY
C

```

```

C      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
C      REAL*4 F,PROB
C      ALPHA=ATAN(SQRT(N1*F/N2))
C      W1=DCOS(ALPHA)
C      W2=DSIN(ALPHA)
C      W3=W1*W1
C      W4=W2*W2
C

```

```

C      IF(MOD(N2,2))5,1,5
1      P=100
      ILIMIT=N2-2
      IF(ILIMIT)4,4,2
2      DO 3 I=2,ILIMIT,2
        IDASH=N2-I
        W5=(N1+IDASH-200)/IDASH
        P=100+P*W5*W3
3      CONTINUE
4      P=100-P*(W2**N1)
      GO TO 17
C

```

```

5      IF(N1-1)10,10,6
6      P=100
      ILIMIT=N1-2
      IF(ILIMIT-1)9,9,7
7      DO 8 I=2,ILIMIT,2
        IDASH=N1-I
        W5=(N2+IDASH-200)/IDASH
        P=100+P*W5*W4
8      CONTINUE
9      P=P*(W1**N2)
      IF(MOD(N1,2))11,17,11
C

```

```

10     P=000
11     IF(N2-1)13,12,13
12     W5=000
      W6=100
      GO TO 16
13     W5=100
      W6=200
      ILIMIT=N2-3
      IF(ILIMIT-1)16,16,14
14     DO 15 I=2,ILIMIT,2
        IDASH=N2-I
        W7=(IDASH-100)/IDASH
        W5=100+W5*W7*W3
        W7=(IDASH+100)/IDASH
        W6=W6*W7
15     CONTINUE
16     P=0.6366197723675814*(W2*(P*W6+W5*W1)-ALPHA)+100
C
17     PROB=P
      RETURN
      END

```

```

FUNCTION PE07A(M,A,B,C,X)
C####* 19/05/70 LAST LIBRARY UPDATE
DIMENSION A(1),B(1),C(1)
IF(M=1) 4,5,6
4 PE07A=C(1)
RETURN
5 PE07A=(X-A(1))*C(2)+C(1)
RETURN
6 J=M-1
DPC=C(M+1)
SPC=C(M)
DO 16 I=1,J
K=M+1-I
DNC=DPC*(X-A(K))+SPC
SPC=-DPC*B(K)+C(K-1)
DPC=DNC
16 CONTINUE
PE07A=DPC*(X-A(1))+SPC
RETURN

END

```

```

SUBROUTINE KB04A (COUNT,N,IA,IND,MARK)
C####* 04/08/72 LAST LIBRARY UPDATE
DIMENSION COUNT(1),MARK(1),IND(1)
DO 10 I=1,N
10 IND(I)=1
IF (N=2) 180,15,15
15 M=12
20 M=2*M
NP1=N+1
MARK(1)=80000*NP1+1
NALM=2
IM=1
30 IF(MARK(IM))90,90,40
40 M3=MARK(IM)/NP1
IS=MARK(IM)-NP1*M3
IF(M3=80000)60,50,60
50 IF=N
GO TO 70
60 IF=IABS(MARK(M3))-(IABS(MARK(M3))/NP1)*NP1-1
70 IF(NALM=IA)80,80,20
80 CALL KB04XA (IS,IF,IP,COUNT,IND)
CALL KB04YA (IS,IF,IP,IM,NALM,COUNT,M,MARK,N,IND)
GO TO 30
90 IF(IM=NALM+1)100,110,110
100 IM=IM+1
GO TO 30
110 IM=1
120 M3=-MARK(IM)/NP1
IS=-MARK(IM)-NP1*M3
IF(M3=80000)130,140,130
130 IF=-MARK(M3)+(MARK(M3)/NP1)*NP1-1
GO TO 150
140 IF=N
150 IF(IF=IS)160,170,160
160 CALL KB04ZA(COUNT,IF-IS+1,IS,IND)
170 IM=M3
IF(IM=80000)120,180,120
180 RETURN
END

```

```

SUBROUTINE KB04XA (IS,IF,IP,COUNT,IND)
DIMENSION COUNT(1),IND(1)
Y=(IS+IF)/2
X=COUNT(IY)
INT=IND(IY)
JJ=1
YFK=IF+1
DO 80 I=IS,IF
J=JJ
10 IF (I=IFK) 10,90,90
20 IF (X=COUNT(I)) 80,20,30
30 IF (INT=IND(I)) 30,80,80
DO 70 K=J,IF
IFK=IF+1-K
40 IF (I=IFK) 40,90,90
JJ=JJ+1
50 IF (COUNT(IFK)=X) 70,50,60
60 IF (IND(IFK)=INT) 60,60,70
AV=COUNT(IFK)
COUNT(IFK)=COUNT(I)
COUNT(I)=AV
IV=IND(IFK)
IND(IFK)=IND(I)
IND(I)=IV
GO TO 80
70 CONTINUE
80 CONTINUE
I=IF+1
90 IP=I
RETURN
END

```

C

```

SUBROUTINE KB04ZA(COUNT,N,IS,IND)
DIMENSION COUNT(1),IND(1)
M=N
10 M=M/2
IF(M) 90,90,20
20 R=N-M
J=IS
30 I=J
40 IPM=I+M
IF (COUNT(I)=COUNT(IPM)) 60,50,80
50 IF (IND(I)=IND(IPM)) 80,80,70
60 AV=COUNT(I)
COUNT(I)=COUNT(IPM)
COUNT(IPM)=AV
70 IV=IND(I)
IND(I)=IND(IPM)
IND(IPM)=IV
I=I-M
IF (I=1) 80,40,40
80 J=J+1
IF (J=IS+1-K) 30,30,10
90 RETURN
END

```

```

SUBROUTINE KBO4YA (IS,IF,IP,IM,NALM,COUNT,M,MARK,N,IND)
DIMENSION COUNT(1),MARK(1),IND(1)
IF(IP=IF)40,40,10
C NO SEGMENTATION
10 IY=(IS+IF)/2
DO 20 I=IS,IF
II=I
IF(COUNT(I)-COUNT(IY))30,20,30
C 20 CONTINUE
ALL EQUAL INCREASE IM
MARK(IM)=-MARK(IM)
GO TO 90
C 30 INTERCHANGE
AV=COUNT(II)
COUNT(II)=COUNT(IY)
COUNT(IY)=AV
IV=IND(II)
IND(II)=IND(IY)
IND(IY)=IV
GO TO 90
40 NP1=N+1
M3=MARK(IM)/NP1
MARK(NALM)=M3*NP1+IP
MARK(IM)=NALM*NP1+IS
IF(IP-IS=M)50,50,60
50 MARK(IM)=-MARK(IM)
60 IF(IF+1=IP-M)70,70,80
70 MARK(NALM)=-MARK(NALM)
80 NALM=NALM+1
90 RETURN
END

```

Saida dos resultados do programa FFSTATSBR

61707000 R-PELOTAS EM PASSO SOCORRO 1945 1975											
STATISTICS OF ANNUAL FLOODS											
MEAN FLOOD 1785.1435				MEDIAN ANNUAL FLOOD 1636.0000							
STANDARD ERROR OF MEAN 135.7054				QUANTILE 1735.0000							
STANDARD DEVIATION 333.5755				INTERQUARTILE RANGE 1219.2500							
COEFF OF VARIATION 42.32				ICR/MEDIAN 69.39							
PARAMETERS DERIVED BY FITTING A POLYNOMIAL IN Y TO FLOODS											
LINEAR FIT						PARABOLIC FIT					
COEFFICIENTS: 1.170211913 505.324 106.7103						COEFFICIENTS: 1.48204901 827.2940 23.8659					
E. RATIO FOR PARABOLA WITH 1 AND 2 OF PROBABILITY 0.0121											
ORDER YEAR	FLOOD	Y	Q/QBAR	Q/QMED	Q/QGR	RESULTS OF CURVE FITTING	FLOOD	YEAR	ORDER		
						RESIDUAL	PREDICTION				
1	1950	1855.000	8.31	2.08	2.25	2.02	1636.000	1950	1		
2	1960	3030.000	2.99	1.70	1.85	1.86	3030.000	1960	2		
3	1950	2850.000	2.88	1.61	1.76	1.58	2850.000	1958	3		
4	1961	2870.000	2.13	1.59	1.73	1.52	2870.000	1961	4		
5	1961	2750.000	1.88	1.52	1.68	1.50	2750.000	1963	5		
6	1963	2558.000	1.88	1.45	1.59	1.43	2558.000	1963	6		
7	1957	2449.000	1.85	1.37	1.50	1.35	2449.000	1967	7		
8	1957	2366.000	1.29	1.33	1.43	1.27	2366.000	1965	8		
9	1951	2120.000	1.13	1.30	1.42	1.27	2120.000	1951	9		
10	1948	2160.000	1.31	1.22	1.33	1.20	2160.000	1948	10		
11	1965	1999.000	0.89	1.12	1.22	1.10	1999.000	1965	11		
12	1959	1970.000	0.79	1.05	1.14	1.03	1970.000	1958	12		
13	1948	1758.000	0.84	1.00	1.09	0.98	1758.000	1948	13		
14	1958	1708.000	0.57	0.99	1.08	0.97	1708.000	1956	14		
15	1971	1708.000	0.87	0.95	1.04	0.93	1708.000	1971	15		
16	1972	1838.000	0.38	0.92	1.00	0.90	1838.000	1972	16		
17	1966	1527.000	0.29	0.86	0.93	0.84	1527.000	1966	17		
18	1973	1465.000	0.20	0.82	0.90	0.80	1465.000	1973	18		
19	1952	1440.000	0.11	0.82	0.89	0.80	1440.000	1952	19		
20	1969	1390.000	0.32	0.78	0.85	0.76	1390.000	1969	20		
21	1975	1381.000	-0.37	0.77	0.84	0.76	1381.000	1975	21		
22	1968	1381.000	-0.16	0.75	0.82	0.78	1381.000	1968	22		
23	1961	1250.000	-0.24	0.77	0.84	0.89	1250.000	1961	23		
24	1970	1254.000	-0.14	0.69	0.74	0.68	1254.000	1970	24		
25	1978	1201.000	-0.43	0.67	0.73	0.66	1201.000	1974	25		
26	1967	1128.000	-0.53	0.63	0.69	0.62	1128.000	1967	26		
27	1948	1070.000	-0.44	0.60	0.65	0.59	1070.000	1948	27		
28	1958	721.000	-0.76	0.48	0.53	0.45	721.000	1958	28		
29	1947	745.000	-0.90	0.43	0.47	0.42	745.000	1947	29		
30	1945	748.000	-1.08	0.42	0.46	0.41	748.000	1945	30		
31	1968	744.000	-1.35	0.42	0.45	0.41	744.000	1968	31		

61707000 R-PELOTAS EM PASSO SOCORRO											
STANDARDISED BY											
Y INTERVAL	NO.	SUM Y	MEAN Y	SUM S	MEAN S	ARITH. MEAN Q/QBAR	MEDIAN MEAN Q/QMED	GRAPH. MEAN Q/QGR	WEAL. MEAN Q/QGR		
(-1.0 -1.0)	2	-2.82	-1.41	1974.00	785.00	0.83	0.86	0.82	0.81		
(-0.5 0.0)	9	-0.83	-0.92	839.00	327.00	2.12	2.31	2.08	2.23		
(0.0 0.5)	6	1.46	0.24	916.00	1529.67	5.14	5.61	5.08	5.24		
(0.5 1.0)	4	2.91	0.73	742.00	1850.25	8.16	8.54	8.08	8.22		
(1.0 1.5)	4	4.91	1.23	935.00	2326.75	5.22	5.69	5.12	5.28		
(1.5 2.0)	2	3.50	1.75	530.00	2665.00	2.89	3.26	2.93	3.11		
(2.0 2.5)	2	4.00	2.00	371.00	2835.00	1.70	1.88	1.74	1.82		
(2.5 3.0)	1	2.09	2.09	3030.00	3030.00	1.78	1.85	1.76	1.80		
(3.0 3.5)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
(3.5 4.0)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
(4.0 4.5)	1	4.01	4.01	368.00	368.00	3.04	3.04	2.92	3.02		

### 3. Programa FFCOMBOBR

#### Objetivo:

Este programa introduz valores agrupados de  $Q_i/Q_{BAR}$  e  $Y$ , etc em cartões perfurados pelo programa FFSTATSBR. O programa FFCOMBOBR produz uma curva de cheias média, para qualquer região específica, combinando todas as curvas individuais de frequência de cheia de postos fluviométricos naquela região.

A curva média é obtida fazendo a média dos valores de  $Q_i/Q_{BAR}$  em cada categoria  $Y$ , onde  $Y$  é a variável reduzida de Gumbel, e fazendo a média dos valores de  $Y$  em cada categoria. Esses valores médios são impressos pelo programa a fim de permitirem a plotagem de uma curva regional de frequência de cheias.

A descrição do programa principal e sub-rotinas, as variáveis usadas no programa principal e sub-rotinas, e formatos de dados de entrada, são apresentados por FARQUHARSON F. (1980).

A listagem do programa e a forma de saída dos resultados são anexados a esta explicação.

Listagem do programa FFCOMBOBR

```

REAL NAME(10)
DIMENSION NQ(15),Z(15,5),X(15,5),NSD(20),
1 NSTATS(2),NPAGE(2),NS1(20)
* SE(15,3),SEM(15,3),MD(15)
DIMENSION R(20),Y(20),IRET(5),YRET(5),QMAX(5)
DATA NYEARS,NCOUNT,NC,NL,L,LL,NSTATS(1),NSTATS(2),NPAGE(1),
* NPAGE(2),M / 0,0,0,0,1,1,30,40,10,20,1 /
DATA IRET / 50,100,200,500,1000 /
DATA NRET / 5 / GAMMA / 0.5772156649 /
C C C C
PROGRAM TO COMBINE DATA FROM SEVERAL STATIONS.
READ FIRST CONTROL CARD. IF ZERO USE ALL STATIONS. I
MAIN DATA FILE. IF POSITIVE READ THE STATION NUMBER
OF THE REQUIRED STATIONS.

WRITE(6,207)
WRITE(6,201)
C CALC Y'S FOR GIVEN RETURN PERIODS
DO 98 I=1, NRET
RR = 1.-1./FLOAT(IRET(I))
YRET(I) = -ALOG(-ALOG(RR))
98 CONTINUE
READ(5,100) NUMBER
IF(NUMBER.GT.0)GO TO 29
M=0
GO TO 5

29 READ(5,100)(NS1(J),J=1,NUMBER)
C IF M=0 INCLUDE ALL STATIONS
5 CONTINUE
C READ QMAX DATA
READ(5,3000,END=31)NQ,(QMAX(I),I=1,MINQ(NQ,5))
IF(NQ.LE.5) GO TO 1
WRITE(6,6006)NQ
GO TO 5
31 CONTINUE
C NO HIGH FLOOD DATA, SET NQ=0
NQ = 0
1 CONTINUE
READ(5,110,END=10) MSTAI,(NAME(I),I=1,10),N
IF (MSTAI.LE.0) GO TO 10
READ(5,111) (NQ(I), (X(I,J),J=1,5),I=1,15)
IF(M.LE.0) GO TO 2
C TEST IF CURRENT STATION REQUIRED.
C IF NOT GO BACK TO READ NEXT STATION.
DO 30 I=1,NUMBER
IF(NS1(I).EQ.MSTAI)GO TO 2
30 CONTINUE
GO TO 1
C NCOUNT = TOTAL NO. OF STATIONS
C NC = NUMBER OF STATIONS ON CURRENT PAGE
2 NCOUNT=NCOUNT+1
NYEARS=NYEARS+N
MSTAI=MSTAI
C IF ON PAGE 1 (LL=1), THRON NEW PAGE AFTER 30 STATIO
IF(NC.NE.NSTATS(LL)) GO TO 22
LL=2
L=2
NC=0
WRITE(6,200)
22 NC = NC+1
NL=NL+1
IF(NL.LE.5)GO TO 20
C THRON A NEW LINE AFTER EVERY FIVE
WRITE(6,205)
NL=1
20 WRITE(6,202) MSTAI, (NAME(I),I=1,10),N
DO 3 I=1,15
IF(NQ(I))3,3,40

```

```

40 MO(I)=MU(I)+1
   NSO(I)=NSO(I)+NU(I)
   Z(I,1)=Z(I,1)+X(I,1)
   DO 4 J=3,5
     K=J-2
     SE(I,K)=SE(I,K)+X(I,J)*X(I,J)/MO(I)
4   Z(I,J)=Z(I,J)+X(I,J)
3   CONTINUE
   IF(M)1,1,41
41 IF(NUMBER-NCOUNT) 10,10,42
C   GO BACK TO READ NEXT STATION
C   42 GO TO 1
C   TAKE AVERAGES
10 WRITE(6,203) NCOUNT,NYEARS
   DO 6 I=1,15
     IF(NSO(I)) 6,6,43
43 A=1.0/NSO(I)
   Z(I,1)=Z(I,1)*A
   DO 7 J=3,5
     Z(I,J)=Z(I,J)*A
     K=J-2
     IF(MO(I).GT.1) GO TO 23
     SE(I,K)=0.0
     SEM(I,K)=0.0
     GO TO 7
23 SE(I,K)=(SE(I,K)-NSO(I)*Z(I,J))/(MO(I)-1)
   IF(SE(I,K).LT.0.)SE(I,K)=0.
   SEM(I,K)=SQRT(SE(I,K)/MO(I))
   SE(I,K)=SQRT(SE(I,K))
7   CONTINUE
6   CONTINUE
C   WRITE TABLE OF RESULTS.
A=-2.0
B=-1.5
NLINE=0
C   IF ON PAGE 1 (L=1), WRITE TABLE ON NEW PAGE IF
C   NU. STATIONS > 10. (NPAGE(1)=10)
C   IF ON PAGE 2 OR LATER (L=2), WRITE TABLE ON NEW PAG
C   NU. STATIONS ON CURRENT PAGE > 20 (NPAGE(2)=20)
21 WRITE(6,204)
C   FIND LOWEST CELL KK AND HIGHEST CELL KKK WHICH ARE NOT EMPTY
   KK=1
   KKK=15
   DO 12 I=1,5
     IF(NSO(I))44,44,13
44 KK=KK+1
12 CONTINUE
13 DO 14 I=1,7
     IF(NSO(15-I+1))45,45,15
45 KKK=KKK-1
14 CONTINUE
15 A=A+(KKK-1)*0.5
   B=B+(KKK-1)*0.5
   DO 8 I=KK,KKK
     IF(NLINE)46,46,9
C   THROW A NEW LINE AFTER EVERY THREE.
46 WRITE(6,205)
9   CONTINUE
   WRITE(6,206)A,B,NSO(I),Z(I,1),(Z(I,J),J=3,5),(SE(I,J),J=1,3),
1   (SEM(I,K),K=1,3)
   A=B
   B=B+0.5
   NLINE=NLINE+1
   IF(NLINE-3) 8,47,47
47 NLINE=0
8   CONTINUE
   DO 50 I=1,15
     R(I)=Z(I,3)
     Y(I)=Z(I,1)
50 CONTINUE
C   INSERT UP TO TOP 5 FLOODS
   FN=FLUAT(NYEARS)
   FN12=FN+0.12
   IF(NU.LE.0) GO TO 70
   IF(NU.LE.2) GO TO 60

```

```

DO 52 I=1, NQ-2
NSO(I+15) = 1
R(I+15) = QMAX(I)
RR = (FLOAT(NYEARS-NQ+I)-0.44)/(FN12)
Y(I+15) = -ALOG(-ALOG(RR))
52 CONTINUE
C CALCULATE 2 LARGEST ORDER STATISTICS
60 CONTINUE
Y(NQ+15) = GAMMA + ALOG(FN)

NSO(NQ+15) = 1
R(NQ+15) = QMAX(NQ)
IF(NQ.LE.1) GO TO 70
C CALLULATE 2ND LARGEST
C FIRST CHECK NYEARS NOT TOO LARGE FOR ACCURATE CALC
C OF LN(1-1/NYEARS)
IF(NYEARS.LT.500) GO TO 65
C NYEARS TOO LARGE, USE SERIES
P = 1.0
C = 0.0
I=0
62 CONTINUE
I = I+1
P = P/FN
OLD = C
C = C-P/FLOAT(I)
IF(ABS(OLD-C).GT.0.) GO TO 62
C = C*FN
GO TO 67
65 CONTINUE
C NYEARS SMALL ENOUGH TO USE ALOG
C = FN*ALOG(1.-1./FN)
67 CONTINUE
Y(NQ+14) = Y(NQ+15) + C
NSO(NQ+14) = 1
R(NQ+14) = QMAX(NQ-1)
70 CONTINUE
C FIT CURVE
NQ1 = NQ+15
CALL FIT(NQ1, NSO, Y, R, U, ALPHA, FK)
C PRINT RESULTS OF FITTING
WRITE(6,6000)NYEARS,COMMEN,U,ALPHA,FK
A = -2.+(KK-1)*0.5
B = A+0.5
DO 80 I=KK, KKK
RR = 0.
IF(NSO(I).GT.0) RR = RATIO(U,ALPHA,FK,Y(I))
C RESIDUAL
DR = RR-R(I)
WRITE(6,6001)A,B,NSO(I),Y(I),R(I),RR,DR
A = B
B = B+0.5

IF(MOD(I,5).EQ.0) WRITE(6,6002)
80 CONTINUE
IF(NQ.EQ.0) GO TO 81
WRITE(6,6007)NQ
DO 82 I=1, NQ
RR = RATIO(U,ALPHA,FK,Y(I+15))
DR = RR-QMAX(I)
I1 = NQ+1-I
WRITE(6,6008)I1,Y(I+15),QMAX(I),RR,DR
82 CONTINUE
81 CONTINUE
WRITE(6,6003)
DO 102 I=1,NRET
RR = RATIO(U,ALPHA,FK,YRET(I))
WRITE(6,6004) YRET(I),IRET(I),RR
102 CONTINUE
C IF HIGH FLOODS GIVEN STOP NOW
C PLOTTING POSITION FOR LARGEST
FN = FLOAT(NYEARS)
YN = GAMMA + ALOG(FN)
RR = RATIO(U,ALPHA,FK,YN)
WRITE(6,6005)YN,RR
103 CONTINUE
DO 104 I=1,10

```

```

104 NAME(I)=4H
CONTINUE
NAME(1)='COMB'
NAME(2)='INED'
NAME(3)='PLO'
NAME(4)='T'
CALL L PLOT(Y,R,20,NAME)
STOP

```

```

C
100 FURMAT(2I4)
110 FURMAT(13,10A4/I4)
111 FURMAT(14,5F10.3)
200 FURMAT(1H1//T12,10A8)
201 FURMAT(11X,'ANNUAL MAXIMA FREQUENCY ANALYSIS'/11X,'AVERAGES OF
*DATA FROM SEVERAL CATCHMENTS'/11X,10A8/21X,'STATIONS USED
*ARE /94X,'NO. OF YEARS ' )
202 FURMAT(11X,18,2X,10A4,110)

203 FURMAT(1H0,17X,15,' STATIONS',60X,18,' YEARS TOTAL' )
204 FURMAT(///31X,'<----- STANDARDISED BY ----->'/31X,'ARITH.
*MEAN MEDIAN GRAPH. MEAN '
*Q/QBAR Y NO. MEAN ' INTERVAL Y
*Q/MEU Q/QR '
207 * FURMAT(1H1//<---STANDARD ERRORS---> <---ST. ERR. OF MEANS--->')
205 FURMAT(1X)
206 FURMAT(3H(,F4.1,',',F4.1,',')',15,F9.2,F11.2,F13.2,F13.2,
1 171.3(F6.3,2X),198.2(F6.3,2X),F6.3)
0000 FURMAT('RESULTS OF G.E.V. FITTING',17,' STATION YEARS'/0,10A8/
1 'INTERCEPT U',F6.3,' SLOPE ALPHA',F6.3,' CURVATURE K',
2 F7.4/
3 'O Y NO. MEAN ' INTERVAL Y
4 Q/QBAR FITTED RESIDUAL')
0001 FURMAT('(',F4.1,',',',F4.1,',')',15,F9.2,F11.3,2F13.3)
0002 FURMAT(1X)
0003 FURMAT('PREDICTIONS FOR HIGH RETURN PERIODS'/)
0004 FURMAT('X',F5.2,17,9X,F11.2)
0005 FURMAT('PLOTTING POSITION FOR HIGHEST FLOOD Y=',F5.2,
1 'PREDICTED Q/QBAR ',F5.2)
6006 FURMAT('TOO MANY HIGH FLOODS ',13,' NO MORE THAN 5 ALLOWED'/
1 'RE-ENTER')
6007 FURMAT('O',13,' HIGHEST FLOODS'/)
0008 FURMAT(13X,15,F9.2,F11.3,2F13.3)
5000 FURMAT(15,5F10.2)
END
002:0210:0 IS THE LOCATION FOR EXCEPTIONAL ACTION ON THE I/O ST/
002:0211:1 IS THE LOCATION FOR EXCEPTIONAL ACTION ON THE I/O ST/

```

```

SUBROUTINE FIT(N,NUM,Y,R,U,ALPHA,FK)
C FITS THE GENERAL EXTREME VALUE FUNCTION TO GROUPED Q/QBAR & Y VALUES
C Q/QBAR=U+ALPHA*((1-EXP(-K*Y))/K)
C IF K=0 Q/QBAR = U+ALPHA*Y
C
DIMENSION NUM(N),Y(N),R(N),X(20)
DATA EPS1/0.001, EPS2/0.01, JMAX/50/
C
C SET UP FIXED SUMS
NN = 0
SR = 0.0
SRR = 0.0
DO 5 I=1, N
IF(NUM(I).LE.0) GO TO 5
FN = NUM(I)
NN = NN + NUM(I)
SR = SR + FN*R(I)
SRR = SRR + FN*R(I)*R(I)
5 CONTINUE
WRITE(6,6000) EPS1, EPS2, JMAX
JJ = 0
FK = 0.
OK = -2.E-2
K=2

```

```

10 CONTINUE
CALL VDJ1A(K,FK,SS,JMAX,EPS1,EPS2,DK)
GO TO (100, 200, 300, 400),K
100 CONTINUE
JJ = JJ+1
C NON-ZERO K, CALC Y(I)
IF(ABS(FK).LT.1.E-4) GO TO 120
DO 110 I=1,N
X(I) = (1.-EXP(-FK*Y(I)))/FK

110 CONTINUE
GO TO 140
C K EFFECTIVELY ZERO, X = Y-K*Y**2/2
120 CONTINUE
DO 130 I=1,N
YI = Y(I)
X(I) = YI-0.5*FK*YI*YI
130 CONTINUE
140 CONTINUE
C FIT R TO X TO GET U & ALPHA
SRX = 0.
SX = 0.
SXX = 0.
DO 150 I=1,N
IF(NUM(I).LE.0) GO TO 150
FN = NUM(I)
RI = R(I)
XI = X(I)
SRX = SRX+FN*RI*XI
SX = SX+FN*XI
SXX = SXX+FN*XI*XI
150 CONTINUE
FN = NN
ALPHA = (FN*SRX-SR*SX)/(FN*SXX-SX*SX)
U = (SR-ALPHA*SX)/FN
C CALCULATE RESIDUALS
SS = 0.
DO 160 I=1,N
D = R(I)-U-ALPHA*X(I)
SS = SS+NUM(I)*D*D
160 CONTINUE
C REPORT
WRITE(6,6001)JJ,FK,U,ALPHA,SS
IF(JJ.LE.2)GO TO 10
C
200 CONTINUE
WRITE(6,6002)
210 CONTINUE
RETURN
C
300 CONTINUE
WRITE(6,6900)

GO TO 210
C
400 CONTINUE
WRITE(6,6901)
GO TO 210
C
6000 FORMAT('1 GENERAL EXTREME VALUE FIT'/'OABS ACCURACY ',1PE9.1,
1 ' REL ACCURACY ',1PF0.4,' MAX ITERATIONS ',14/
2 'U',13X,'K',11X,'J',9X,'ALPHA',8X,'SS')
6001 FORMAT(5,4(1X,F11.6))
6002 FORMAT(' FIT COMPLETED')
6900 FORMAT(' ROUNDING ERRORS MAKE REQUIRED ACCURACY IMPOSSIBLE')
6901 FORMAT(' TOO MANY ITERATIONS')
END

```

```

C      IF (ABS(FK).LT.1.E-4) GO TO 60
      RR = (1.0-EXP(-FK*Y))/FK
      GO TO 70
60     CONTINUE
C      K NEARLY ZERO
      RR = Y-0.5*FK*Y*Y
70     CONTINUE
C      COMPLETE CALC OF FITTED Q/QBAR
      RATIO = U + A*RR
      RETURN
      END

```

```

C
C##### SUBROUTINE VDO1A (ITEST,X,F,MAXFUN,ABSACC,RELACC,XSTEP)
      # 20/05/70 LAST LIBRARY UPDATE
2     GO TO (1,2,2),ITEST
      IS=6-ITEST
      ITEST=1
      IINC=1
      XINC=XSTEP+XSTEP
      MC=IS-3
3     IF (MC) 4,4,15
      MC=MC+1
12    IF (MAXFUN=MC) 12,15,15
43    ITEST=4
      X=DB
      F=FB
      IF (FB=FC) 15,15,44
44    X=DC
      F=FC
15    RETURN
1     GO TO (5,6,7,8),IS
8     IS=3
4     DC=X
      FC=F
      X=X+XSTEP
      GO TO 3
7     IF (FC=F) 9,10,11
10    X=X+XINC
      XINC=XINC+XINC
      GO TO 3
9     DB=X
      FB=F
      XINC=-XINC
      GO TO 13
11    DB=DC
      FB=FC
      DC=X
      FC=F
13    X=DC+DC-DB
      IC=2
      GO TO 3
6     DB=DB
      DB=DC
      FA=FB
      FC=FC
32    DC=X
      FC=F
      GO TO 14
14    IF (FB=FC) 14,17,17
17    IF (F=FB) 14,32,32
18    FA=FB
      FB=FB

```

```

19 FB=F
   DB=X
   GO TO 14
16 IF (FA-FC) 21,21,20
20 XINC=FA
   FA=FC
   FC=XINC
   XINC=DA
   DA=DC
   DC=XINC
21 XINC=DC
   IF ((D-UB)*(D-DC)) 32,22,22
22 IF (F-FA) 23,24,24
23 FC=FB
   DC=DB
   GO TO 14
24 FA=F
   DA=X
14 IF (FB-FC) 25,25,29
25 IINC=2
   XINC=DC
   IF (FB-FC) 29,45,29
29 D=(FA-FB)/(DA-DB)=(FA-FC)/(DA-DC)
   IF (D*(DB-DC)) 33,33,37
37 D=0.5*(UB+DC)-(FB-FC)/D
   IF (ABS(D-X)-ABS(ABSACC)) 34,34,35
35 IF (ABS(D-X)-ABS(D*RELACC)) 34,34,36
34 ITEST=2
   GO TO 43
36 IS=1
   X=D
   IF ((DA-DC)*(DC-D)) 3,26,38

38 IS=2
   GO TO (39,40),IINC
39 IF (ABS(XINC)-ABS(DC-D)) 41,3,3
33 IS=2
   GO TO (41,42),IINC
41 X=DC
   GO TO 10
40 IF (ABS(XINC-X)-ABS(X-DC)) 42,42,3
42 X=0.5*(XINC+DC)
   IF ((XINC-X)*(X-DC)) 26,26,3
45 X=0.5*(UB+DC)
   IF ((DB-X)*(X-DC)) 26,26,3
26 ITEST=3
   GO TO 43
END

```

ANNUAL MAXIMA FREQUENCY ANALYSIS  
 AVERAGES OF DATA FROM SEVERAL CATCHMENTS

734	00000R	PASSO FUNDO E JOSE BONIFACIO	18
725	30000R	LTJEIRO EM PASSO D LIGEIRO	21
723	00000R	PFLUTAS PASSO DO VIRGILIO	21
724	30000R	FORQUILHA EM PASSO GRANZOTTO	21
726	80000R	LTJEIRO EM PASSO COLOMBELLI	34
734	80000R	PASSO FUNDO EM PTE R PASSO FUN	8
735	50000R	URUGUAI E PASSO CAXAMBU	38
741	00000R	URUGUAI EM IRAI	24
742	70000R	VARZEA EM PASSO R VARZEA	30
744	50000R	TURVO EM ENGENHO	14
746	00000R	CASCATA BURICA EM CASCATA BUR	37
747	00000R	SANTA ROSA EM TUCUNDUYA	35
749	00000R	COMANDAI EM LINHA UNIAO	8
751	85000R	POTIRIBU PONTE NOVA POTIRIBU	15
752	00000R	CONCEICAO EM CONCEIVAO	36
752	30000R	IJUI EM SANTO ANGELO	37
753	00000R	IJUI EM PASSO VIOLA	28
753	50000R	IJUI EM PASSO FLORIDA	8
703	00000R	LAVATUDO EM FAZENDA MINEIRA	30
707	00000R	PLOTAS EM PASSO SUCORRO	35
712	00000R	CANDAS EM VILA CANDAS	20
712	50000R	JOAO PAULO EM PTE R JOAO PAULO	14
713	00000R	CANDAS EM RIJ BONITO	34
713	50000R	CANDAS EM ENCRUZILHADA	27
713	83000R	CANDAS EM PONTE ALTA DO SUL	22
714	90000R	MAROMBAS EM PTE MAROMBAS	19
715	50000R	CANDAS EM PASSO CARU	20
718	00000R	CANDAS EM COLONIA SANTANA	15
733	00000R	IRANI EM BUNITO	21
733	30000R	IRANI EM PASSO ALTO IRANI	21

30 STATIONS

722 YEARS TOTAL

INTERVAL	NU.	MEAN Y	STANDARDISED BY			STANDARD ERRORS			ST. ERR. OF MEANS			
			ARITH.	MEAN	MEDIAN	GRAPH.	MEAN					
			Q/BAR	Q/MED	Q/QGR							
(-1.5, -1.0)	41	-1.22	0.38	0.40	0.37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-1.0, -0.5)	92	-0.74	0.58	0.59	0.55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(-0.5, 0.0)	130	-0.25	0.75	0.73	0.74	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.0, 0.5)	126	0.24	0.92	0.96	0.91	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(0.5, 1.0)	107	0.73	1.09	1.13	1.07	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
(1.0, 1.5)	81	1.23	1.22	1.27	1.20	0.001	1.008	0.823	0.111	0.141	0.095	0.150
(1.5, 2.0)	52	1.73	1.36	1.43	1.34	0.007	1.084	0.930	0.180	0.201	0.173	0.182
(2.0, 2.5)	26	2.23	1.46	1.53	1.43	0.005	1.009	0.943	0.190	0.206	0.182	0.182
(2.5, 3.0)	23	2.72	1.63	1.73	1.63	1.004	1.209	1.105	0.222	0.252	0.230	0.230
(3.0, 3.5)	11	3.15	1.75	1.81	1.71	1.226	1.311	1.187	0.370	0.395	0.358	0.358
(3.5, 4.0)	15	3.73	1.93	2.02	1.89	1.425	1.566	1.399	0.425	0.439	0.361	0.361
(4.0, 4.5)	8	4.16	2.04	2.11	2.00	1.618	1.728	1.530	0.498	0.511	0.361	0.361

GENERAL EXTREME VALUE FIT

ABS ACCURACY 1.0E-05 REL ACCURACY 0.0010 MAX ITERATIONS 100

	K	U	ALPHA	SS
1	0.000000	0.827017	0.313219	5.261258
2	-0.020000	0.821106	0.304718	5.479863
3	0.020000	0.823208	0.321430	5.134065

4. Programa para a obtenção da curva regional a partir de postos fluviométricos usando período com preenchimento de falhas de dados

Objetivo:

Este programa lê dados de cartões perfurados, escreve para cada posto os dados de vazão máxima, calcula os valores de probabilidade de não-ocorrência ( $F_i$ ) e a partir desse valor o valor da variável reduzida de Gumbel ( $Y_i$ ), para cada vazão máxima ao mesmo tempo calcula os índices de vazão máxima ( $Q_i/Q_{BAR}$ ) com o qual temos calculada a curva de frequência de cheias para cada posto.

Finalmente, utilizando as curvas individuais de frequência de cheias, calcula a curva regional de frequência de cheias, que é a curva média das curvas individuais de cada posto.

A curva regional de frequência é apresentada como uma curva adimensional, e ela pode ser comparada diretamente a qualquer outra curva individual ou regional de frequência.

Descrição do programa:

Este programa tem um programa principal e uma sub-rotina.

O programa principal primeiro lê os dados de vazão máxima para cada posto e os imprime numa tabela de postos e valores de cheia anual, a seguir chama a sub-rotina ORD que ordena os dados de vazão máxima que foram transformados todos em positivos, pois os valores preenchidos são perfurados na entrada de dados como negativos.

Na saída da sub-rotina ORD são novamente atribuídos seu sinal e calculado o valor de (QBAR) para o cálculo do índice de vazão máxima ( $Q_i/QBAR$ ).

A partir da ordem que se encontram calcula-se os valores da variável reduzida de Gumbel ( $Y_i$ ) e a partir da probabilidade de não-ocorrência ( $F_i$ ), obtendo-se os valores das curvas de frequência para cada posto que também são impressos.

Finalmente, a partir de valores positivos das curvas individuais de frequência e dividindo em 12 valores de  $Y_i$  inscrevendo com -1.75 e aumentando em 0.75 até chegar a 3.75 se obtêm os valores médios de  $Q_i/QBAR$  para cada valor de  $Y_i$ , com o que se conforma a curva regional de frequência de cheias que é impressa no final do programa.

Salienta-se que os valores preenchidos sós servem para dar posição dos valores observados.

#### Lista de variáveis usadas:

As variáveis principais usadas no programa principal e na sub-rotina são dados a seguir:

##### Programa principal:

NP : Número de postos que entram no cálculo

NANO: Número de anos de dados de cheias anuais para os postos

QM : Arranjo que contém os dados de cheia anual para um posto

NPC(I);(I=1,P) : Número de ordem dos postos que entram no cálculo

ICON: Número de ordem das cheias médias que corresponde a curva regional

IC : Número de anos de dados positivos de cada posto

QME(I);(I=1,12) : Arranjo que contém os valores de cheia da curva regional

CABE: Arranjo que contém o número e nome do posto

QV: Arranjo que contém as vazões máximas positivas

QMED: Média dos IC cheias anuais

QMP(J);(J=1,Np): Vazão média QMED para cada posto fluviométrico

#### Sub-rotina\_ORD

X : Arranjo que contém as vazões máximas, QM correspondentes ao programa principal

N : Número de anos de dados de cheia anual por posto, corresponde ao NANO do programa principal

#### Formato dos dados de entrada

Cartão 1: Formato (ZI5)

FORMATO

NP : Número de postos que entram no cálculo

I5

NANO: Número de anos de dados de cheia de cada posto

I5

Cartão 2 e 3: Formato (16I5)

NPC(I), I e 1, NP: Número de ordem dos postos que entram no cálculo

16I5

Cartão 3 ou 4: Formato (20A4)

CABE: Número e nome de cada posto

20A4

Cartão 4 ou 5,6 etc Formato (4(10X,F10.1))

QM: Vazões máximas que se distribuem 4 valores por cartão

4(10X,F10.1)

#### Saída do programa

Mostramos a forma de saída dos resultados adjunto a listagem do programa principal e sub-rotina anexo a esta explicação.

Listagem do programa para obter a curva regional de frequência a partir  
de series preenchidas

```
DIMENSION QM(50,28),NPC(50),ICON(12),QME(12),CABE(20),QV(50,28)
DIMENSION QMP(30)
READ(8,1)NP,NANO
READ(8,1)(NPC(I),I=1,NP)
DO 90 J=1,NP
READ(8,5)CABE
READ(8,2)(QM(I,J),I=1,NANO)
WRITE(5,6) CABE
90 WRITE(5,3)(QM(I,J),I=1,NANO)
DO 95 I=1,12
ICON(I)=0
95 QME(I)=0.
DO 500 J=1,NP
IF(NPC(J))500,500,100
100 CONTINUE
IC=0
SOMA=0
DO 200 M=1,NANO
IF(QM(M,J))200,200,150
150 IC=IC+1
SOMA=SOMA+QM(M,J)
200 CONTINUE
DO 160 I=1,NANO
160 QV(I,J)=QM(I,J)
CALL ORD(QV(1,J),NANO)
QMED=SOMA/IC
QMP(J)=QMED
WRITE(5,10)J,QMED
DO 230 M=1,NANO
FI=(NANO-M+1.0-0.44)/(NANO+0.12)
Y=-ALOG(FI)
Y=-ALOG(Y)
QI=QV(M,J)/QMED
WRITE(5,11)M,FI,Y,QV(M,J),QI
DO 220 K=1,12
IF(QI)220,220,205
205 X=(K-1)*0.5-1.5
IF(Y-X)210,220,220
210 ICON(K)=ICON(K)+1
QME(K)=QME(K)+QI
GO TO 230
220 CONTINUE
230 CONTINUE
500 CONTINUE
WRITE(5,14)
X=-2.
DO 550 K=1,12
QME(K)=QME(K)/ICON(K)
XMED=((K-1)*0.5-1.5+X)/2.
X=(K-1)*0.5-1.5
WRITE(5,13)XMED,QME(K)
550 CONTINUE
1 FORMAT(16I5)
2 FORMAT(4(10X,F10.1))
3 FORMAT(8F10.1)
```

```

10  FORMAT(///,10X,'POSTO',I6,10X,'VAZAU MEDIA',F12.2,/,4X,'I',6X,'FI
1' ,9X,'Y',5X,'VAZAO',5X,'Q/QBAR')
5   FORMAT(20A4)
6   FORMAT(1X,20A4)
11  FORMAT(I5,4F10.3)
13  FORMAT(F13.2,F15.2)
14  FORMAT('1',10X,'CURVA REGIONAL',///,10X,'Y',10X,'Q/QBAR')
    CALL EXIT
    END
    SUBROUTINE ORD(X,N)
    DIMENSION X(1)
100  K=0
    L=0
    LK=0
    DO 120 J=2,N
    IF(X(J-1))1,1,2
1   L=1
    X(J-1)=ABS(X(J-1))
2   IF(X(J))3,3,4
3   LK=1
    X(J)=ABS(X(J))
4   IF(X(J-1)-X(J))110,12,12
110  IF(L)5,5,6
6   IF(LK)7,7,8
8   L=0
    LK=0
    AUX=-X(J-1)
    X(J-1)=-X(J)
    GO TO 11
5   IF(LK)10,10,9
9   LK=0
    AUX=X(J-1)
    X(J-1)=-X(J)
    GO TO 11
7   L=0
    AUX=-X(J-1)
    X(J-1)=X(J)
    GO TO 11
10  AUX=X(J-1)
    X(J-1)=X(J)
11  X(J)=AUX
    K=1
    GO TO 120
12  IF(L)15,15,16
16  IF(LK)18,18,17
17  L=0
    LK=0
    X(J-1)=-X(J-1)
    X(J)=-X(J)
    GO TO 120
15  IF (LK)120,120,19
19  LK=0
    X(J)=-X(J)
    GO TO 120
18  L=0
    X(J-1)=-X(J-1)
120  CONTINUE
    IF(K)100,130,100
130  RETURN
    END

```

Saida dos resultados do programa para obter a curva regional de frequencia a partir de series preenchidas

1933.0	1150.0	1800.0	3330.0	2040.0	1695.0
70733000	R. IRANI EM	BONITU		1945	1975
-210.0	-190.0	-173.0	-207.0	-242.0	-173.0
163.0	259.0	282.0	259.0	336.0	191.0
315.0	192.0	209.0	94.0	234.0	202.0
253.0	137.0	266.0	366.0	185.0	222.0
71733300	R. IRANI EM	PASSO ALTO IRANI		1945	1975
-287.0	-400.0	-398.0	-296.0	-394.0	-399.0
-375.0	-589.0	-417.0	-362.0	-671.0	271.0
650.0	331.0	530.0	119.0	420.0	396.0
610.0	243.0	438.0	690.0	0.0	0.0

POSTO	1	VAZAO MEDIA		153.02
	FI	Y	VAZAO	Q/QBAR
1	0.982	4.008	262.000	1.712
2	0.949	2.967	241.000	1.574
3	0.917	2.455	199.000	1.300
4	0.885	2.107	199.000	1.300
5	0.853	1.842	197.000	1.287
6	0.821	1.625	197.000	1.267
7	0.789	1.440	189.000	1.235
8	0.757	1.279	-184.000	-1.202
9	0.724	1.134	-182.000	-1.189
10	0.692	1.002	-177.000	-1.156
11	0.660	0.880	151.000	0.986
12	0.628	0.767	140.000	0.914
13	0.596	0.660	139.000	0.908
14	0.564	0.558	-138.000	-0.901
15	0.532	0.460	-137.000	-0.895
16	0.500	0.366	137.000	0.895
17	0.467	0.274	134.700	0.875
18	0.435	0.185	-133.000	-0.869
19	0.403	0.097	133.000	0.869
20	0.371	0.009	129.000	0.843
21	0.339	-0.077	123.000	0.803
22	0.307	-0.165	-116.000	-0.758
23	0.275	-0.255	-112.000	-0.731
24	0.242	-0.347	99.800	0.652
25	0.210	-0.442	99.800	0.652
26	0.178	-0.543	97.000	0.633
27	0.146	-0.652	-85.000	-0.555
28	0.114	-0.773	-78.000	-0.509
29	0.082	-0.915	-56.000	-0.365
30	0.050	-1.096	-45.000	-0.294
31	0.017	-1.390	40.800	0.266

POSTO	21	VAZAO MEDIA		395.86
	FI	Y	VAZAO	Q/QBAR
1	0.982	4.008	690.000	1.743
2	0.949	2.967	-671.000	-1.695
3	0.917	2.455	650.000	1.641
4	0.885	2.107	610.000	1.540
5	0.853	1.842	-589.000	-1.487
6	0.821	1.625	530.000	1.338
7	0.789	1.440	438.000	1.106
8	0.757	1.279	431.000	1.088
9	0.724	1.134	420.000	1.060
10	0.692	1.002	-417.000	-1.053
11	0.660	0.880	404.000	1.020
12	0.628	0.767	-400.000	-1.010
13	0.596	0.660	-399.000	-1.007
14	0.564	0.558	-398.000	-1.005
15	0.532	0.460	396.000	1.000
16	0.500	0.366	-395.000	-0.997
17	0.467	0.274	-394.000	-0.995
18	0.435	0.185	-375.000	-0.947
19	0.403	0.097	-362.000	-0.914
20	0.371	0.009	331.000	0.836
21	0.339	-0.077	-313.000	-0.790
22	0.307	-0.165	-296.000	-0.747
23	0.275	-0.255	-287.000	-0.724
24	0.242	-0.347	271.000	0.684
25	0.210	-0.442	243.000	0.613
26	0.178	-0.543	210.000	0.530
27	0.146	-0.652	195.000	0.492
28	0.114	-0.773	119.000	0.300
29	0.082	-0.915	0.000	0.000
30	0.050	-1.096	0.000	0.000
31	0.017	-1.390	0.000	0.000

CURVA REGIONAL

Y	Q/QBAR
-1.75	0.00
-1.25	0.40
-0.75	0.57
-0.25	0.75
0.25	0.91
0.75	1.05
1.25	1.19
1.75	1.33
2.25	1.44
2.75	1.63
3.25	0.00
3.75	0.00

## 5. Programa FFRAIN

### Objetivo:

O objetivo deste programa é obter a precipitação média anual de cada estação pluviométrica, para um período normal. Os dados introduzidos no programa são os dados de chuva total anual de cada estação, para o período normal ou de base selecionado.

Muitas estações não têm um registro completo de dados para o período selecionado, e para esses, a precipitação média anual disponível é ajustada por referência as três estações mais próximas com o registro completo de dados. Assim, se uma estação apenas tiver 20 anos de dados, sendo o período normal de trinta anos, então, são encontradas as três estações mais próximas e é encontrada a razão média do período comum de 20 anos das estações, em relação as suas médias de longo prazo sobre 30 anos. Então, para a estação incompleta a média disponível de 20 anos é dividida por esta razão média, para ajustar a média incompleta a uma média normal estimada de um período de 30 anos.

A descrição do programa, a lista de variáveis usadas, e o formato de dados de entrada são apresentados por Farquharson F. (1980).

A listagem do programa e uma forma da saída dos resultados são anexados ao final desta explicação.

Listagem do programa FFRAIN

```

DIMENSION DATA(200,50),RNAME(200,8),DIST(200),STAN(200),
1 INWRK(200),INDEX(200),IFULL(30),TOTS( 3),NUM(50),AAR(200)
  I=1
1 READ(8,100) DATA(I,1),RNAME(I,J),J=1,8),(DATA(I,J),J=2,6),
1 (DATA(I,J),J=11,40)
  IF(DATA(I,1).LT.0.) GO TO 2
100 FORMAT(8.0,2X,8A4,4F2.0,5X,F5.0)/(OF10.1))
  DATA(I,10)=0.0
  DATA(I,41)=0.0
  DATA(I,49)=0.0
  DATA(I,50)=0.0
  DO 20 I1=11,40
  IF(DATA(I,I1)) 20,20,21
21 DATA(I,10)=DATA(I,10)+1
  DATA(I,41)=DATA(I,41)+DATA(I,I1)
  DATA(I,49)=DATA(I,49)+DATA(I,I1)*DATA(I,I1)
20 CONTINUE
  DATA(I,42)=DATA(I,41)/DATA(I,10)
  DATA(I,49)=DATA(I,49)-(DATA(I,41)*DATA(I,41)/DATA(I,10))
  DATA(I,49)=SQRT(DATA(I,49)/(DATA(I,10)-1))
  DATA(I,50)=DATA(I,49)/DATA(I,42)
C
C
C   SLT COMPLETENESS OF DATA FLAG IN DATA(I,9)
  IF(DATA(I,10).EQ.30.) DATA(I,9)=1.0
C
C
C   IF(DATA(I,10).GE.25.0.AND.DATA(I,10).LT.30.) DATA(I,9)=0.0
  IF(DATA(I,10).LT.25.0) DATA(I,9)=-1.0
C
C
C   CONVERT LATITUDE AND LONGITUDE TO COORDINATES IN KMS
  CALL COURDS(DATA,I)
C
C
C   GO BACK FOR NEXT STATION
  I=I+1
2 GO TO 1
  M=I-1
C
C
C   COUNT NUMBER OF STATIONS IN VARIOUS COMPLETENESS CLASSES
  NFEW=0
  NMID=0
  NALL=0
  DO 3 I=1,4
  IF(DATA(I,9)) 30,31,32
30 NFEW=NFEW+1
  GO TO 3
31 NMID=NMID+1
  GO TO 3
32 NALL=NALL+1
3 CONTINUE
C
C
C   PRINT OUT RESULTS
  WRITE(5,190)
  DO 7 I=1,4
  IF(DATA(I,9).LT.1.0) GO TO 7
  WRITE(5,200) DATA(I,1),RNAME(I,J),J=1,8),DATA(I,10),
1 (DATA(I,J),J=2,6),(DATA(I,J),J=11,40),DATA(I,42),DATA(I,49),
2 DATA(I,50)
7 CONTINUE
  WRITE(5,191)
C
C
C   FOR INCOMPLETE STATIONS FIND 3 NEAREST COMPLETE STATIONS
  DO 4 I=1,4
  IF(DATA(I,9).GT.0.) GO TO 4

```

```

IF(NALL.GT.50) GO TO 900
JJ=1
DO 5 J=1,M
IF(I.EQ.J) GO TO 5
IF(DATA(J,9).LE.0.0) GO TO 5
CALL LOC(DATA,DIST,STAN,I,J)
DIST(JJ)=DIST(J)
STAN(JJ)=STAN(J)
NUM(JJ)=J
JJ=JJ+1
5 CONTINUE
C
C SORTS DIST ARRAY INTO DESCENDING ORDER AND SELECTS 3 SMALLEST
C
DO 55 J=JJ,200
DIST(J)=10000.0
55 CONTINUE
NN=200
CALL KBJ4A(DIST,NN,NN,INDEX,IWORK)
KR=43
DO 6 K=1,3
II=INDEX(201-K)
IF (NN.LE.1) GO TO 4
DATA(I,KR)=STAN(II)
KK1=KR+1
DATA(I,KK1)=DIST(NN)
KK=KK+2
NN=NN-1
6 CONTINUE
C
PRINT OUT RESULTS FROM OBSERVED DATA
WRITE(5,200) DATA(I,1),(CRNAME(I,J),J=1,8),DATA(I,10),
1 (DATA(I,J),J=2,6),(DATA(I,JJ),JJ=11,40),DATA(I,42),DATA(I,49),
2 DATA(I,50)
C
WRITE(5,210) (DATA(I,J),J=43,48)
FIND ADJUSTED LONG TERM MEAN
DO 60 K=1,30
IF(DATA(I,K+10).LE.0.0) IFULL(K)=-1
IF(DATA(I,K+10).GT.0.0) IFULL(K)=1
60 CONTINUE
DO 65 K=1,3
TUTS(K)=0.0
65 CONTINUE
DO 70 KK=1,30
IF (IFULL(KK).LE.0) GO TO 70
DO 70 K=1,3
KN=NUM(K)
TUTS(K)=TUTS(K)+DATA(KN,KK+10)
70 CONTINUE
SUM=0.0
DO 75 K=1,3
KN=NUM(K)
TUTS(K)=TUTS(K)/DATA(I,10)
TUTS(K)=TUTS(K)/DATA(KN,42)
SUM=SUM+TUTS(K)
75 CONTINUE
SUMM=SUM/3.
AAR(I)=DATA(I,42)/SUMM
WRITE(5,220) AAR(I)
4 CONTINUE
C
GO TO 920
190 FORMAT(1H1,///' RAINFALL STATIONS WITH COMPLETE DATA FOR 30 YEARS')
191 FORMAT(1H1,///' RAINFALL STATIONS WITH INCOMPLETE DATA - LESS THAN 3
10 YEARS AVAILABLE')
200 FORMAT(//1X,F8.0,3X,9A4,///' NUMBER OF COMPLETE YEARS =',F8.0,///
1 ' LATITUDE ',F4.0,3X,' LONGITUDE ',F4.0,3X,' ALTITUDE ',F8.0,///
2 ' ANNUAL RAINFALL TOTALS IN MMS STARTING IN 1945',//6(SF15.0,//),
3 '// MEAN RAINFALL=',F10.1,///' STANDARD DEVIATION=',F10.2,///
4 ' COEFFICIENT OF VARIATION=',F0.3)
210 FORMAT(//1X,2X,' THE 3 NEAREST COMPLETE STATIONS WITH DISTANCES IN
1 KMS ARE AS FOLLOWS'//3(F10.0,5X,F10.1,/)
220 FORMAT(//1X,' ADJUSTED LONG TERM NORMAL MEAN=',F12.1)
530 FORMAT(//3I10,F10.1)
900 WRITE(5,910) NALL
910 FORMAT(1H1,1X' PROGRAM STOPPED AS NALL TOO LARGE - VALUE IS',I8)
920 WRITE(5,930)
930 FORMAT(1H1,///' THE END')
STOP
END

```

C  
C  
C  
C  
C

SUBROUTINE COURUS(DATA,I)

CONVERTS LATITUDE AND LONGITUDE TO COORDINATES IN LILOME  
WITH AN ORIGIN AT LAT 57 DEG LONG 34 DEG  
THESE ARE RETURNED IN DATA(I,6) AND DATA(I,7)

DIMENSION DATA(200,50)  
XBASE=57.0  
YBASE=34.0  
XOLD=DATA(I,4)+DATA(I,5)/60.0  
YOLD=DATA(I,2)+DATA(I,3)/60.0  
DATA(I,7)=(XBASE-XOLD)\*111.14  
DATA(I,6)=(YBASE-YOLD)\*111.14  
RETURN  
END

C

SUBROUTINE LOC(DATA,DIST,STAN,I,J)

FINDS DISTANCES IN KMS OF ALL STATIONS WITH 30 YEARS  
COMPLETE DATA FROM EACH OTHER INCOMPLETE STATION

DIMENSION DATA(200,50),DIST(200),STAN(200)  
STAN(J)=DATA(J,1)  
XI=DATA(I,7)  
YI=DATA(I,8)  
A=XI-DATA(J,7)  
B=YI-DATA(J,8)  
D=A\*\*2+B\*\*2  
DIST(J)=SQRT(D)  
RETURN  
END

C  
C  
C

SUBROUTINE KBO4A (COUNT,N,IA,IND,MARK)

C##### 04/08/72 LAST LIBRARY UPDATE

DIMENSION COUNT(1),MARK(1),IND(1)  
DO 10 I=1,N

10 IND(I)=1  
IF (N-2) 180,15,15

15 M=12  
20 M=2\*M

NP1=N+1  
MARK(1)=80000\*NP1+1  
NALM=2  
IM=1

30 IF(MARK(IM))90,90,40

40 M3=MARK(IM)/NP1  
IS=MARK(IM)-NP1\*M3  
IF(M3-80000)60,50,60

50 IF=N

GO TO 70

60 IF=IABS(MARK(M3))-(IABS(MARK(M3))/NP1)\*NP1-1

70 IF(NALM-IA)80,80,20

80 CALL KBO4XA (IS,IF,IP,COUNT,IND)  
CALL KBO4YA (IS,IF,IP,IM,NALM,COUNT,M,MARK,N,IND)

GO TO 30

90 IF(IM-NALM+1)100,110,110

100 IM=IM+1

GO TO 30

110 IM=1

120 M3=-MARK(IM)/NP1

IS=-MARK(IM)-NP1\*M3

IF(M3-80000)130,140,130

130 IF=-MARK(M3)+(MARK(M3)/NP1)\*NP1-1

GO TO 150

140 IF=N

150 IF(IF-IS)160,170,160

160 CALL KBO4ZA(COUNT,IF-IS+1,IS,IND)

170 IM=M3

IF(IM-80000)120,130,120

180 RETURN

END

C

```

SUBROUTINE KB04XA (IS,IF,IP,COUNT,IND)
DIMENSION COUNT(1),IND(1)
IY=(IS+IF)/2
X=COUNT(IY)
INT=IND(IY)
JJ=I
IFK=IF+1
DO 80 I=IS,IF
  J=JJ
  IF(I-IFK)10,90,90
10 IF (X-COUNT(I)) 80,20,30
20 IF (INT-IND(I)) 30,80,80
30 DO 70 K=J,IF
  IFK=IF+1-K
  IF(I-IFK)40,90,90
40 JJ=JJ+1
50 IF (COUNT(IFK)-X) 70,50,60
60 IF (IND(IFK)-INT) 60,80,70
  AV=COUNT(IFK)
  COUNT(I)=COUNT(I)
  COUNT(I)=AV
  IV=IND(IFK)
  IND(IFK)=IND(I)
  IND(I)=IV
70 GO TO 80
80 CONTINUE
90 I=IF+1
  IP=I
  RETURN
END

```

C

```

SUBROUTINE KB04ZA(COUNT,N,IS,IND)
DIMENSION COUNT(1),IND(1)
M=N
10 M=M/2
  IF(M)90,90,20
20 K=N-M
  J=IS
30 I=J
40 IPM=I+M
  IF (COUNT(I)-COUNT(IPM)) 60,50,80
50 IF (IND(I)-IND(IPM)) 80,80,70
60 AV=COUNT(I)
  COUNT(I)=COUNT(IPM)
  COUNT(IPM)=AV
70 IV=IND(I)
  IND(I)=IND(IPM)
  IND(IPM)=IV
  I=I-M
  IF(I-1)80,40,40
80 J=J+1
  IF (J-IS+1-K) 30,30,10
90 RETURN
END

```

C

```
SUBROUTINE KB04YA (IS,IF,IP,IM,NALM,COUNT,M,MARK,N,IND)
DIMENSION COUNT(1),MARK(1),IND(1)
IF(IP-IF)40,40,10
C NO SEGMENTATION
10 IY=(IS+IF)/2
DO 20 I=IS,IF
I1=I
IF(COUNT(I)-COUNT(IY))30,20,30
C 20 CONTINUE
ALL EQUAL INCREASE IM
MARK(IM)=-MARK(IM)
GO TO 90
C 30 INTERCHANGE
AV=COUNT(I1)
COUNT(I1)=COUNT(IY)
COUNT(IY)=AV
IV=IND(I1)
IND(I1)=IND(IY)
IND(IY)=IV
GO TO 90
40 NP1=N+1
M3=MARK(IM)/NP1
MARK(NALM)=M3*NP1+IP
MARK(IM)=NALM*NP1+IS
50 MARK(IM)=-MARK(IM)
60 IF(IF+1-IP-M)70,70,80
70 MARK(NALM)=-MARK(NALM)
80 NALM=NALM+1
90 RETURN
END
```

RAINFALL STATIONS WITH COMPLETE DATA FOR 30 YEARS

3054011. SAO GABRIEL EM SAO GABRIEL

NUMBER OF COMPLETE YEARS = 30.

LATITUDE 30. 20. LONGITUDE 54. 19. ALTITUDE 124.

ANNUAL RAINFALL TOTALS IN MMS STARTING IN 1945

1138.	1380.	1092.	1511.	1097.
1178.	1246.	1081.	1080.	1487.
1129.	973.	985.	1743.	1705.
1327.	1314.	981.	2140.	903.
1471.	1705.	1170.	641.	1246.
1309.	1113.	1779.	1488.	1081.

MEAN RAINFALL= 1280.4  
STANDARD DEVIATION= 316.97

COEFFICIENT OF VARIATION= 0.248

3051011. PORTO ALEGRE EM PORTO ALEGRE

NUMBER OF COMPLETE YEARS = 30.

LATITUDE 30. 1. LONGITUDE 51. 13. ALTITUDE 23.

ANNUAL RAINFALL TOTALS IN MMS STARTING IN 1945

944.	1257.	1318.	1087.	1159.
1211.	1070.	1100.	1266.	1609.
1262.	1159.	1372.	1325.	1493.
1168.	1552.	712.	1317.	1040.
1518.	1523.	1078.	1129.	984.
1273.	1123.	1965.	1362.	1130.

MEAN RAINFALL= 1250.8  
STANDARD DEVIATION= 241.26

COEFFICIENT OF VARIATION= 0.193

RAINFALL STATIONS WITH INCOMPLETE DATA - LESS THAN 30 YEARS AVAILABLE

2753003. IRAI EM IRAI

NUMBER OF COMPLETE YEARS = 11.

LATITUDE 27. 11. LONGITUDE 53. 14. ALTITUDE 227.

ANNUAL RAINFALL TOTALS IN MMS STARTING IN 1945

-1.	-1.	-1.	-1.	-1.
-1.	-1.	-1.	1871.	2615.
1743.	1476.	-1.	1659.	1633.
1399.	-1.	-1.	-1.	-1.
-1.	-1.	-1.	1459.	-1.
-1.	1484.	-1.	2512.	1729.

MEAN RAINFALL= 1798.1  
STANDARD DEVIATION= 399.17

COEFFICIENT OF VARIATION= 0.222

THE 3 NEAREST COMPLETE STATIONS WITH DISTANCES IN KMS ARE AS FOLLOWS

2853006.	151.9
2854005.	194.9
2853014.	166.8

ADJUSTED LONG TERM NORMAL MEAN= 1779.1

## 6. Programa FFREGRE

### Objetivo:

Este programa foi adaptado a partir de programas e sub-rotinas IBM.

A análise de regressão linear múltipla é realizada para um conjunto de até 20 variáveis independentes, e uma variável dependente. A escolha de diferentes conjuntos de variáveis independentes e a designação de diferentes variáveis como a variável dependente, pode ser conseguida tantas vezes quanto necessária por um cartão de seleção. As variáveis podem receber nomes com quatro caracteres como terem uma referência apenas pela sua ordem de entrada, por exemplo: variável 1, 2, 3, etc.

O programa produz uma matriz de correlação para cada conjunto de dados introduzidos, mas (apenas se forem usados nomes de variáveis) então produz os resultados da análise de regressão seguidos de uma análise da tabela de variancia.

A descrição do programa, a lista de variáveis usadas e o formato de dados de entrada são apresentados pelo Farquharson (1980).

A listagem do programa e a forma de saída dos resultados são anexados ao final desta explicação.

Listagem do programa FFREGRE

```
DIMENSION XBAR(20),STD(20),D(20),RY(20),ISAVE(20),B(20),  
ISB(20),T(20),w(20),X(20),PR(8)
```

```
THE FOLLOWING DIMENSION MUST BE GREATER THAN OR EQUAL TO  
THE PRODUCT OF M*M...
```

```
DIMENSION RX(400)
```

```
THE FOLLOWING DIMENSION MUST BE GREATER THAN OR EQUAL TO  
(M+1)*M/2...
```

```
DIMENSION R(225)
```

```
THE FOLLOWING DIMENSION MUST BE GREATER THAN OR EQUAL TO 10...
```

```
DIMENSION ANS(10)
```

```
THE FOLLOWING ARRAY MAY BE USED TO INPUT NAMES FOR  
THE VARIABLES. THESE ARE THEN PRINTED OUT WITH THE FINAL  
RESULTS TABLE
```

```
DIMENSION VARS(2,20)
```

```
COMMON VALS(75,20),IND
```

```
READ PROBLEM PARAMETER CARD
```

```
100 READ(8,1) (PR(II),II=1,8),N,M,NS,NAME
```

```
WHERE...
```

```
PR=PROBLEM NAME ARRAY (MAX 32 ALPHANUMERIC CHARACTERS)
```

```
N=NUMBER OF OBSERVATIONS
```

```
M=NUMBER OF VARIABLES
```

```
NS=NUMBER OF SELECTIONS
```

```
NAME=OPTION TO INPUT NAMES FOR VARIABLES
```

```
0 IF NOT REQUIRED
```

```
1 IF NAMES ARE TO BE READ IN
```

```
READ IN VARIABLE NAMES IF NAME=1
```

```
104 IF(NAME) 106,106,104
```

```
DO 105 I=1,M
```

```
VARs(I,I)=I
```

```
READ(8,15) VARs(2,I)
```

```
105 CONTINUE
```

```
106 IO=0
```

```
IND=0
```

```
CALL CORRE(N,M,IO,X,XBAR,STD,RX,R,B,D,T)
```

```
TEST NUMBER OF SELECTIONS
```

```
108 IF(NS) 108,108,109
```

```
WRITE(5,13)
```

```
GO TO 300
```

```
109 DO 200 ICN=1,NS
```

```
WRITE(5,2) (PR(II),II=1,8),ICN
```

```
READ SUBSET SELECTION CARD
```

```
READ(8,10) NREST,NDEP,K,(ISAVE(J),J=1,K)
```

```
WHERE...
```

```
NREST=OPTION CODE FOR TABLE OF RESIDUALS
```

```
0 IF IT IS NOT DESIRED.
```

```
1 IF TABLE IS DESIRED.
```

```
NDEP =DEPENDENT VARIABLE
```

```
K =NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES INCLUDED.
```

```
ISAVE=A VECTOR CONTAINING THE K INDEPENDENT VARIABLES  
TO BE INCLUDED
```

```

C      CALL ORDER(M,R,NDEP,K,ISAVE,RX,RY)
C
C      INVERT THE MATRIX OF INTERCORRELATIONS BETWEEN INDEPENDENT VARIABLE
C
C      CALL MINV(RX,K,DET,B,T)
C
C      TEST SINGULARITY OF THE MATRIX INVERTED
C
C      IF (DET) 112,110,112
110 WRITE (5,14)
    GO TO 200
C
C      CALL CORRELATION SUBROUTINE THEN PRINT MEANS, STANDARD DEVIATIONS,
C      INTERCORRELATIONS BETWEEN X AND Y, REGRESSION COEFFICIENTS, AND
C      COMPUTED T-VALUES.
C
112 CALL MULTR(N,K,XBAR,STD,D,RX,RY,ISAVE,B,SB,T,ANS)
    MM=K+1
    IF NAME=1 THEN NAMES OF VARIABLES ARE OUTPUT WITH CORRELATION MA
C
C      IF (NAME) 116,116,113
113 WRITE (5,16)
    WRITE (5,17) (VARS(2,I),I=1,M)
C
C      FILL RX ARRAY WITH CORRELATION MATRIX
C
C      DO 114 I=1,M
C      DO 114 J=I,M
C      IJ=I+(J-J)/2
C      L= M*(I-1)+J
C      RX(L)=R(IJ)
C      L= M*(J-1)+I
C      RX(L)=R(IJ)
114 CONTINUE
    LL=1
    DO 116 II=1,M
    III=II*M
    WRITE (5,18) VARS(2,II),(RX(L),L=LL,III)
    LL=II*M+1
116 CONTINUE
C
C      WRITE (5,19)
C      IF (NAME) 97,97,96
C
96 WRITE (5,3)
    DO 115 J=1,K
    L=ISAVE(J)
115 WRITE (5,4) VARS(2,L),XBAR(L),STD(L),RY(J),B(J),SB(J),T(J)
    WRITE (5,5)
    L=ISAVE(MM)
    WRITE (5,4) VARS(2,L),XBAR(L),STD(L)
    GO TO 98
C
97 WRITE (5,3)
    DO 117 J=1,K
    L=ISAVE(J)
117 WRITE (5,44) L,XBAR(L),STD(L),RY(J),B(J),SB(J),T(J)
    WRITE (5,5)
    L=ISAVE(MM)
    WRITE (5,44) L,XBAR(L),STD(L)
C
C      PRINT INTERCEPT, MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT, AND STANDARD
C      ERROR OF ESTIMATE
C
98 RSQ=ANS(2)*ANS(2)*100.
    WRITE (5,6) ANS(1),ANS(2),ANS(3),RSQ
C
C      PRINT ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION
C
C      WRITE (5,7)
C      L=ANS(8)
C      WRITE (5,8) K,ANS(4),ANS(6),ANS(10),L,ANS(7),ANS(9)
C      L=N-1

```

```
SUM=ANS(4)+ANS(7)
WRITE(5,9) L,SUM
IF(NREST) 200,200,120
```

C  
C  
C

```
PRINT TABLE OF RESIDUALS
```

```
120 WRITE(5,2) (PR(II),II=1,8),ICN
WRITE(5,11)
MM=ISAVE(K+1)
DO 140 II=1,N
SUM=ANS(I)
DO 130 J=1,K
L=ISAVE(J)
W(L)=VALS(II,L)
```

```
130 SUM=SUM+W(L)*B(J)
CONTINUE
W(MM)=VALS(II,MM)
REST=W(MM)-SUM
140 WRITE(5,12) II,W(MM),SUM,REST
200 CONTINUE
GO TO 100
300 CONTINUE
```

C

```
1 FORMAT(8A4,74I5)
2 FORMAT(25H MULTIPLE REGRESSION.....8A4 ,//6X,14H SELECTION.....I2//
1)
3 FORMAT(9H0 VARIABLE,5X,4H MEAN,6X,8H STANDARD,6X,11H CORRELATION,4X,10
1H REGRESSION,4X,10H STD. ERROR,5X,8H COMPUTED/6H NO.,18X,9H DEVIATIO
2N,7X,6HX VS Y,7X,11H COEFFICIENT,3X,13H OF REG.COEFF.,3X,7HT VALUE)
4 FORMAT(1H ,A4,6F14.5)
44 FORMAT(1H ,I4,6F14.5)
5 FORMAT(10H DEPENDENT)
6 FORMAT(1H0/10H INTERCEPT,10X,F16.5//23H MULTIPLE CORRELATION ,F13
1.5//23H STD. ERROR OF ESTIMATE,F13.5//,23H PERC VARIATION EXPLAINED,
2F13.2)
7 FORMAT(1H0,21X,39H ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION//,5X,19H
1 SOURCE OF VARIATION,7X,7H DEGREES,7X,6H SUM OF,10X,4H MEAN,12X,7H VA
2LUE/,30X,10H OF FREEDOM,4X,7H SQUARES,9X,7H SQUARES)
8 FORMAT(30H ATTRIBUTABLE TO REGRESSION ,I6,3F16.5/30H DEVIATION F
1ROM REGRESSION ,I6,2F16.5)
9 FORMAT(1H ,5X,5HTOTAL,19X,I6,F16.5)
10 FORMAT(15I5)
11 FORMAT(1H ,15X,18HTABLE OF RESIDUALS//9H CASE NO.,5X,7HY VALUE,5X,
110HY ESTIMATE,6X,8H RESIDUAL)
12 FORMAT(1H ,I6,F15.5,2F14.5)
13 FORMAT(52H NUMBER OF SELECTIONS,NOT SPECIFIED. JOB TERMINATED.)
14 FORMAT(52H THE MATRIX IS SINGULAR. THIS SELECTION IS SKIPPED.)
15 FORMAT(2A4)
16 FORMAT(1X, ' CORRELATION MATRIX BETWEEN VARIABLES')
17 FORMAT(//7X,14(1X,A4,3X))
18 FORMAT(/2X,A4,14F8.4)
19 FORMAT(//2X,' REGRESSION ANALYSIS RESULTS',//)
```

C

```
CALL EXIT
END
```

C  
C  
C

```
SUBROUTINE DATA 3
*****
```

```
SUBROUTINE DATA(M,D)
DIMENSION D(1)
COMMON VALS(75,20),IND
READ(8,3) (D(I),I=1,M)
IND=IND+1
D(8)=D(8)*0.10/100.
D(9)=D(9)*0.20/100.0
D(10)=D(10)*0.30/100.0
D(11)=D(11)*0.40/100.0
D(12)=D(12)*0.50/100.0
D(8)=D(8)+D(9)+D(10)+D(11)+D(12)
DO 2 I=9,12
D(I)=1.0
2 CONTINUE
D(9)=D(2)/D(3)
DO 20 J=1,M
D(J)=ALOG10(D(J))
VALS(IND,J)=D(J)
20 CONTINUE
3 FORMAT(8X,F2.0,2F8.1,F6.1,2F5.1,5X,F6.1,1X,F6.1)
RETURN
END
```

C

```
SUBROUTINE CORRE(N,M,IO,X,XBAR,STD,RX,R,B,D,T)
DIMENSION X(1),XBAR(1),STD(1),RX(1),R(1),B(1),D(1),T(1)
COMMON VALS(75,20),IND
```

C  
C  
C

INITIALISATION OF VARIABLES

```
DO 100 J=1,M
R(J)=0.0
T(J)=0.0
K=(M*M+M)/2
DO 102 I=1,K
102 R(I)=0.0
FN=N
L=0
```

C

IF(IO) 105,127,105

C  
C  
C

DATA ALREADY HELD IN STORE

```
105 DO 108 J=1,M
DO 107 I=1,N
L=L+1
107 T(J)=T(J)+X(L)
XBAR(J)=T(J)
108 T(J)=T(J)/FN
```

C

```
DO 115 I=1,N
JK=0
L=1-N
DO 110 J=1,M
L=L+N
D(J)=X(L)-T(J)
```

```
110 B(J)=B(J)+D(J)
DO 115 J=1,M
DO 115 K=1,J
JK=JK+1
115 R(JK)=R(JK)+D(J)*D(K)
GO TO 205
```

C

C

C

READ IN OBSERVATIONS AND COMPUTE TEMPORARY  
MEANS FOR THESE DATA IN T(J)

C

```
127 IF(N-M) 130,130,135
130 KK=N
GO TO 137
135 KK=M
WRITE(5,998) KK
998 FORMAT(//' LABEL 135 KK= ',I5)
137 DO 140 I=1,KK
CALL DATA(M,D)
WRITE(5,999) I,(D(L),L=1,M)
999 FORMAT(I5,5X,12F9.3)
DO 140 J=1,M
T(J)=T(J)+D(J)
L=L+1
140 RX(L)=D(J)
FKK=KK
DO 150 J=1,M
XBAR(J)=T(J)
150 T(J)=T(J)/FKK
```

C

C

C

CALCULATE SUMS OF CROSS-PRODUCTS OF DEVIATIONS  
FROM TEMPORARY MEANS FOR M OBSERVATIONS

```
L=0
DO 180 I=1,KK
JK=0
DO 170 J=1,M
L=L+1
D(J)=RX(L)-T(J)
170 CONTINUE
DO 180 J=1,M
R(J)=R(J)+D(J)
DO 180 K=1,J
JK=JK+1
```

```

R(JK)=R(JK)+D(J)*D(K)
180 CONTINUE
C
C   IF(N-KK) 205,205,185
C
C   READ THE REST OF THE OBSERVED DATA ONE AT A TIME SUM THE
C   OBSERVATIONS AND COMPUTE SUMS OF CROSS-PRODUCTS OF
C   DEVIATIONS FROM TEMPORARY MEANS
185 KK=N-KK
C
C   IK=N-KK
C   DO 200 I=1, KK
C   JK=0
C   IKK=IK+I
C   CALL DATA(M,D)
C   WRITE(5,999) IKK, (D(LOOP), LOOP=1,M)
C   DO 190 J=1,M
C   XBAR(J)=XBAR(J)+D(J)
C   D(J)=D(J)-T(J)
C   B(J)=B(J)+D(J)
190 CONTINUE
C   DO 200 J=1,M
C   DO 200 K=1,J
C   JK=JK+1
C   R(JK)=R(JK)+D(J)*D(K)
200 CONTINUE
C   WRITE(5,996)
996 FORMAT(// ' ALL DATA SHOULD NOW HAVE BEEN READ IN' )
C
C   CALCULATE MEANS
C
205 JK=0
C   DO 210 J=1,M
C   XBAR(J)=XBAR(J)/FN
C
C   ADJUST SUMS OF CROSS-PRODUCTS OF DEVIATIONS
C   FROM TEMPORARY MEANS
C
C   DO 210 K=1,J
C   JK=JK+1
C   R(JK)=R(JK)-B(J)*B(K)/FN
210 CONTINUE
C
C   CALCULATE CORRELATION COEFFICIENTS
C
C
C   JK=0
C   DO 220 J=1,M
C   JK=JK+J
220 STD(J)=SQRT(ABS(R(JK)))
C   DO 230 J=1,M
C   DO 230 K=J,M
C   JK=J+(K*K-K)/2
C   L=M*(J-1)+K
C   RX(L)=R(JK)
C   L=M*(K-1)+J
C   RX(L)=R(JK)
C   IF(STD(J)*STD(K)) 225,222,225
222 R(JK)=0.0
C   GO TO 230
225 R(JK)=R(JK)/(STD(J)*STD(K))
230 CONTINUE
C
C   CALCULATE STANDARD DEVIATIONS
C
C   FN=SQRT(FN-1.0)
C   DO 240 J=1,M
240 STD(J)=STD(J)/FN
C
C   COPY THE DIAGONAL OF THE MATRIX OF SUMS OF CROSS-PRODUCTS
C   OF DEVIATIONS FROM MEANS
C
C
C   L=-M
C   DO 250 I=1,M
C   L=L+M+1
C   D(I)=RX(L)
250 CONTINUE
C   RETURN
C   END)

```

SUBROUTINE MINV(A,N,D,L,M)  
DIMENSION A(1),L(1),M(1)

C  
C  
C

SEARCH FOR LARGEST ELEMENT

D=1.0  
NK=-N  
DO 80 K=1,N  
NK=NK+N  
L(K)=K  
M(K)=K  
KK=NK+K  
BIGA=A(KK)  
DO 20 J=K,N  
IZ=N\*(J-1)  
DO 20 I=K,N  
IJ=IZ+I  
10 IF(ABS(BIGA)-ABS(A(IJ))) 15,20,20  
15 BIGA=A(IJ)  
L(K)=I  
M(K)=J  
20 CONTINUE

C  
C  
C

INTERCHANGE ROWS

J=L(K)  
IF(J-K) 35,35,25  
25 KI=K-N  
DO 30 I=1,N  
KI=KI+N  
HOLD=-A(KI)  
JI=KI-K+J  
A(KI)=A(JI)  
30 A(JI)=HOLD

C  
C  
C

INTERCHANGE COLUMNS

35 I=M(K)  
IF(I-K) 45,45,38  
38 JP=N\*(I-1)  
DO 40 J=1,N  
JK=NK+J  
JI=JP+J  
HOLD=-A(JK)  
A(JK)=A(JI)  
40 A(JI)=HOLD

C  
C  
C  
C

DIVIDE COLUMNS BY MINUS PIVOT (VALUE OF PIVOT ELEMENT  
IS CONTAINED IN BIGA)

45 IF(BIGA) 48,46,48  
46 D=0.0  
RETURN  
48 DO 55 I=1,N  
IF(I-K) 50,55,50  
50 IK=NK+I  
A(IK)=A(IK)/(-BIGA)  
55 CONTINUE

C  
C  
C

REDUCE MATRIX

DO 65 I=1,N  
IK=NK+I  
HOLD=A(IK)  
IJ=I-N  
DO 65 J=1,N  
IJ=IJ+N  
IF(I-K) 60,65,60  
60 IF(J-K) 62,65,62  
62 KJ=IJ-I+K  
A(IJ)=HOLD\*A(KJ)+A(IJ)  
65 CONTINUE

C  
C  
C  
DIVIDE ROW BY PIVOT

KJ=K-N  
DO 75 J=1,N  
KJ=KJ+N  
IF (J-K) 70,75,70  
70 A(KJ)=A(KJ)/BIGA  
75 CONTINUE

C  
C  
C  
PRODUCT OF PIVOTS  
D=D\*BIGA

C  
C  
C  
REPLACE PIVOT BY RECIPROCAL  
A(KK)=1.0/BIGA  
80 CONTINUE

C  
C  
C  
FINAL ROW AND COLUMN CHANGE

K=N  
100 K=K-1  
IF (K) 150,150,105

105 I=L(K)  
IF (I-K) 120,120,108

108 JQ=N\*(K-1)  
JR=N\*(I-1)  
DO 110 J=1,N  
JK=JQ+J  
HOLD=A(JK)  
JI=JR+J

A(JK)=-A(JI)  
110 A(JI)=HOLD

120 J=M(K)  
IF (J-K) 100,100,125

125 KI=K-N  
DO 130 I=1,N  
KI=KI+N  
HOLD=A(KI)  
JI=KI-K+J  
A(KI)=-A(JI)

130 A(JI)=HOLD  
GO TO 100

150 RETURN  
END

```
SUBROUTINE MULTR(N,K,XBAR,STD,D,RX,RY,ISAVE,B,SB,T,ANS)
DIMENSION XRAP(1),STD(1),D(1),RX(1),RY(1),ISAVE(1),B(1),
1 SB(1),T(1),ANS(10)
```

C

```
MM=K+1
```

C

C

C

```
BETA WEIGHTS
```

```
DO 100 J=1,K
```

```
100 B(J)=0.0
```

```
DO 110 J=1,K
```

```
LI=K*(J-1)
```

```
DO 110 I=1,K
```

```
L=LI+I
```

```
110 B(J)=B(J)+RY(I)*RX(L)
```

```
RM=0.0
```

```
RO=0.0
```

```
L1=ISAVE(MM)
```

C

C

C

```
COEFFICIENT OF DETERMINATION
```

```
DO 120 I=1,K
```

```
RM=RM+B(I)*RY(I)
```

C

C

C

```
REGRESSION COEFFICIENTS
```

```
L=ISAVE(I)
```

```
B(I)=B(I)*(STD(L1)/STD(L))
```

C

C

C

```
INTERCEPT
```

```
120 RO=RO+B(I)*XBAR(L)
```

```
BO=XBAR(L1)-BO
```

C

C

C

```
SUM OF SQUARES ATTRIBUTABLE TO REGRESSION (SSAR)
```

```
SSAR=RM*D(L1)
```

C

C

C

```
MULTIPLE CORRELATION COEFFICIENT
```

```
122 RM=SQRT(ABS(RM))
```

C

C

C

```
SUM OF SQUARE OF DEVIATION FROM REGRESSION (SSDR)
```

```
SSDR=D(L1)-SSAR
```

C

C

C

```
VARIANCE OF ESTIMATE
```

```
FN=N-K-1
```

```
SY=SSDR/FN
```

C

C

C

```
STANDARD DEVIATIONS OF REGRESSION COEFFICIENTS
```

```
DO 130 J=1,K
```

```
LI=K*(J-1)+J
```

```
L=ISAVE(J)
```

```
125 SB(J)=SQRT(ABS((RX(L1)/D(L))*SY))
```

C

C

C

```
COMPUTED T-VALUES
```

```
130 T(J)=B(J)/SB(J)
```

C

C STANDARD ERROR OF ESTIMATE (SEE)

C 135 SY=SQRT(ABS(SY))

C C F-VALUE

C FK=K  
SSARM=SSAR/FK  
SSDRM=SSDR/FN  
F=SSARM/SSDRM

C C C FILL ANSWER ARRAY FOR OUTPUT

ANS(1)=B0  
ANS(2)=RM  
ANS(3)=SY  
ANS(4)=SSAR  
ANS(5)=FK  
ANS(6)=SSARM  
ANS(7)=SSDR  
ANS(8)=FN  
ANS(9)=SSDRM  
ANS(10)=F  
RETURN  
END

SUBROUTINE ORDER(M,R,NDEP,K,ISAVE,RX,RY)  
DIMENSION R(1),ISAVE(1),RX(1),RY(1)

C C C COPY INTERCORRELATIONS OF INDEPENDENT VARIABLES  
WITH DEPENDENT VARIABLE

MM=0  
DO 130 J=1,K  
L2=ISAVE(J)  
IF(NDEP-L2) 122,123,123  
122 L=NDEP+(L2\*L2-L2)/2  
GO TO 125  
123 L=L2+(NDEP\*NDEP-NDEP)/2  
125 RY(J)=R(L)

C C C COPY A SUBSET MATRIX OF INTER CORRELATIONS AMONG  
INDEPENDENT VARIABLES

DO 130 I=1,K  
L1=ISAVE(I)  
IF(L1-L2) 127,128,128  
127 L=L1+(L2\*L2-L2)/2  
GO TO 129  
128 L=L2+(L1\*L1-L1)/2  
129 MM=MM+1  
130 RX(MM)=R(L)

C C C PLACE THE SUBSCRIPT NUMBER OF THE DEPENDENT  
VARIABLE IN ISAVE(K+1)

ISAVE(K+1)=NDEP  
RETURN  
END

Saida dos resultados do programa FFREGRE

LABEL	135	RK	S										
1	U.778	2.083	2.754	2.345	U.778	0.119	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
2	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
3	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
4	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
5	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
6	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
7	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
8	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
9	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
10	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
11	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
12	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
13	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
14	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
15	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
16	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
17	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
18	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
19	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
20	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
21	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
22	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
23	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
24	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
25	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
26	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
27	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
28	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
29	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
30	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
31	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
32	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
33	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
34	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
35	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
36	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
37	U.778	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
38	U.699	2.137	3.059	2.275	U.778	0.112	2.182	0.078	2.078	0.078	2.078	0.078	2.078
39	U.699	2.388	3.057	2.089	U.482	0.318	3.283	-1.118					
40	U.602	2.638	3.076	2.114	J.315	0.248	3.279	-1.191					
41	U.477	2.081	2.798	1.787	U.479	0.431	3.230	-1.411					
42	U.699	2.744	2.900	1.728	U.502	0.411	3.230	-1.411					
43	U.778	2.900	3.734	2.383	J.176	-0.122	3.230	-1.753					
44	U.778	2.137	3.059	2.275	U.093	0.058	3.130	-1.053					
45	U.778	2.137	3.059	2.275	U.374	-0.108	3.130	-1.053					
46	U.699	2.137	3.059	2.275	U.033	-0.108	3.130	-1.053					
47	U.602	2.507	3.198	1.970	J.546	0.197	3.130	-1.053					
48	U.699	2.137	3.059	2.275	J.155	-0.074	3.130	-1.053					
49	U.778	2.137	3.059	2.275	J.155	-0.074	3.130	-1.053					
50	U.401	2.081	3.174	2.304	U.100	-0.201	3.130	-1.053					
51	U.778	2.137	3.059	2.275	J.263	-0.141	3.130	-1.053					
52	U.699	2.137	3.059	2.275	J.546	0.197	3.130	-1.053					
53	U.699	2.137	3.059	2.275	J.546	0.197	3.130	-1.053					
54	U.699	2.137	3.059	2.275	J.546	0.197	3.130	-1.053					
55	U.401	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
56	U.602	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
57	U.778	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
58	U.699	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
59	U.699	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
60	U.778	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
61	U.699	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
62	U.699	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
63	U.778	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
64	U.699	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
65	U.699	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
66	U.699	2.137	4.409	2.081	J.114	-0.553	3.130	-1.053					
67	U.477	2.137	2.570	1.716	J.739	-0.412	3.130	-1.053					
68	U.778	2.137	4.409	2.081	J.428	-0.200	3.130	-1.053					
69	U.699	2.137	4.409	2.081	J.428	-0.200	3.130	-1.053					
70	U.699	2.137	4.409	2.081	J.428	-0.200	3.130	-1.053					
71	U.778	2.137	4.409	2.081	J.428	-0.200	3.130	-1.053					

ALL DATA SHOULD NOW HAVE BEEN READ IN

MULTIPLE REGRESSION...QBAR REGIAU COMPLETA = 71 BACIAS

SELECTION..... 1

CORRELATION MATRIX BETWEEN VARIABLES

	GRAD	QBAR	AREA	MSL	SIMS	S145	NAAR	FRUD
GRAD	1.0000	0.0671	-0.0380	0.0057	0.4573	0.1305	0.3076	-0.0382
QBAR	0.0671	1.0000	-0.9288	-0.9004	-0.6966	-0.4945	-0.0635	-0.9221
AREA	-0.0380	-0.9288	1.0000	0.9209	-0.7038	-0.6818	-0.1948	0.9840
MSL	0.0057	-0.9004	-0.9209	1.0000	-0.7043	-0.6845	-0.0854	0.9400
SIMS	0.4573	-0.6966	-0.7038	-0.7043	1.0000	0.8122	0.0009	-0.7153
S145	0.1305	-0.4945	-0.6818	-0.6845	0.8122	1.0000	0.1674	-0.6718
NAAR	0.3076	-0.0635	-0.1948	-0.0854	0.0009	0.1674	1.0000	-0.1701
FRUD	-0.0382	-0.9221	0.9840	0.9400	-0.7153	-0.6718	-0.1701	1.0000

REGRESSION ANALYSIS RESULTS

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	CORRELATION	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR OF REG. COEFF.	COMPUTED T-VALUE
AREA DEPENDENT	3.49872	0.64052	0.92878	0.61197	0.03901	20.01597
INTERCEPT						
MULTIPLE CORRELATION			0.92878			

STD. ERROR OF ESTIMATE 0.21162

PERC VARIATION EXPLAINED 66.26

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F VALUE
ATTRIBUTABLE TO REGRESSION	1	19.40930	19.40930	433.29200
DEVIAATION FROM REGRESSION	69	3.09325	0.04483	
TOTAL	70	22.50255		

MULTIPLE REGRESSION.....QBAR REGIAU CEMPLITA - 71 BASIAS

SELECTION..... 1

TABLE OF RESIDUALS			
CASE NO.	Y VALUE	Y ESTIMATE	RESIDUAL
1	0.77885	1.00496	-1.21201
2	2.98293	2.04743	0.93550
3	2.18293	2.04743	0.03550
4	2.18021	2.20773	0.02750
5	2.04118	2.00108	-0.15990
6	2.77250	2.20718	0.56532
7	3.57308	3.57082	0.00226
8	1.00432	1.01581	-0.01149
9	3.74939	3.42198	0.32741
10	3.74939	3.60148	0.14791
11	2.25042	2.27381	-0.02339
12	2.75311	2.82093	-0.06782
13	2.43136	2.68454	-0.25318
14	1.61551	1.71132	-0.09581
15	2.61551	2.41132	0.20419
16	2.77743	3.20107	-0.42364
17	2.98259	2.55590	0.42669
18	2.98259	2.90059	0.08200
19	3.10259	2.95138	0.15121
20	3.10259	2.95138	0.15121
21	1.78273	1.56008	0.22265
22	2.29114	2.55403	-0.26289
23	2.78208	1.99771	0.78437
24	2.28192	2.21447	0.06745
25	2.28192	2.47847	-0.19655
26	3.15366	3.05450	0.09916
27	3.14467	3.22374	-0.07907
28	1.00230	1.28140	-0.27910
29	2.11782	2.09249	0.02533
30	3.00700	3.20701	-0.19999
31	2.55444	2.91369	-0.35925
32	2.99303	2.75521	0.23782
33	1.97779	1.71100	0.26679
34			
35	4.02910	3.78863	0.24047
36	3.25010	2.90394	0.34616
37	1.05701	1.98191	-0.92490
38	2.78974	2.26045	0.52929
39	2.38974	2.35359	-0.06385
40	2.03049	2.39297	-0.36248
41	2.08070	2.14509	-0.06439
42	2.24177	2.23393	0.00784
43	2.24177	2.39297	-0.15120
44	2.11720	2.02234	0.09486
45	2.11720	2.57394	-0.45674
46	1.03083	3.17451	-2.14368
47	2.52388	2.47124	0.05264
48	2.52388	2.72294	-0.20906
49	2.44772	2.72294	-0.27522
50	2.56105	2.94333	-0.38228
51	2.25285	3.12297	-0.87012
52	2.31315	2.77794	-0.46479
53	1.05003	1.95374	-0.90371
54	3.33724	3.40711	-0.06987
55	2.27128	2.17020	0.10108
56	2.65935	2.67040	0.00895
57	2.78308	2.73013	0.05295
58	2.05232	2.24911	-0.19679
59	2.53054	2.20581	0.32473
60	1.97851	2.11019	-0.13168
61	2.31971	2.55790	-0.23819
62	2.50253	2.79719	-0.29466
63	1.96018	2.05220	-0.09202
64	1.98056	1.98094	0.00038
65	3.11300	3.13340	-0.02040
66	2.52223	2.62321	-0.10098
67	2.60444	2.27469	0.32975

MULTIPLE REGRESSION.....QBAR REGIAU CEMPLITA - 71 BASIAS

SELECTION..... 2

CORRELATION MATRIX BETWEEN VARIABLES

	GRAD	QBAR	AREA	MSL	SIMS	SIG5	MAAR	FRND
GRAD	1.0000	0.0071	-0.0380	0.0057	0.0573	0.1305	0.1076	-0.0382
QBAR	0.0071	1.0000	0.9288	-0.9004	-0.5966	-0.4945	-0.0035	0.9221
AREA	-0.0380	0.9288	1.0000	0.9209	-0.7038	-0.6818	-0.1948	0.9840
MSL	0.0057	-0.9004	0.9209	1.0000	-0.7043	-0.6845	-0.0854	0.9400
SIMS	0.0573	-0.5966	-0.7038	-0.7043	1.0000	0.0122	0.0009	-0.7153
SIG5	0.1305	-0.4945	-0.6818	-0.6845	0.0122	1.0000	-0.1674	-0.6718
MAAR	0.1076	-0.0035	-0.1948	-0.0854	0.0009	-0.1674	1.0000	-0.1791
FRND	-0.0382	0.9221	0.9840	0.9400	-0.7153	-0.6718	-0.1791	1.0000

REGRESSION ANALYSIS RESULTS

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEVIATION	CORRELATION A VS Y	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR OF REG. COEFF.	COMPUTED T VALUE
AREA	3.49072	0.66052	0.92878	0.66200	0.12340	5.27709
DEPENDENT QBAR	2.10162	0.37147	0.90043	0.27518	0.21904	1.25635
QBAR	2.71708	0.56096				

INTERCEPT -0.19971

MULTIPLE CORRELATION 0.93043

STD. ERROR OF ESTIMATE 0.21077

PERC VARIATN EXPLAINED 86.57

ANALYSIS OF VARIANCE FOR THE REGRESSION

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE
ATTRIBUTABLE TO REGRESSION	98	19.40002	0.19740	219.25127
RESIDUAL FROM REGRESSION	98	3.00000	0.03061	
TOTAL	196	22.40002		