

Regionalização de vazões do Rio Grande do Sul

2 - Manual do usuário

COMPANHIA ESTADUAL
DE ENERGIA ELÉTRICA - RS



INSTITUTO DE PESQUISAS
HIDRÁULICAS - UFRGS

CEEE - COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA - RS

REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES DO RIO GRANDE DO SUL

VOLUME II - MANUAL DO USUÁRIO

IPH - INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS - UFRGS

FEVEREIRO/91

REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES DO RIO GRANDE DO SUL

- * CEEE - Companhia Estadual de Energia Elétrica
Superintendência de Obras e Geração
Departamento de Estudos e Geração
Equipe: Eng. Claudio Moreira Krebs
Técnico em Hidrologia: Paulo Cesar Sena Souza**

- * IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS
Coordenador do Projeto: Dr. Carlos Eduardo Morelli Tucci, PhD
Eng. Joel Avruch Goldenfum
Eng. Juan Carlos Bertoni, MSc
Analista: Ricardo Lovatel
Técnicos: Alexandre P. Troviscal
Cesar Augusto Alves
Fernando Fróes
Estagiários: Fernando Genz
Gilberto de Oliveira
Gustavo Simionovschi**

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1 - INTRODUÇÃO | |
| 1.1 Regionalização | 1 |
| 1.2 Variáveis e funções regionalizadas | 3 |
| 1.3 Objetivos deste Manual | 5 |
| 1.4 Região em estudo..... | 6 |
| 2 - VAZÃO MÉDIA | |
| 2.1 Limites de aplicação | 8 |
| 2.2 Metodologia..... | 8 |
| 2.2.1 Introdução..... | 8 |
| 2.2.2 Vazão média de longo período..... | 10 |
| 2.2.3 Curva adimensional de probabilidades..... | 14 |
| 2.3 Exemplos..... | 14 |
| 3 - VAZÃO MÁXIMA | |
| 3.1 Limites de aplicação..... | 19 |
| 3.2 Metodologia..... | 19 |
| 3.2.1 Estrutura geral..... | 19 |
| 3.2.2 Estimativa da vazão média de cheia..... | 22 |
| 3.2.3 Estimativa da probabilidade de cheia adimensional.... | 26 |
| 3.3 Estimativa da vazão máxima..... | 30 |
| 4 - VAZÃO MÍNIMA | |
| 4.1 Limites de aplicação..... | 33 |
| 4.2 Metodologia..... | 34 |
| 4.2.1 Estrutura geral..... | 34 |
| 4.2.2 Determinação da vazão média mínima | 35 |
| 4.2.3 Curva de probabilidade..... | 39 |
| 4.3 Determinação da vazão mínima com duração t..... | 49 |
| 4.4 Estimativa do volume de regularização..... | 49 |
| 4.5 Exemplo..... | 51 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 5 - CURVA DE PERMANÊNCIA | |
| 5.1 Limites de aplicação..... | 52 |
| 5.2 Metodologia..... | 52 |
| 5.2.1 Equações..... | 52 |
| 5.2.2 Roteiro de cálculo..... | 55 |
| 5.3 Exemplo..... | 55 |
| 6 - CURVA DE REGULARIZAÇÃO | |
| 6.1 Limites de aplicação..... | 57 |
| 6.2 Metodologia..... | 58 |
| 6.2.1 Procedimento de cálculo..... | 58 |
| 6.2.2 Roteiro de cálculo..... | 59 |
| 6.3 Exemplo..... | 67 |
| 7 - PROGRAMA APLICATIVO "REHI" | |
| 7.1 Descrição geral do programa..... | 69 |
| 7.2 Implantação do programa..... | 70 |
| 7.3 Operação..... | 71 |

ANEXOS:

ANEXO A - Postos utilizados e período disponível;

ANEXO B - Critérios de seleção dos postos;

ANEXO C - Papéis de probabilidade.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1 - Localização dos postos fluviométricos;
- Figura 2.1 - Fluxograma da metodologia de vazões médias;
- Figura 2.2 - Regiões para vazões médias;
- Figura 2.3 - Mapa de isoietas médias anuais da Região;
- Figura 2.4 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões médias - Regiões I, II e III;
- Figura 2.5 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões médias - Regiões IV, V e VI;
- Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia de vazões máximas;
- Figura 3.2 - Picos da série parcial;
- Figura 3.3 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões máximas - Regiões I, II e III;
- Figura 3.4 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões máximas - Regiões IV, V e VI;
- Figura 4.1 - Fluxograma da metodologia de vazões mínimas;
- Figura 4.2 - Regiões de vazões mínimas segundo as regressões;
- Figura 4.3 - Regiões de vazões mínimas segundo curvas dimensionais;
- Figura 4.4 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões mínimas - Regiões A1, A2 e A3;
- Figura 4.5 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões mínimas - Regiões A4, A5 e A6;
- Figura 4.6 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões mínimas - Regiões A7, A8 e A9;
- Figura 4.7 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões mínimas - Regiões A10, A11 e A12;
- Figura 4.8 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões mínimas - Regiões A13, A14 e A15;
- Figura 4.9 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões mínimas - Regiões A16, A17 e A18;
- Figura 5.1 - Regiões para curvas de permanência;
- Figura 6.1 - Regiões para curvas de regularização
- Figura 6.2 - Curvas de regularização - Regiões I, II e III;
- Figura 6.3 - Curvas de regularização - Regiões IV, V e VI
- Figura 6.4 - Curvas de regularização - Regiões VII, VIII e IX;
- Figura 6.5 - Curvas de regularização - Regiões X e XI;

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1 - Descrição das regiões de vazões médias;
- Tabela 2.2 - Curvas de probabilidade adimensional - Vazões médias;
- Tabela 3.1 - Curvas de probabilidade adimensional - Vazões máximas;
- Tabela 4.1 - Descrição das regiões de vazões mínimas;
- Tabela 4.2 - Curvas de probabilidade adimensional - Vazões mínimas;
- Tabela 6.1 - Curvas regionais de regularização
- Tabela 6.2 - Correspondência entre regiões de vazões médias e curva de regularização

1- INTRODUÇÃO

1.1 Regionalização

O comportamento das bacias hidrográficas é identificado através da distribuição no tempo e no espaço de variáveis como a precipitação e a vazão. Em recursos hídricos existem várias relações utilizadas pelos profissionais para quantificar a disponibilidade hídrica, níveis para navegação, avaliar enchentes e a capacidade de diluição dos rios, entre outros usos da água.

Para obter as referidas relações que retratam as variáveis hidrológicas necessárias aos diferentes projetos, são requeridos dados hidrológicos de níveis e medições de vazões nos locais de interesse. Como a rede de coleta não pode abranger todos locais, devido aos evidentes custos de implantação, operação e manutenção, em muitos pontos de interesse não existem vazões.

A transferência de informações de um local com dados para outro sem dados, nem sempre é realizada com base em todos os dados disponíveis, devido aos seguintes aspectos:

- projetos pequenos que não têm orçamento para estudos hidrológicos mais detalhados;
- pouco conhecimento das técnicas disponíveis de regionalização.

Como consequência, os estudos utilizam poucas informações e podem apresentar incertezas maiores no seu dimensionamento e/ou quantificação hídrica, provocando um custo maior no prejuízo de falha ou de superdimensionamento.

A regionalização hidrológica é um conjunto de procedimentos metodológicos que procura explorar ao máximo os dados existentes numa região, visando a estimativa da variável desejada num local com dados escassos.

Os resultados da regionalização devem se tornar acessíveis a diferentes tipos de usuários, permitindo que projetos pequenos, médios e grandes tenham uma estimativa confiável de acordo com os dados básicos disponíveis.

As dificuldades de obter dados para os estudos em Hidrologia e em Recursos Hídricos levaram o hidrólogo a buscar formas de transferências de informações de um local para outro na bacia.

A escassez de dados tem dois parâmetros básicos: a disponibilidade temporal e espacial da informação. Muitos postos com poucos anos não retratam necessariamente uma amostra representativa de muitos anos.

A regionalização pode ser usada para: aumentar as amostras pontuais e, em consequência, melhorar as estimativas das variáveis; verificar a consistência das séries hidrológicas; identificar a falta de postos de observação e séries históricas.

A regionalização pode ser elaborada para:

- funções estatísticas de variáveis hidrológicas: curva de probabilidade de vazões máximas, médias ou mínimas; curva de probabilidade de precipitações máximas entre outros;
- funções específicas que relacionam variáveis: curva de regularização; curva de infiltração, curva de permanência, etc.;
- parâmetros de modelos hidrológicos: características do hidrograma unitário; N do modelo Soil Conservation Service, etc.;

Neste estudo a regionalização foi realizada para algumas funções estatísticas e funções específicas.

1.2 Variáveis e funções regionalizadas

As variáveis e funções regionalizadas neste estudo são descritas resumidamente a seguir e detalhadas em cada capítulo em que são descritos os procedimentos adotados.

Curva de probabilidade da vazão máxima - A vazão máxima pode ser prevista a curto e a longo prazo. A previsão a longo prazo é a previsão estatística da ocorrência deste valor extremo. A previsão estatística envolve a escolha do risco de que, em um ano qualquer, a vazão obtida possa ser superada. A relação entre a vazão máxima e o referido risco é a curva de probabilidade de vazões máximas. O risco pode ser indicado por uma probabilidade p (por exemplo 5% de risco), ou pelo Tempo de Retorno, definido pelo tempo médio em que uma cheia pode repetir sua ocorrência ($Tr = 100/p$, para p em percentagem).

A curva de probabilidade de vazões máximas é utilizada em diferentes tipos de projetos para estimar vazões e/ou níveis de inundação e projetar obras hidráulicas de controle de enchentes como diques e estruturas extravazoras tais como vertedores e bueiros.

Curva de probabilidade da vazão mínima - A vazão mínima é caracterizada por dois fatores: a sua magnitude e sua duração, como, por exemplo, a vazão mínima de 7 dias de duração. A ocorrência de vazões mínimas de duração t menores que um dado valor, num ano qualquer, tem um risco ou probabilidade. A curva de probabilidade de vazões mínimas relaciona vazão, duração e probabilidade para um determinado local.

A curva de probabilidade de vazões mínimas pode ser utilizada para estimar a vazão mínima de navegação, a capacidade de diluição e o volume de regularização de um rio (método simplificado).

Curva de probabilidade da vazão média - A vazão média é definida pelo seu período de estimativa. A vazão média anual é a média das vazões de um ano e tem um risco de ser maior ou igual a um dado valor, num ano qualquer. A curva de probabilidade de vazões médias relaciona vazão e risco. Normalmente a variável mais utilizada é a vazão média de longo período, que é a média das médias anuais.

A curva de probabilidade de vazões médias permite dar uma visão de conjunto da disponibilidade hídrica média de toda a região. A vazão média de longo período é a maior vazão que pode ser regularizada num curso d'água.

Curva de permanência - A curva de permanência é construída com base em vazões ou níveis e depende do intervalo de tempo destas variáveis. Por exemplo, existem curvas de permanência de vazões médias diárias, mensais, etc. Normalmente a curva de permanência de vazões médias diárias é a mais utilizada. Esta curva é construída relacionando a vazão e a probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais à vazão escolhida, durante o ano. Esta curva é construída com todos os valores do ano.

A curva de permanência tem sido utilizada para dimensionamento de Pequenas Centrais Hidrelétricas, estimativa de níveis de navegação, estimativa preliminar de aproveitamentos hidrelétricos de maior porte e regularização de vazão.

Curva de regularização - Relaciona a demanda e o volume necessário para regularizá-la para um determinado risco de atendimento. Esta curva normalmente é construída com base em vazões mensais. O risco de atendimento pode ser estabelecido com base na série histórica ou através de geração de séries sintéticas, por meio de várias amostras de séries de vazões. Neste estudo utilizou-se a série histórica e 100% de garantia da amostra disponível.

A curva de regularização é uma função que relaciona volume e

demanda para um determinado local, com base em vazões mensais. Esta é outra alternativa para estimativa do volume de regularização de um rio.

1.3 Objetivos deste Manual

O Estudo de Regionalização Hidrológica foi realizado pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) por solicitação da Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), segundo contrato CEEE/SUG-008/89.

O Estudo teve como produto dois volumes:

- **Desenvolvimento da Regionalização:** Neste volume foram descritas as metodologias e resultados da regionalização, justificando os diferentes passos adotados;
- **Manual do Usuário:** Neste volume é descrita, passo a passo, a sequência para utilizar a regionalização no Estado do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina. Sendo assim, neste manual não são descritos os processos de obtenção das curvas e equações, mas apenas como as mesmas devem ser utilizadas.

Este estudo foi baseado em dados históricos disponíveis para a região em estudo. Quanto melhores em qualidade e maiores em período forem as séries de vazões, menores serão as incertezas envolvidas e melhores serão as estimativas obtidas. Neste tipo de estudo o erro envolvido pode ser grande e dificilmente será possível quantificá-lo. No entanto, este procedimento procura extrair o máximo de informações dos dados existentes na região.

Este estudo foi desenvolvido com base em dados disponíveis que envolvem bacias, na sua maioria, com área superior a 300 km², portanto a utilização destes resultados para bacias menores poderá produzir resultados inconsistentes e o usuário deste manual deve estar alerta para não incorrer em erros grosseiros.

1.4 Região em estudo

Este estudo foi desenvolvido para o Estado do Rio Grande do Sul e parte de Santa Catarina. A parte do Estado vizinho envolve a margem direita do Rio Uruguai desde a sua nascente.

Os principais rios que drenam as bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul são: Rio Uruguai, Rio Jacuí, Rio Camaquã e outros contribuintes das Lagoas dos Patos e Mirim.

Para o estudo de regionalização foram identificados todos os postos fluviométricos da região mencionada e selecionados 126 com dados aceitáveis. Na figura 1.1 é apresentada a localização dos postos e no anexo A a identificação e o período de dados disponível. Infelizmente a distribuição destes postos não é uniforme na região. Os postos de melhor qualidade se concentram na bacia do rio Uruguai, enquanto que nas bacias que drenam diretamente para as Lagoas foram poucos os postos selecionados, não permitindo nesta fase a regionalização da maioria das funções propostas.

Os postos utilizados foram qualificados visando esta regionalização, segundo critérios descritos no anexo B. Para maiores detalhes sobre os dados básicos consulte o volume "Desenvolvimento da Regionalização".

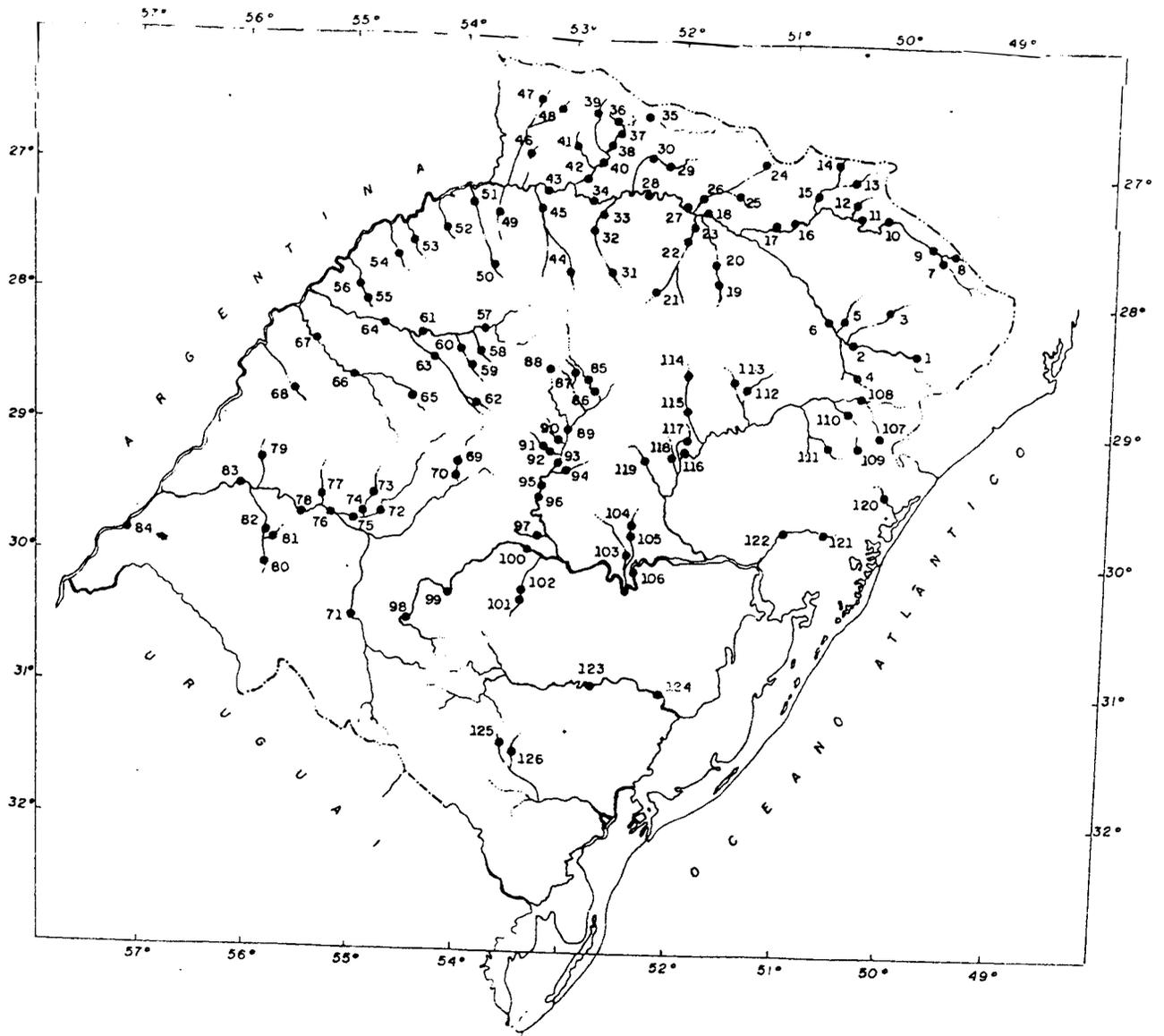


Figura 1.1 - Localização dos postos fluviométricos

2 - VAZÃO MÉDIA

2.1 Limites de aplicação

A regionalização foi realizada com base em postos de bacias, na sua maioria, com área superior a 300 km^2 , portanto o uso dos resultados desta regionalização para bacias muito pequenas pode provocar resultados inconsistentes.

2.2 Metodologia

2.2.1 Introdução

As estimativas normalmente utilizadas da vazão média são:

- vazão média de longo período, Q_{lp} ;
- vazão média Q_p com probabilidade p de ser igualada ou superada;
- vazão média $Q_{p'}$, com probabilidade p' de ser menor ou igual.

Na figura 2.1 é apresentado um fluxograma geral para estimativa destas variáveis. A vazão média de longo período é estimada com base na equação de regressão, e descrita no próximo item.

A vazão média Q_p com probabilidade p de ser igualada ou superada num ano qualquer ($P [Q \geq Q_p]$) é obtida por

$$Q_p = Q_{lp} \cdot Q_p/Q_{lp} \quad (2.1)$$

onde Q_{lp} = vazão média de longo período;

$$Q_p/Q_{lp} = F(p)$$

$F(p)$ = curva de probabilidade adimensional

A vazão média $Q_{p'}$ com probabilidade p' de existirem valores menores ou iguais é obtida pela equação 2.1. Neste caso, deve-se considerar que a curva adimensional de probabilidades foi estabelecida considerando T_r , tempo de retorno para valores maiores

ou iguais. Sendo assim, para utilizar a mesma curva deve-se considerar o seguinte:

- Sendo T_r e p , respectivamente, o tempo de retorno e a probabilidade das vazões serem maiores ou iguais a Q_p , para uso do mesmo gráfico utiliza-se $p' = 1 - p$ e $T' = 1/p'$ na curva de probabilidade adimensional. No item 2.2.3 é apresentada a determinação da curva de probabilidade adimensional.

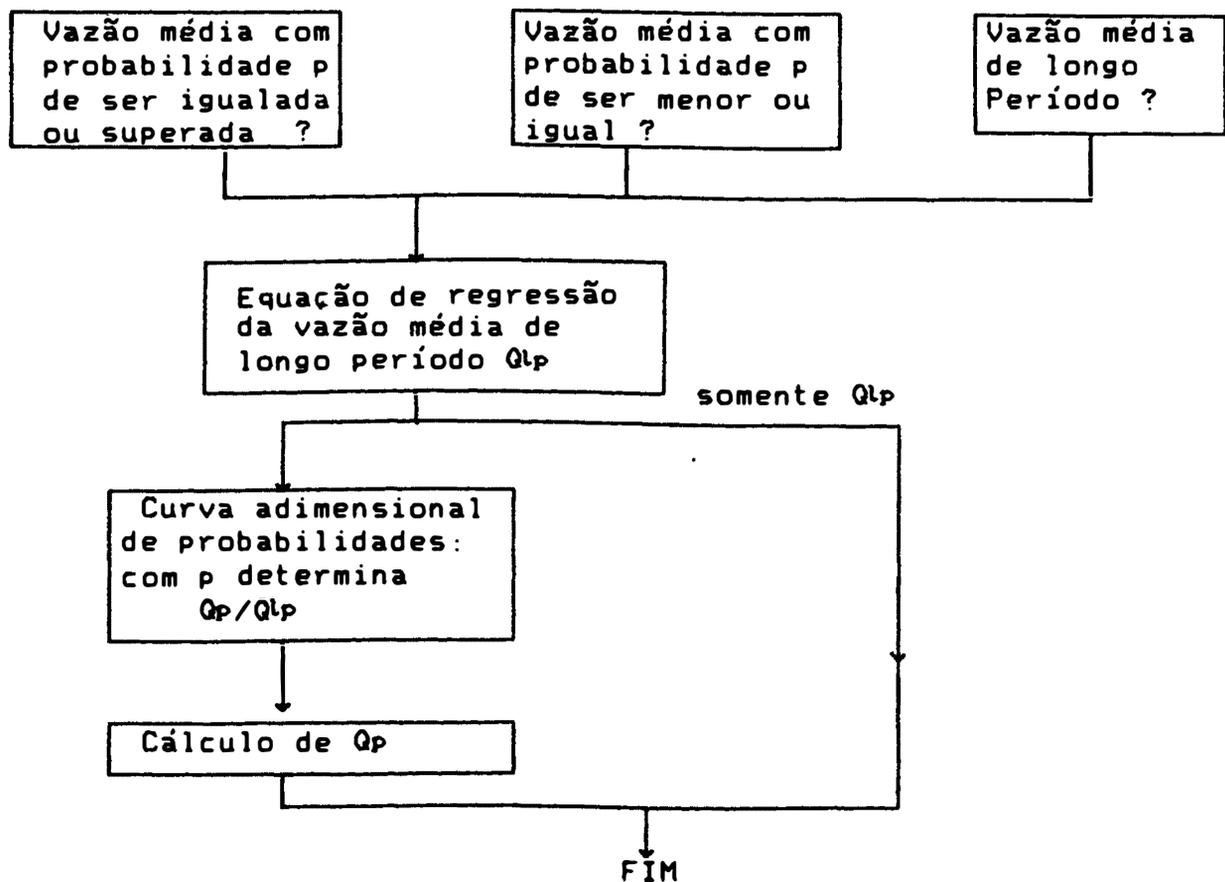


Figura 2.1 Fluxograma da metodologia de vazões médias

2.2.2 Vazão média de longo período

A área de estudo foi dividida em regiões, conforme apresentado na figura 2.2 e na tabela 2.1. Para cada região foi desenvolvida uma equação de regressão. Escolhida a região onde se localiza a bacia em estudo, as equações de regressão são: (A = área da bacia em km² e P = precipitação em m).

REGIÃO I - ALTO URUGUAI

$$Q_{lp} = 0,0170 A^{0,99} P^{0,86} \quad (2.2)$$

REGIÃO II - MÉDIO URUGUAI

$$Q_{lp} = 0,023 A^{0,96} P^{0,69} \quad (2.3)$$

REGIÃO III - ALTO JACUÍ

$$Q_{lp} = 0,031 A^{0,96} P^{0,04} \quad (2.4)$$

REGIÃO IV - MÉDIO JACUÍ E VACACAI

$$Q_{lp} = 0,014 A^{1,01} \quad (2.5)$$

REGIÃO V - RIO TAQUARI

$$Q_{lp} = 0,014 A^{0,99} P^{1,20} \quad (2.6)$$

REGIÃO VI - RIO GUAÍBA E LAGOAS

O número de postos é reduzido; verificou-se que a regressão da região III estima com menor erro os postos da região VI. Portanto, recomenda-se o uso da equação da região III para a estimativa da vazão média de longo período da região VI.

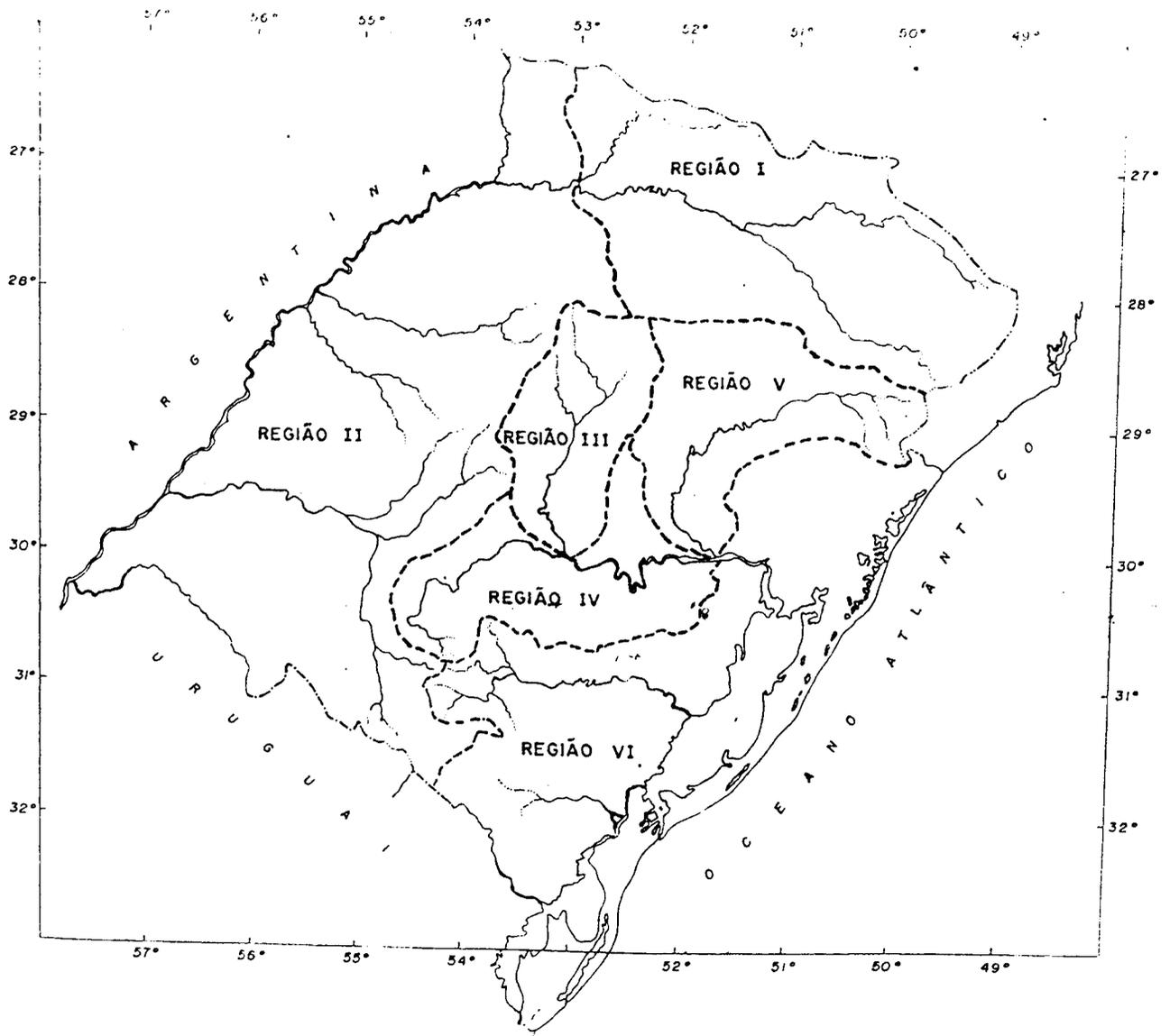


Figura 2.2 - Regiões para vazões médias

Tabela 2.1 - Descrição das regiões de vazões médias

| região | numeração DNAEE | rios |
|--------|-----------------|-----------------------|
| I | 70,71,72 e 73 | Alto Uruguai |
| II | 74,75, 76 e 77 | Médio Uruguai |
| III | parte 85 | Alto Jacui |
| IV | parte 85 | Médio Jacui e Vacacaí |
| V | 86 | Taquari |
| VI | 87,88 | Guaíba e Lagoas |

Área de Drenagem - A área de drenagem de uma bacia é delimitada pela linha do divisor. As escalas de mapas disponíveis são : 1:250.000, 1:100.000 e 1:50.000. O mapa a ser utilizado depende do tamanho da bacia. Para bacias muito pequenas a escala de 1:50.000 pode não ser suficiente, sendo necessário escalas menores.

Precipitação - A precipitação utilizada neste estudo foi a precipitação média anual. Na figura 2.3 é apresentado o mapa de isoietas de precipitação média anual elaborado neste estudo, que permite a determinação da mesma para uma bacia qualquer. A escala deste mapa pode ser inconveniente para bacias pequenas, no entanto a precipitação média desejada não necessita ser excessivamente precisa. O procedimento para determinar uma precipitação média é o seguinte:

- 1- Delimitar a bacia em estudo no mapa de isoietas;
- 2- Definir a área de influência de cada isoietas que passa pela bacia. A área de influência de uma isoietas é aqui entendida como um faixa limitada lateralmente pelas linhas médias entre a isoietas e as duas isoietas laterais contíguas;
- 3- Planimetrar a área de influência de cada isoietas para obter a área A_i da isoietas P_i ;

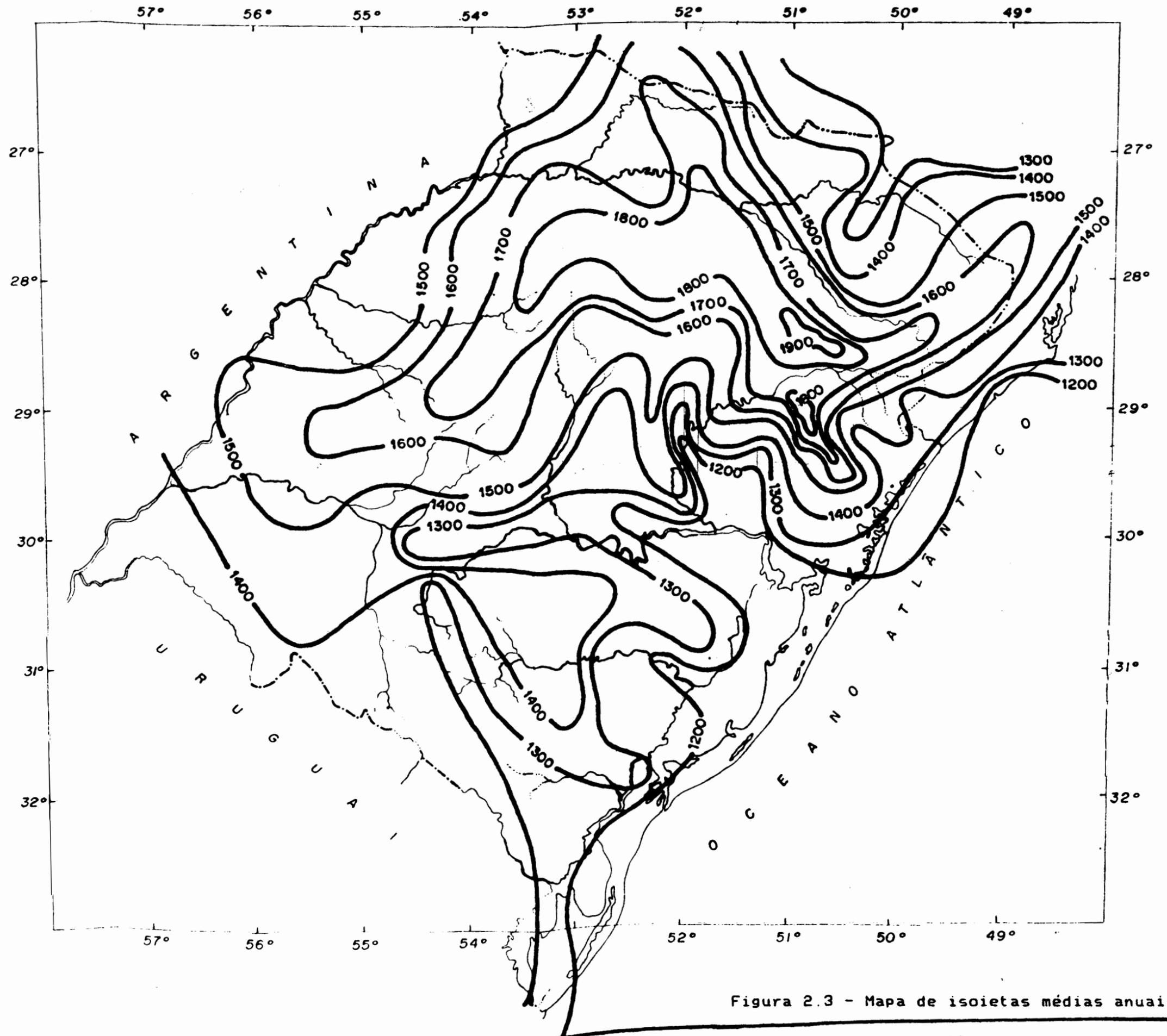


Figura 2.3 - Mapa de isoietas médias anuais

4 - A precipitação média é, então calculada por

$$p = \frac{\sum p_i A_i}{\sum A_i} \quad (2.7)$$

Para bacias muito pequenas basta interpolar a isoietta que passa pela bacia.

2.2.3 Curva adimensional de probabilidades

Escolhida a probabilidade p ou o tempo de retorno T_r , determina-se a vazão adimensional através das funções estabelecidas para cada região. Estas funções são apresentadas na forma de tabela e de figuras. Nas figuras 2.4 e 2.5 e na tabela 2.2 são apresentadas as curvas para todas as regiões. Deve-se ter o cuidado no uso de interpolação linear pois a escala do tempo de retorno é de uma função exponencial e pode apresentar distorções para grandes intervalos.

Para utilizar as figuras ou tabelas, considere que $T_r = 1/p$, p é dado no intervalo $(0,1)$; entrando na abcissa obtém-se na ordenada Q_p/Q_{1p} .

2.3 Exemplos

Exemplo 1 - Determine a vazão média de longo período de uma bacia com 320 km^2 localizada na sub-bacia do rio Taquari, com precipitação média de 1600 mm .

solução - A bacia referida localiza-se na região V onde a equação é a seguinte

$$Q_p = 0,0141 A^{0,00} P^{1,20}$$

e

$$Q_p = 0,0141 (320)^{0,00} (1,6)^{1,20}$$

$$Q_p = 7,49 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{Q_P}{Q_{LP}}$$

Figura 2.4 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões médias - Regiões I, II e III

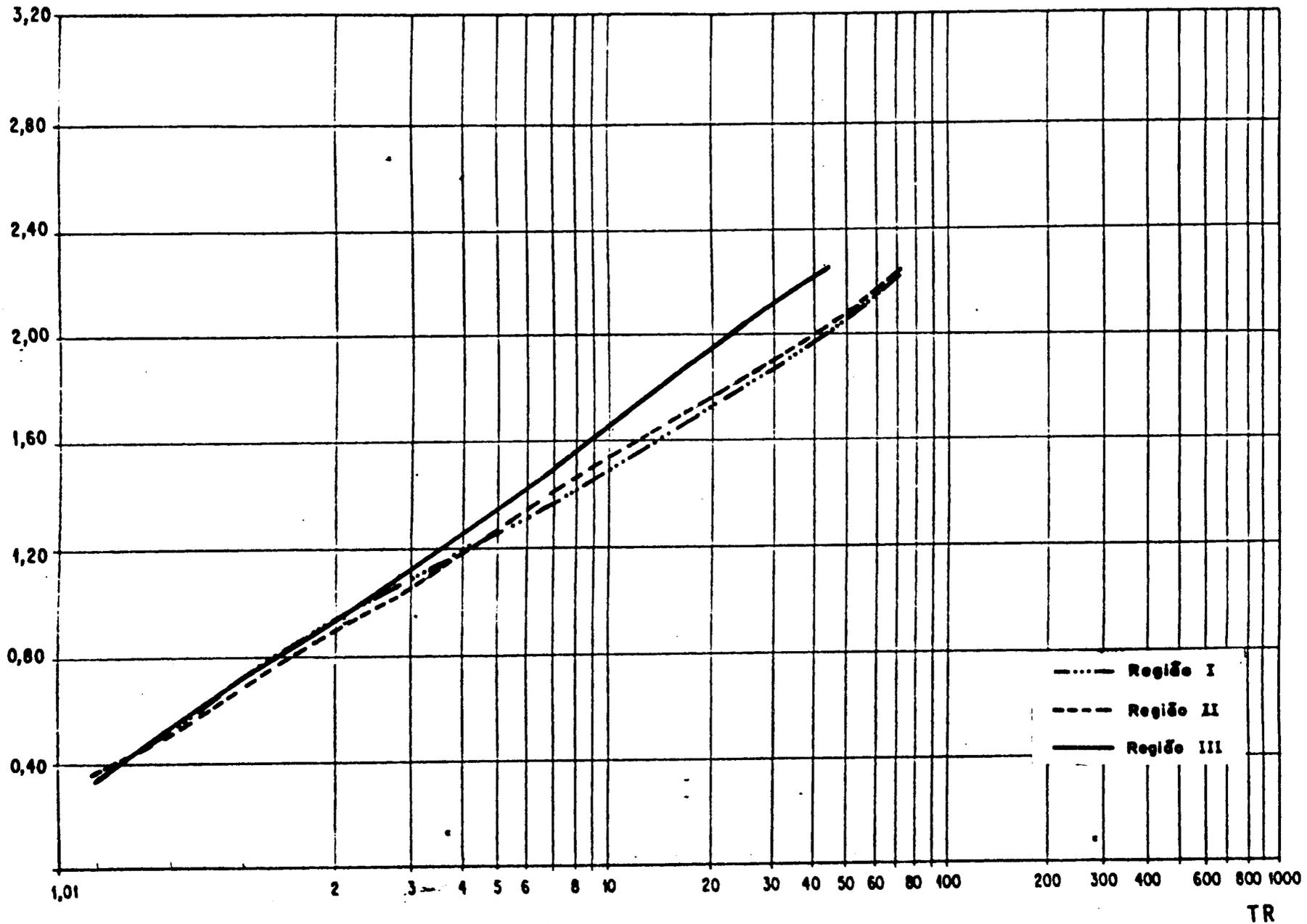


Figura 2.5 - Curvas de probabilidade adimensional

Vazões médias - Regiões IV, V e VI

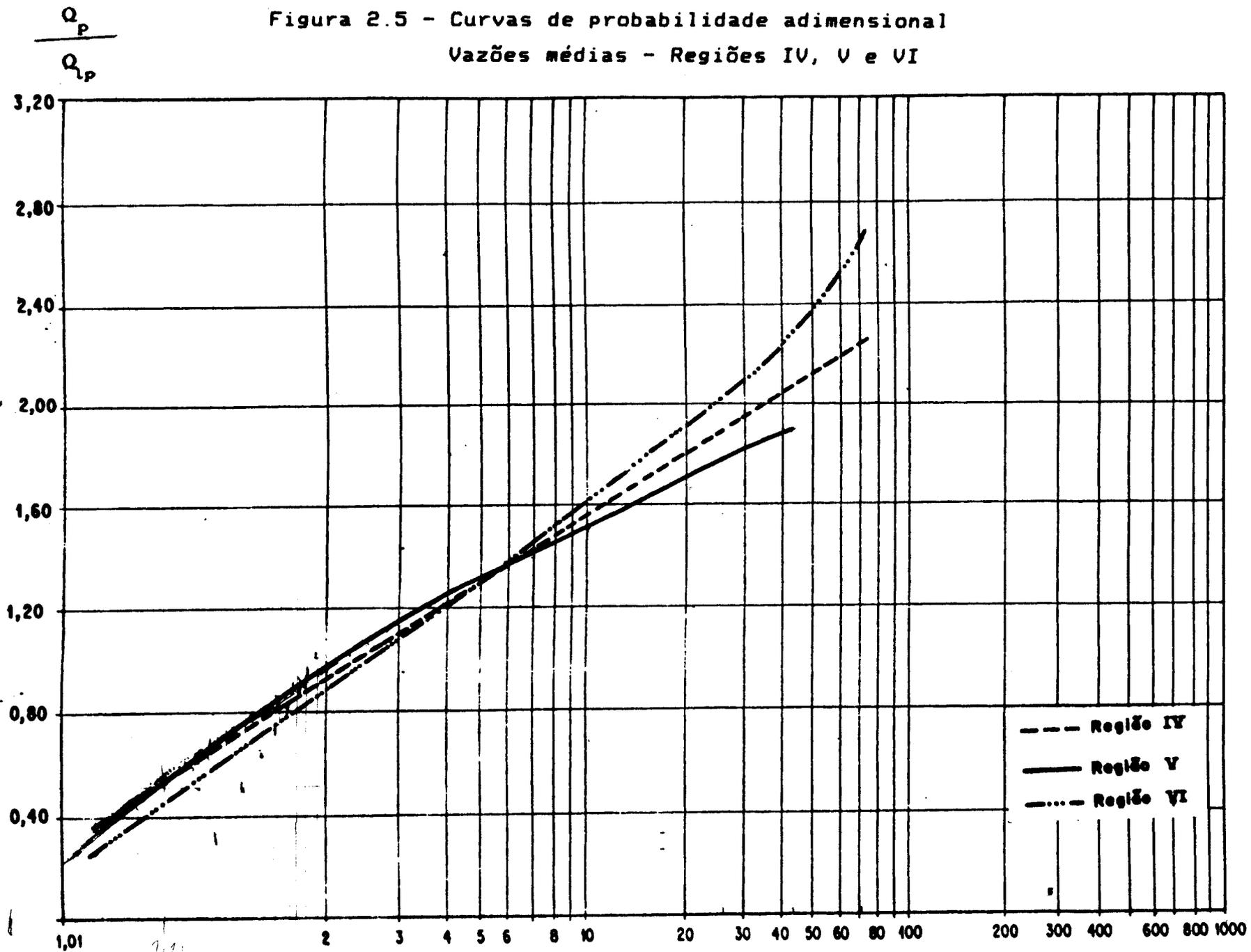




TABELA 2.2 - CURVAS DE PROBABILIDADE ADIMENSIONAL - VAZÕES MEDIAS

| Tr | Qp / Q1p | | | | | |
|-------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|
| anos | REGIAO I | REGIAO II | REGIAO III | REGIAO IV | REGIAO V | REGIAO VI |
| 1.03 | 0.38333 | 0.38610 | 0.35000 | 0.38707 | 0.35857 | 0.25000 |
| 1.14 | 0.58432 | 0.54330 | 0.52000 | 0.52782 | 0.60000 | 0.48291 |
| 1.38 | 0.79139 | 0.72613 | 0.74000 | 0.69418 | 0.72000 | 0.66048 |
| 1.85 | 0.92698 | 0.89006 | 0.87189 | 0.88363 | 0.90000 | 0.85590 |
| 2.66 | 1.07779 | 1.06322 | 1.10219 | 1.06766 | 1.10643 | 1.06000 |
| 4.01 | 1.21794 | 1.24313 | 1.25000 | 1.25744 | 1.25000 | 1.23577 |
| 6.27 | 1.35015 | 1.41000 | 1.47000 | 1.45384 | 1.37000 | 1.39866 |
| 10.00 | 1.52000 | 1.56000 | 1.67000 | 1.66220 | 1.52000 | 1.61102 |
| 16.15 | 1.75000 | 1.72072 | 1.84000 | 1.75000 | 1.64000 | 1.81205 |
| 26.29 | 1.88000 | 1.87014 | 2.08000 | 1.90000 | 1.78000 | 2.07000 |
| 43.02 | 2.03024 | 2.08000 | 2.28000 | 2.10000 | 1.90000 | 2.30000 |
| 70.61 | 2.26000 | 2.26000 | - | 2.28000 | - | 2.68000 |



Exemplo 2 - Determine a vazão média anual com probabilidade de 10% de ser superada num ano qualquer ou 10 anos de tempo de retorno. Verifique a chance de ocorrem vazões maiores ou iguais a esta nos próximos 5 anos. Considere a bacia do exemplo 1.

solução - Na curva de probabilidade adimensional da região V, figura 2.4 e 10 anos obtem-se o valor $Q_p/Q_{lp} = 1,5$. A vazão com probabilidade de 10% ou 0,10 de ser superada é

$$Q_{0,1} = 1,5 \cdot 7,49 = 11,23 \text{ m}^3/\text{s}$$

A chance de ocorrem vazões maiores ou iguais a $11,23 \text{ m}^3/\text{s}$ nos próximos cinco anos é obtida pela expressão

$$P = 1 - (1 - 1/Tr)^n \quad (2.8)$$

onde n é o número de anos e Tr o tempo de retorno. Neste caso, fica

$$P = 1 - (1 - 0,1)^5 = 0,41 \text{ ou } 41 \%$$

Exemplo 3 - Determine para a mesma bacia do exemplo 1 a vazão média anual com 10% de chance de terem valores menores ou iguais.

solução - Neste caso para usar a curva de probabilidade adimensional da região,

$$p' = 1 - 0,1 = 0,9$$

$$T' = 1/0,9 = 1,111$$

Utilizando o gráfico obtem-se $Q_p/Q_{lp} = 0,51$

A vazão desejada é

$$Q_p = 0,51 \cdot 7,49 = 3,82 \text{ m}^3/\text{s}$$



3 - VAZÃO MÁXIMA

3.1 Limites de aplicação

A regionalização das vazões máximas explorou os dados existentes, mas apresenta ainda algumas limitações que de alguma forma ficam implícitas nos resultados finais obtidos. Essas limitações são as seguintes:

- A maioria dos postos apresentou grande extrapolação da curva-chave na sua parte superior;
- Existem poucos postos com linígrafos, portanto os dados utilizados se referem ao máximo de duas medidas diárias. Com base nos dados dos postos com linígrafos observou-se que esta limitação é mais importante para postos com área menor que 1000 km^2 e grande declividade;
- Existem regiões como a afluenta às Lagoas e parte do Guaíba que apresentam poucos dados, o que não permite uma estimativa confiável das funções regionais.

Esses resultados devem ser utilizados para bacias sem regularização a montante da seção desejada. Existem situações em que a regularização é pequena e não influencia o resultado final. Neste caso podem ser utilizadas as funções definidas neste estudo.

Os melhores resultados foram obtidos na parte superior do rio Uruguai, onde os dados são de melhor qualidade e existe um número razoável de postos fluviométricos, além de séries extensas.

3.2 Metodologia

3.2.1 Estrutura geral

A metodologia procura determinar a vazão máxima com uma probabilidade p ou tempo de retorno T_r . Para a determinação desta vazão são necessárias as seguintes etapas:



- 1 - Determinação da vazão média de cheia, Q_{mc} ;
- 2 - Obtenção da vazão adimensional Q_p/Q_{mc} da curva de probabilidades;
- 3 - Cálculo da vazão máxima para tempo de retorno T_r .

A determinação da vazão média de cheia depende da disponibilidade de dados do local de interesse. Quando não existirem dados, a vazão média de cheia é calculada pela equação de regressão, em função das características físicas da bacia e da precipitação. Este procedimento é descrito no item 3.2.2.

Quando existem dados históricos com série menor que 3 anos, deve-se ainda utilizar a equação de regressão referida no parágrafo anterior.

Quando existem de 3 a 5 anos de dados históricos, a vazão média de cheia é determinada por séries parciais, como descrito no item mencionado.

Para bacias com séries históricas superiores a 5 anos, a vazão média de cheia é estimada pela média aritmética das vazões máximas anuais.

Nas duas situações em que existem dados na região, é conveniente calcular o valor da vazão média de cheia a partir da equação de regressão, verificando-se a validade do valor obtido para a vazão média de cheia, pela análise dos valores desta grandeza em bacias contíguas.

A vazão adimensional Q_p/Q_{mc} é obtida da curva de frequência da região em que está localizada a bacia em estudo, a partir do valor de T_r escolhido. Conhecido o valor de Q_p/Q_{mc} e o valor de Q_{mc} (vazão média de cheia), pelo produto desses valores, determina-se a vazão de risco p ou T_r .

Quando, no local em estudo, existir série de pelo menos 15



anos de dados, a curva individual deve ser utilizada para estimar a vazão e comparar com o valor de vazão obtido pela curva regional. Para tempo de retorno superior a $2N$ (N tamanho da amostra do posto), a curva regional pode ser mais confiável. Na figura 3.1 é apresentado um fluxograma resumo do procedimento descrito.

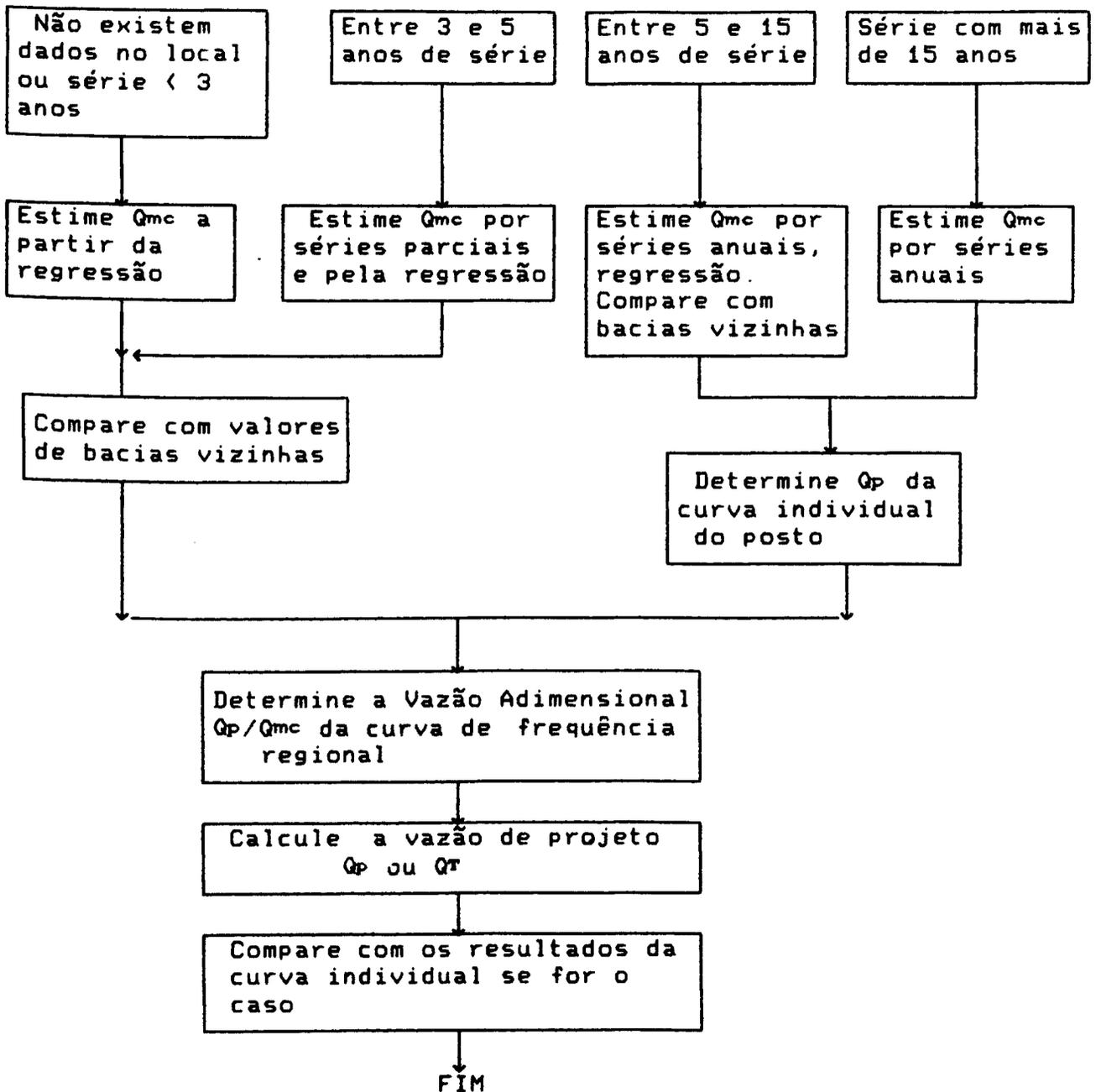


Figura 3.1 - Fluxograma da metodologia de vazões máximas



3.2.2 Estimativa da vazão média de cheia

Equação de regressão - A equação de regressão foi obtida por regressão linear múltipla, com base nos dados registrados em cada região. As regiões definidas são as mesmas do estudo de vazões médias (Figura 2.2 e tabela 2.1).

As equações resultantes são as seguintes:

REGIÃO I - ALTO URUGUAI

$$Q_{mc} = 0,054 A^{0,08} L^{0,71} S^{0,02} \quad (3.1)$$

REGIÃO II- MÉDIO URUGUAI

$$Q_{mc} = 0,450 A^{0,08} P^{0,28} S^{0,25} \quad (3.2)$$

REGIÃO III- ALTO JACUÍ

$$Q_{mc} = 0,0179 A^{1,08} D^{-0,05} \quad (3.3a)$$

Equação alternativa:

$$Q_{mc} = 0,0324 A^{0,14} L^{-1,70} \quad (3.3b)$$

REGIÃO IV - MÉDIO JACUÍ E VACACAÍ

$$Q_{mc} = 4,497 A^{0,00} P^{-2,25} \quad (3.4)$$

REGIÃO V - TAQUARI

$$Q_{mc} = 0,112 A^{1,11} S^{0,42} \quad (3.5)$$

REGIÃO VI RIO GUAÍBA E LAGOAS

O número de postos é reduzido. As regressões obtidas com base em outras regiões não se mostraram confiáveis para os valores



disponíveis nesta região.

Nas equações anteriores as variáveis são: A= área de drenagem em km^2 ; P = Precipitação média Anual em mm; D= densidade de drenagem medida pelo número de confluências no mapa em escala 1:250.000; S = declividade em m/km; L = comprimento do rio principal em km; Q_{mc} = vazão média de cheia em m^3/s .

O procedimento para obtenção da área de drenagem e da precipitação foi descrito no capítulo 2.

Densidade de Drenagem D - A estimativa da densidade de drenagem é obtida a partir da contagem do número de confluências no mapa em escala 1:250.000. Este fator pode ficar distorcido para bacias muito pequenas. Neste caso sugerimos utilizar alternativamente a equação seguinte em que este fator não está envolvido.

Comprimento do rio principal L - O rio principal é definido pelo curso d'água que drena a maior área e pode ser medido no mapa nas escalas disponíveis através de um curvímetro;

Declividade S - A declividade pode ser estimada com base nas curvas de nível que interceptam o rio principal, de preferência numa mapa escala 1:50.000. Nos livros básicos de Hidrologia existem vários procedimentos para estimativa da declividade. Um dos procedimentos é o seguinte: a) Determine o nível a 10% (H_{10}) e 85% (H_{85}) do comprimento do rio principal iniciando na seção principal em direção a montante e calcule S por:

$$S = \frac{H_{85} - H_{10}}{L_{85-10}} \quad (3.6)$$

onde L_{85-10} =distância entre os pontos de 85% e 10% do rio Principal.

Determinação da vazão média de cheia com base em séries parciais - O procedimento apresentado por NERC (1975) leva em conta o fato das séries parciais tenderem a dar boas estimativas da vazão para pequenos tempos de retorno. Assim, quando a série é pequena para extremos anuais, a série parcial, que considera vários valores por ano, pode ser representativa para estimar a vazão média de cheia.

Para estabelecer a distribuição de valores máximos em uma série parcial é necessário definir uma vazão Q_0 acima da qual a vazão é considerada extrema (figura 3.2). A escolha desta vazão é subjetiva, sendo sugerido o seguinte procedimento:

- A vazão Q_0 deve ser escolhida de tal forma a resultar em 3 a 4 picos por ano, em média;
- As vazões máximas devem ser independentes entre si e o critério é de que essas vazões devem estar separadas por um tempo três vezes maior que o tempo do primeiro pico e a vazão deve, entre picos, cair a um valor igual ou menor que um terço da descarga do primeiro pico.

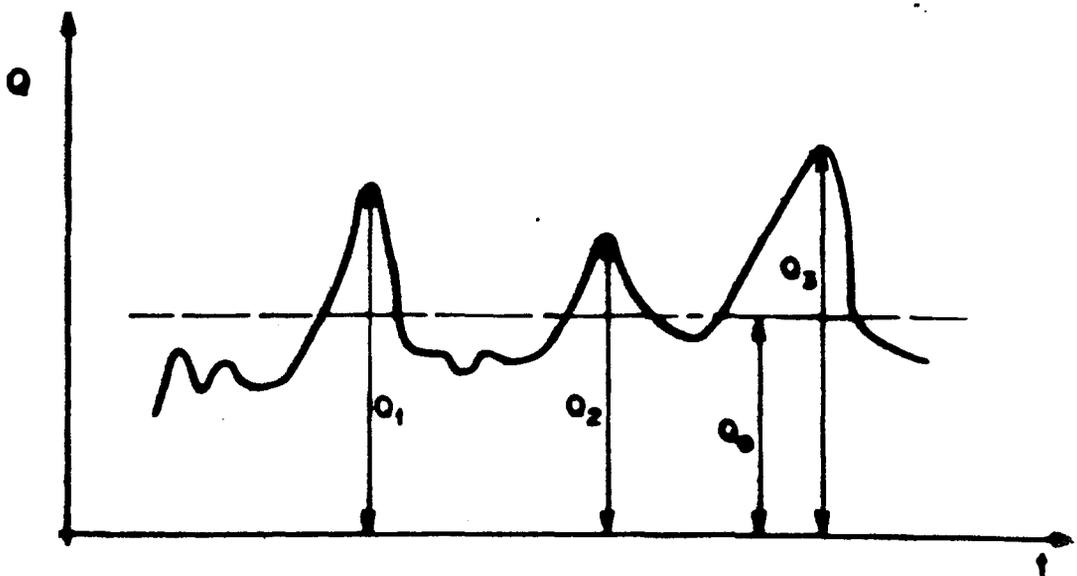


Figura 3.2 - Picos da série parcial



Desta forma serão escolhidas M cheias independentes durante os N anos de registros. Utilizando a distribuição de Poisson, a vazão média de cheia é obtida por:

$$Q_{mc} = Q_0 + B \cdot (\ln L + 0,5772) \quad (3.7)$$

onde $B = \frac{\sum (Q_i - Q_0)}{M}$

$$L = M/N$$

sendo Q_i as vazões máximas selecionadas.

Exemplo 1 - (Eletrobras, 1983) - Determine a vazão média de cheia para os posto do rio Cabaçal por séries parciais. Este posto possui 9 anos de registro, mas para efeito de exemplo foi considerado o período de apenas 4 anos (1973 a 1976).

solução - Adotando $Q_0 = 120 \text{ m}^3/\text{s}$ e utilizando o procedimento descrito, as vazões selecionadas são:

| | | |
|----------|-----|---|
| 22/01/73 | 165 | |
| 16/02/73 | 137 | M = 18 |
| 04/03/73 | 133 | N = 4 |
| 28/11/74 | 319 | L = 4,50 |
| 11/02/74 | 244 | |
| 05/04/74 | 131 | $B = \frac{1106}{18} = 61,44$ |
| 04/01/75 | 214 | |
| 31/01/75 | 163 | $Q_{mc} = 120 + 61,44 \cdot (\ln 4,5 + 0,5772)$ |
| 27/02/75 | 137 | |
| 08/03/75 | 158 | $Q_{mc} = 247,9 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| 04/04/75 | 163 | |
| 01/12/75 | 134 | |
| 02/01/76 | 156 | |
| 20/02/76 | 157 | |
| 04/03/76 | 211 | |
| 28/03/76 | 362 | |
| 13/04/76 | 145 | |
| 27/12/76 | 137 | |



Estimativa da vazão média de cheia a partir de séries anuais - A vazão média de cheia para séries superiores a 5 anos é obtida pela média aritmética das vazões máximas anuais. Este procedimento deve ser comparado com os outros dois métodos quando a série for muito pequena e o período não for representativo da população de ocorrências.

3.2.3 Estimativa da probabilidade de cheia adimensional

Curva de probabilidade adimensional - A curva de probabilidade adimensional relaciona a vazão Q_p/Q_{mc} com a probabilidade p (ou tempo de retorno T_r) da referida vazão ser igualada ou superada.

As curvas de probabilidades das regiões definidas são apresentadas nas figuras 3.3 e 3.4. Estas relações são apresentadas na tabela 3.1.

Para determinar a vazão adimensional Q_p/Q_{mc} , basta escolher o tempo de retorno ($p = 1/T_r$) e a curva da região onde se encontra a bacia, para obter o valor na ordenada, ou seja, Q_p/Q_{mc} .

Curva de frequência individual - Para um posto com série menor que 15 anos de dados, a curva de probabilidade de vazões máximas desse posto deve ser utilizada em conjunto com a curva regional para definir o valor final da vazão de projeto.

Para construir a curva de probabilidade individual do posto pode-se utilizar uma das diferentes distribuições estatísticas utilizadas para vazões máximas encontradas na literatura, como, por exemplo, Log-Pearson III, Gumbel, Log-Normal ou empírica.

O procedimento para o ajuste de um distribuição empírica é o seguinte:

- a- Selecione as vazões máximas de cada ano;
- b- Calcule a vazão média de cheia pela média aritmética dos máximos anuais;

Figura 3.3 - Curvas de probabilidade adimensional

Vazões máximas - Regiões I, II e III

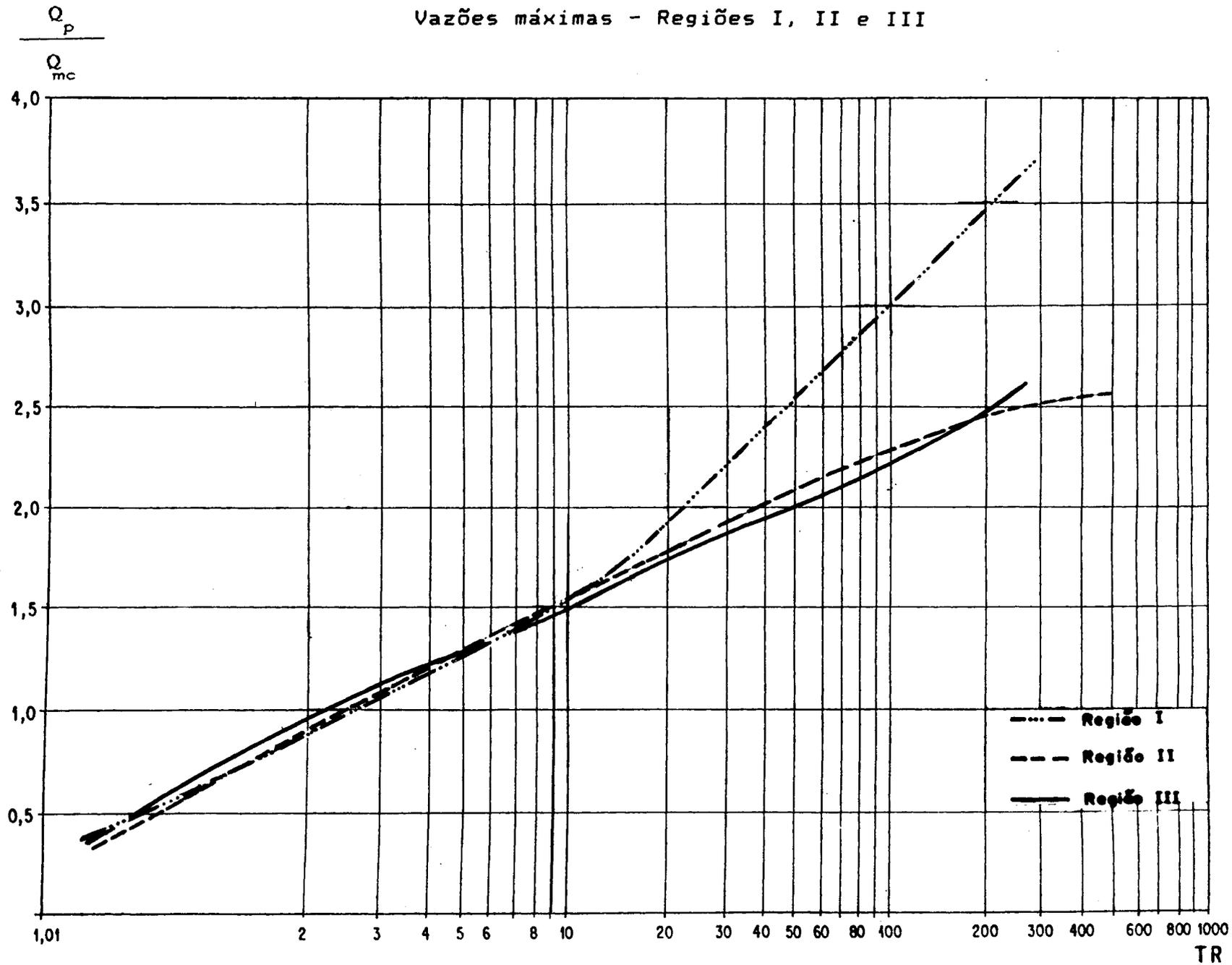


Figura 3.4 - Curvas de probabilidade adimensional
Vazões máximas - Regiões IV, V e VI

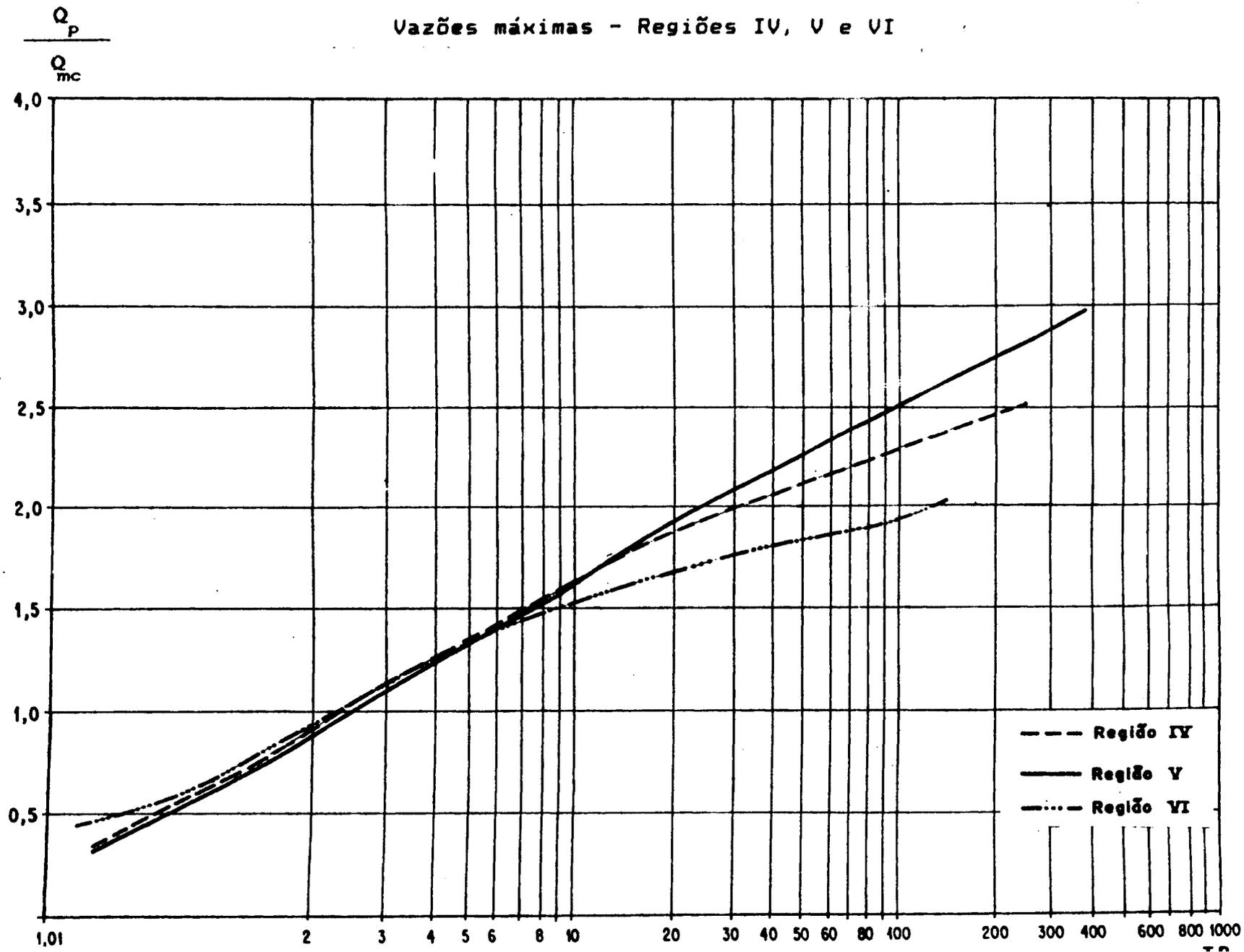




TABELA 3.1 - CURVAS DE PROBABILIDADE ADIMENSIONAL - VAZORES MAXIMAS

| Tr | Qp / Qmc | | | | | |
|-------|----------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|
| anos | REGIAO I | REGIAO II | REGIAO III | REGIAO IV | REGIAO V | REGIAO VI |
| 1.03 | 0.35453 | 0.35833 | 0.38233 | 0.34533 | 0.31839 | 0.45946 |
| 1.14 | 0.51103 | 0.52960 | 0.59878 | 0.52000 | 0.50405 | 0.57194 |
| 1.38 | 0.69430 | 0.72639 | 0.78000 | 0.68217 | 0.66909 | 0.73000 |
| 1.85 | 0.86000 | 0.90801 | 0.92000 | 0.89653 | 0.86274 | 0.90000 |
| 2.66 | 1.03000 | 1.07426 | 1.10000 | 1.11237 | 1.06358 | 1.08000 |
| 4.01 | 1.20796 | 1.24913 | 1.25431 | 1.28000 | 1.25063 | 1.26673 |
| 6.27 | 1.36236 | 1.40990 | 1.38323 | 1.46623 | 1.46000 | 1.41803 |
| 10.00 | 1.55207 | 1.57000 | 1.53000 | 1.62740 | 1.64000 | 1.53000 |
| 16.15 | 1.80200 | 1.74000 | 1.70000 | 1.80000 | 1.83000 | 1.64000 |
| 26.29 | 2.18000 | 1.90000 | 1.84240 | 1.93000 | 2.04000 | 1.72000 |
| 43.02 | - | 2.06000 | 2.00000 | - | 2.20000 | 1.80000 |
| 70.61 | - | 2.21000 | 2.15000 | - | 2.37450 | 1.86000 |



c - Organize as vazões em ordem decrescente, de tal forma que a maior vazão tenha o número de ordem 1 e a menor tenha o número de ordem N (número de anos)

d - A posição de plotagem da vazão de ordem i é obtida pela equação seguinte

$$P_i = \frac{i - 0,44}{N + 0,12} \quad (3.8)$$

onde P_i = probabilidade da vazão ser igualada ou superada
 i = a ordem da vazão Q^* ;
 N = tamanho da amostra.

O tempo de retorno é calculado por $T_i = 1 / P_i$; os pares de valores de Q e T_i são plotados num papel probabilístico (anexo C).
e - Ajuste a sentimento uma curva aos pontos plotados.

3.3 Estimativa da vazão máxima

A vazão máxima é obtida para uma probabilidade p ou tempo de retorno T_r , pelo uso da equação adimensional de probabilidades e da estimativa da vazão média de cheia, ou seja

$$Q_p = \frac{Q_p}{Q_{mc}} \cdot Q_{mc} \quad (3.9)$$

sendo que o fator adimensional é obtido da curva regional, ou seja

$$\frac{Q_p}{Q_{mc}} = F(p) \quad (3.10)$$

e a vazão média de cheia, Q_{mc} , é obtida por um dos procedimentos apresentados, de acordo com os dados disponíveis.

A vazão máxima obtida na regionalização está próxima da vazão máxima diária porque os dados utilizados dos postos são o maior valor de duas observações diárias. Nos projetos, normalmente



deseja-se conhecer a vazão máxima instantânea, que é o maior valor ocorrido. Com base em duas observações diárias a tendência é de subestimar a vazão máxima instantânea em bacias pequenas.

A diferença entre o máximo instantâneo e o máximo diário depende do tempo de concentração da bacia, ou seja, do tempo de resposta. Para bacias pequenas o tempo de concentração é reduzido e responde com grandes gradientes de vazão e valores alto de pico. À medida que a bacia aumenta o gradiente fica reduzido e a diferença entre a vazão máxima instantânea (Q_{mx}) e a vazão máxima diária (Q_{md}) diminui. Outros fatores como a declividade e comprimento do rio, densidade de drenagem, intensidade e distribuição da precipitação influenciam na relação citada.

Neste estudo foi desenvolvida uma equação com base em dados dos rios Uruguai, Iguazu e Itajaí-Açu, que não retrata todos os aspectos da relação citada devido à falta de dados, mas pode ser utilizada para estimar o máximo instantâneo. A equação é a seguinte

$$Q_{mx} = Q_p (1 + 15,03 \cdot A^{-0,58}) \quad (3.11)$$

onde A = área de drenagem em km^2 .

Exemplo 2 - Determine a vazão máxima com tempo de retorno de 10 anos de uma bacia de $500 km^2$ numa sub-bacia do rio Canoas, afluente do rio Uruguai com os seguintes dados: Comprimento 85 km; $S = 1m/km$

solução - A bacia do rio Canoas encontra-se na região I, e a equação de regressão é a seguinte:

$$Q_{mc} = 0,054 A^{0,68} L^{0,71} S^{0,02}$$

substituindo

$$Q_{mc} = 0,054 (500)^{0,68} (85)^{0,71} (1)^{0,02}$$
$$Q_{mc} = 86,61 \text{ m}^3/\text{s}$$



Na curva adimensional da região I, com 10 anos de tempo de retorno obtém-se $Q_p/Q_{mc} = 1,55$

$$Q_p = 1,55 \cdot 86,61 = 134,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazão instantânea estimada fica

$$Q_{mx} = 134,25 \cdot [1 + 15,03 (500)^{-0,58}]$$

$$Q_{mx} = 189,1 \text{ m}^3/\text{s}$$



4 - VAZÃO MÍNIMA

4.1 Limites de aplicação

As vazões mínimas no contexto deste capítulo se caracterizam pelos menores valores das séries anuais. A vazão mínima neste caso deve estar associada a uma duração t . Por exemplo, a vazão mínima de um ano qualquer com duração de 30 dias indica que é o menor valor, do ano, da vazão média de 30 dias consecutivos. Na prática pouca utilidade tem a vazão mínima de 1 dia. Normalmente durações maiores, como 7 dias ou 30 dias apresentam maior interesse ao usuário, já que a sequência de vazões baixas é que representa um risco maior. Por exemplo, a vazão de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno é utilizada para estudos de qualidade d'água em rios.

A curva de probabilidade de vazões mínimas permite a estimativa do risco de que ocorram vazões menores que um valor escolhido. Esta curva de probabilidade é utilizada em estudos de qualidade da água, regularização de vazão para abastecimento d'água e irrigação entre outros.

A metodologia utilizada para a regionalização da vazão mínima é semelhante à utilizada para vazões médias e máximas. As limitações encontradas no estudo de vazões mínimas foram as seguintes:

- incertezas do extremo inferior da curva-chave dos postos utilizados;
- variabilidade dos aquíferos que regularizam as vazões mínimas;
- as amostras disponíveis de dados em algumas regiões, como o Sul do Estado, eram insuficientes.

No volume "Desenvolvimento da Regionalização" estas limitações são discutidas em maior detalhe. As curvas de probabilidade e equações de regressão devem ser utilizadas como uma primeira aproximação das vazões mínimas do local de interesse. Sempre que



possível devem-se efetuar medições locais.

Os resultados obtidos são válidos para locais em que não existam a montante reservatórios que regularizem a vazão. No caso de existir algum reservatório a montante deve-se verificar o impacto que o mesmo tem sobre a seção de interesse.

4.2 Metodologia

4.2.1 Estrutura geral

Da mesma forma que para vazões máximas, o método consiste de três partes:

- determinação da vazão média mínima para duração t , Q_{mt} ;
- obtenção da vazão adimensional $Q_{p,t}/Q_{mt}$ da curva de probabilidade;
- cálculo da vazão $Q_{p,t}$, vazão mínima de duração t dias e Probabilidade p (ou tempo de recorrência T_r).

Adicionalmente, é apresentada uma metodologia para estimativa do volume de regularização com base nos valores de vazão mínima.

A vazão média mínima de duração t pode ser estimada pela equação de regressão regional quando não existem dados ou a série é insuficiente ($N < 5$ anos).

Quando existe série superior a cinco anos devem-se utilizar os dados históricos para determinar a vazão mínima média e comparar o resultado com aquele obtido pela equação de regressão.

A vazão adimensional mencionada é obtida da curva de Probabilidade da região em que está localizada a bacia em estudo, a partir do valor de probabilidade ou tempo de retorno escolhido.

Quando existe série superior a cinco anos e menor que quinze



anos, devem-se comparar os resultados obtidos com a curva individual e regional. Para este caso, em geral, existe maior confiabilidade na curva regional. Quando a série possui pelo menos quinze anos de dados deve-se procurar comparar os resultados e analisar as causas das possíveis diferenças, adotando o resultado mais confiável para o projeto.

O volume de regularização para uma determinada demanda pode ser obtido com base nestes valores de vazão mínima, mas deve ser utilizado como uma primeira estimativa devido às limitações apresentadas a seguir. Na figura 4.1 é apresentado o fluxograma para estimativa da vazão mínima.

4.2.2 Determinação da vazão média mínima

Equação de regressão - A área em estudo foi sub-dividida segundo oito regiões (Figura 4.2). Para cada região foram estabelecidas as equações de regressão entre a vazão média mínima a duração t e variáveis características das bacias. As equações são as seguintes:

$$\text{REGIÃO R1 - } Q_{mt} = 7,6 \cdot 10^{-4} t^{0,27} A^{0,002} P^{1,00} \quad (4.1)$$

$$\text{REGIÃO R2 - } Q_{mt} = 1,92 \cdot 10^{-3} t^{0,28} A^{1,034} \quad (4.2)$$

$$\text{REGIÃO R3 - } Q_{mt} = 1,652 \cdot 10^{-3} t^{0,26} A^{1,02} \quad (4.3)$$

$$\text{REGIÃO R4 - } Q_{mt} = 1,913 \cdot t^{0,48} A^{-0,02} S^{-0,70} D^{1,48} \quad (4.4a)$$

Equação Alternativa:

$$Q_{mt} = 9,376 \cdot 10^{-3} \cdot t^{0,47} \cdot A^{1,12} \cdot L^{-0,07} \quad (4.4b)$$

$$\text{REGIÃO R5 - } Q_{mt} = 6,393 \cdot 10^{-5} t^{0,21} A^{0,006} P^{2,04} L^{2,48} \quad (4.5)$$

$$\text{REGIÃO R6 - } Q_{mt} = 3,636 \cdot 10^{-5} t^{0,02} A^{1,2} S^{0,49} \quad (4.6)$$

$$\text{REGIÃO R7 - } Q_{mt} = 1,271 \cdot 10^{-3} t^{0,42} A^{0,00} \quad (4.7)$$

REGIÃO R8 - Não apresenta resultados consistentes.

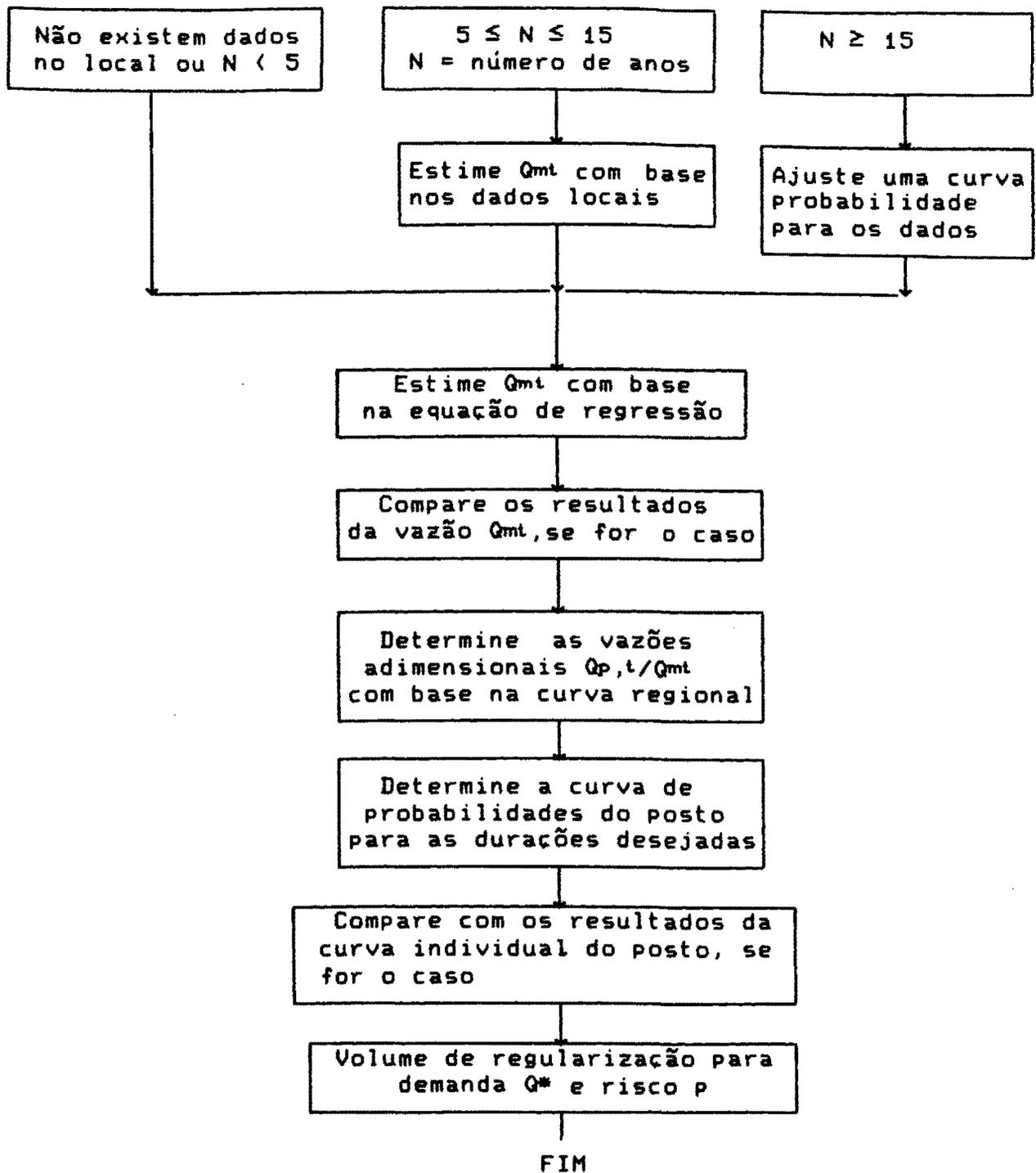


Figura 4.1 Fluxograma da metodologia vazões mínimas

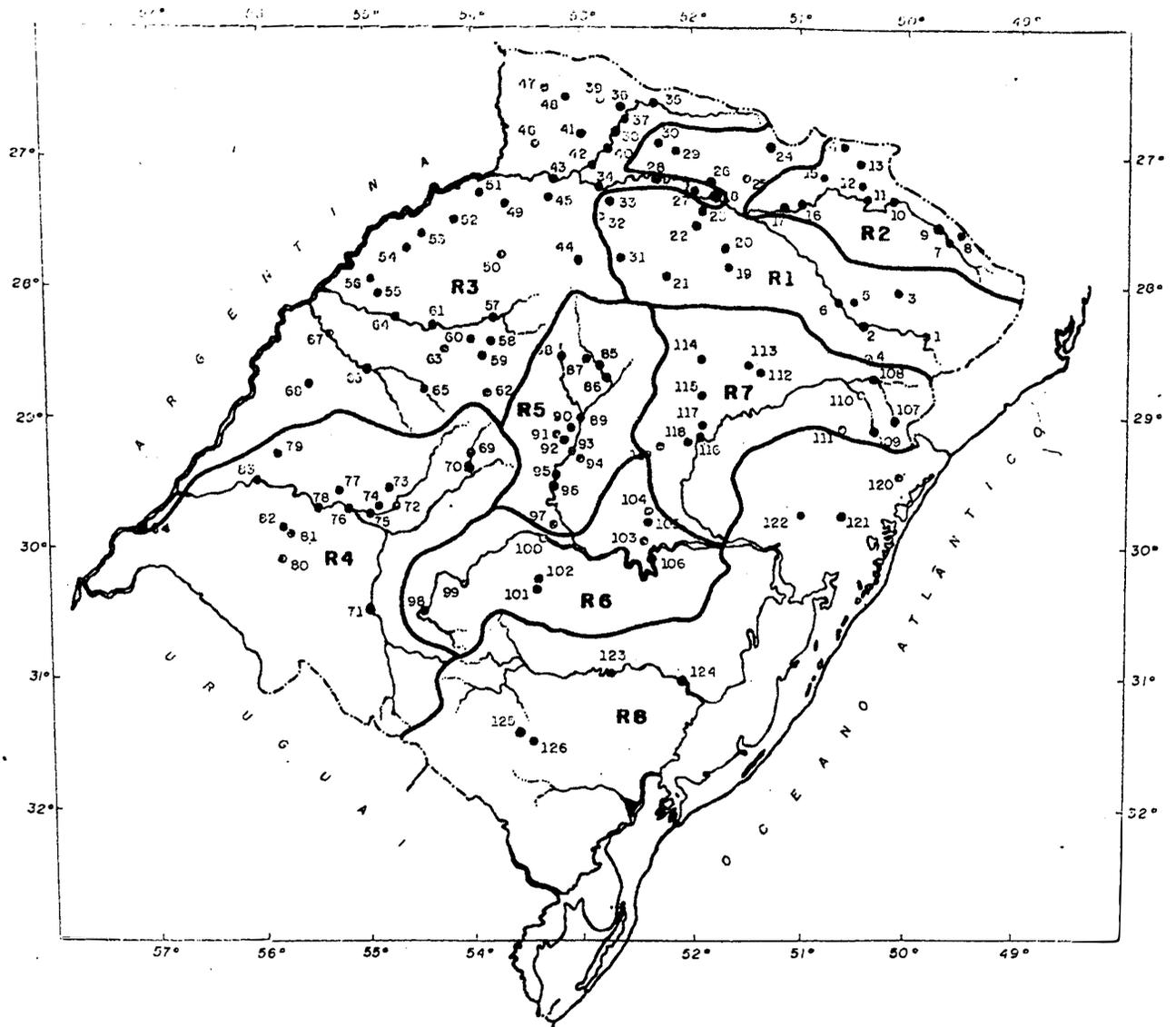


Figura 4.2 - Regiões de vazões mínimas segundo as regressões



Nestas equações, A = área de drenagem da bacia em km²; P = precipitação em m; S = declividade em m/km; D = número de confluências no mapa 1:250.000; L = comprimento do rio em Km.

Estas variáveis independentes são estimadas de acordo com descrição apresentada nos capítulos 2 e 3.

As equações alternativas apresentadas acima permitem a estimativa da variável na falta de informações sobre algumas variáveis independentes que apresentam maior dificuldade de obtenção ou se os resultados obtidos estiverem incoerentes. Anomalias podem ocorrer fora da faixa dos valores utilizados na regressão. A primeira equação é aquela que apresentou a melhor correlação.

Séries Anuais - Inicialmente são definidas as durações para as quais os dados são selecionados. Para cada duração escolhida e para cada posto são selecionados as menores vazões do ano definido pelos meses de julho a junho, desta forma evitando-se que ocorra dependência entre os valores anuais.

Para cada duração t, a vazão média mínima é obtida pela média aritmética, ou seja

$$Q_{mt} = \frac{\sum Q_{i,t}}{N} \quad (4.8)$$

onde $Q_{i,t}$ = vazão mínima de duração t do ano i; N = número de anos. Este valor pode sofrer distorções se existirem valores com risco baixo na série curta. Para evitar este problema, se existir, obtenha Q_{mt} com base na plotagem dos valores num gráfico de probabilidades (item seguinte).



4.2.3 Curva de probabilidade

Curva regional de probabilidades adimensional - A curva de frequência adimensional relaciona a vazão $Q_{p,t}/Q_{mt}$ com a probabilidade ou tempo de retorno da referida vazão ser igualada ou excedida.

As curvas de probabilidades adimensionais estão sub-divididas em regiões adicionais dentro das regiões definidas pela equação de regressão. As regiões são definidas na figura 4.3 e tabela 4.1. Nas figuras 4.4 a 4.9 e na tabela 4.2 são apresentadas as curvas adimensionais de cada região.

Para determinar a vazão adimensional $Q_{p,t}/Q_{mt}$, basta escolher o tempo de retorno na abcissa e a curva da região onde se localiza a bacia, para obter o valor da ordenada.

Curva de probabilidade individual - Existem várias distribuições estatísticas que podem ser ajustadas aos dados de um posto. A seguir será apresentado um dos métodos, que é aquele baseado na distribuição empírica. A sequência metodológica é a seguinte:

- a - Selecione as vazões mínimas de duração t de cada ano;
- b - Ordene as vazões em ordem crescente, de tal forma que a menor vazão tenha o número de ordem 1 e a maior tenha o número de ordem N .
- c - A posição de plotagem da vazão de ordem i é obtida por

$$p_i = \frac{i - 0,4}{N + 0,2} \quad (4.9)$$

- d - Plote os valores de p_i e Q_i num papel de log-normal (Anexo C);
- e - Ajuste uma curva a sentimento aos pontos obtidos. Neste caso a vazão média Q_{mt} deste posto se refere ao tempo de retorno 2 anos.

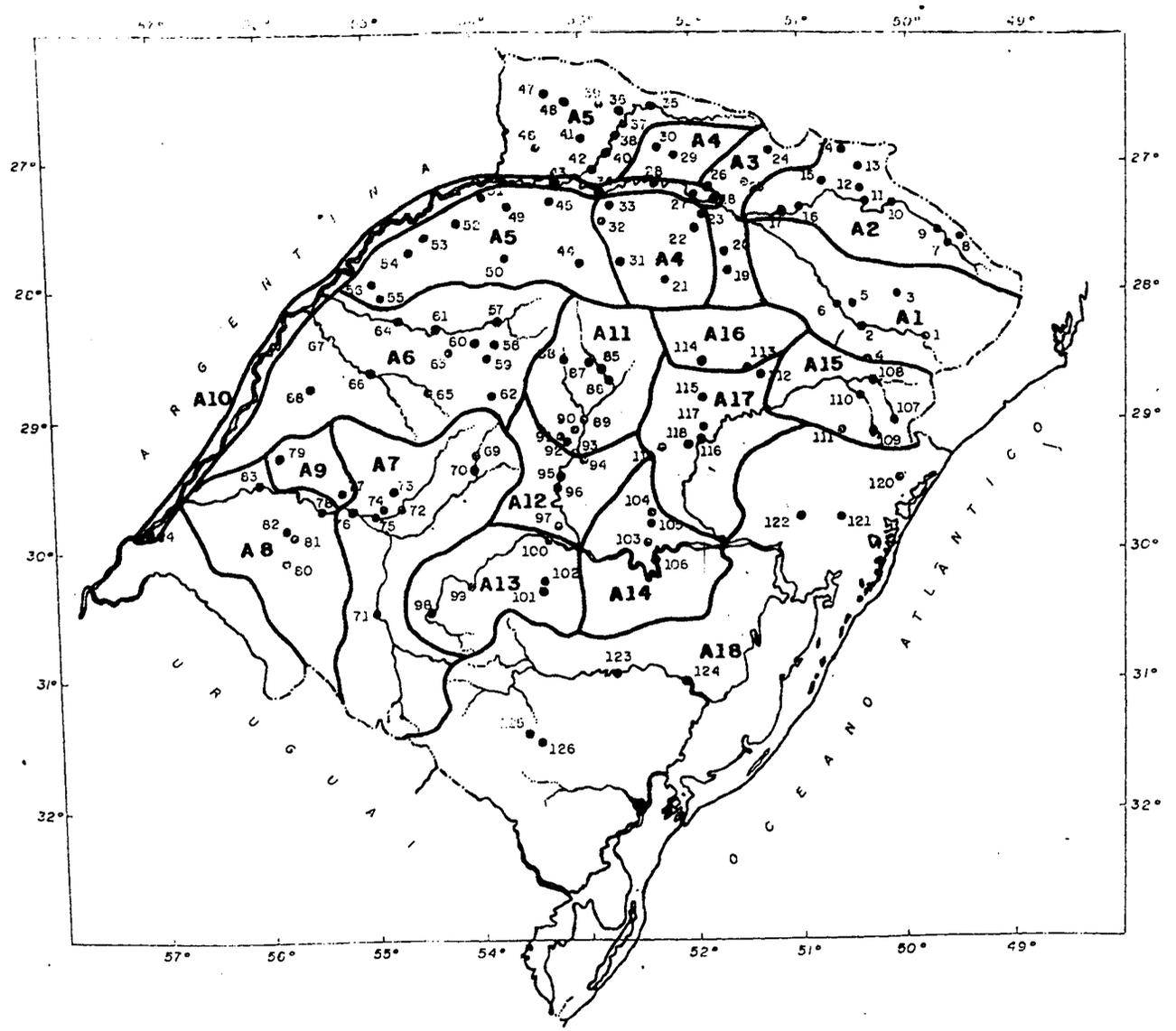


Figura 4.3 - Regiões de vazões mínimas segundo curvas adimensionais

Tabela 4.1 - Descrição das regiões de vazões mínimas

| Regiões segundo curvas de probabilidade adimensional | | |
|--|----------------------------|------------------------|
| Região | Numeração DNAEE | Rios Principais |
| A1 | 70 | Pelotas |
| A2 | 71 | Canoas |
| A3 | 72 (parcial) | Peixe - Forquilha |
| A4 | 72 (parcial) e 73(parcial) | Irani-P.Fundo-Ligeiro |
| A5 | 73 (parcial) e 74(parcial) | Chapecó e Bacia 74 |
| A6 | 75 | Ijuí - Piratinim |
| A7 | 76 (parcial) | Jaguari-Toropi-S.Maria |
| A8 | 76 (parcial) | Ibicuí - Ibirapuitã |
| A9 | 76 (parcial) | Miracatu - Itu |
| A10 | 72, 73, 74 (parciais) e 77 | Eixo do Rio Uruguai |
| A11 | 85 (parcial) | Alto Jacuí |
| A12 | 85 (parcial) | Médio Jacuí |
| A13 | 85 (parcial) | Vacacaí |
| A14 | 85 (parcial) | Pardo |
| A15 | 86 (parcial) | Antas |
| A16 | 86 (parcial) | Prata - Carreiro |
| A17 | 86 (parcial) | Taquari |
| A18 | 87 e 88 | Guaíba - Lagoas |

| Regiões segundo regressões | | |
|----------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Região | Região Curvas Adim | Numeração DNAEE |
| R1 | A1, A3 e A4 | 70,72(parcial),73(parcial) |
| R2 | A2 | 71 |
| R3 | A5, A6 e A10 | 72 e 73(parciais), 74, 75 e 77 |
| R4 | A7, A8 e A9 | 76 |
| R5 | A11 e A12 | 85 (parcial) |
| R6 | A13 e A14 | 85 (parcial) |
| R7 | A15, A16 e A17 | 85 (parcial) |
| R8 | A18 | 87 e 88 |

Figura 4.4 - Curvas de probabilidade adimensional
 Vazões mínimas - Regiões A1, A2 e A3

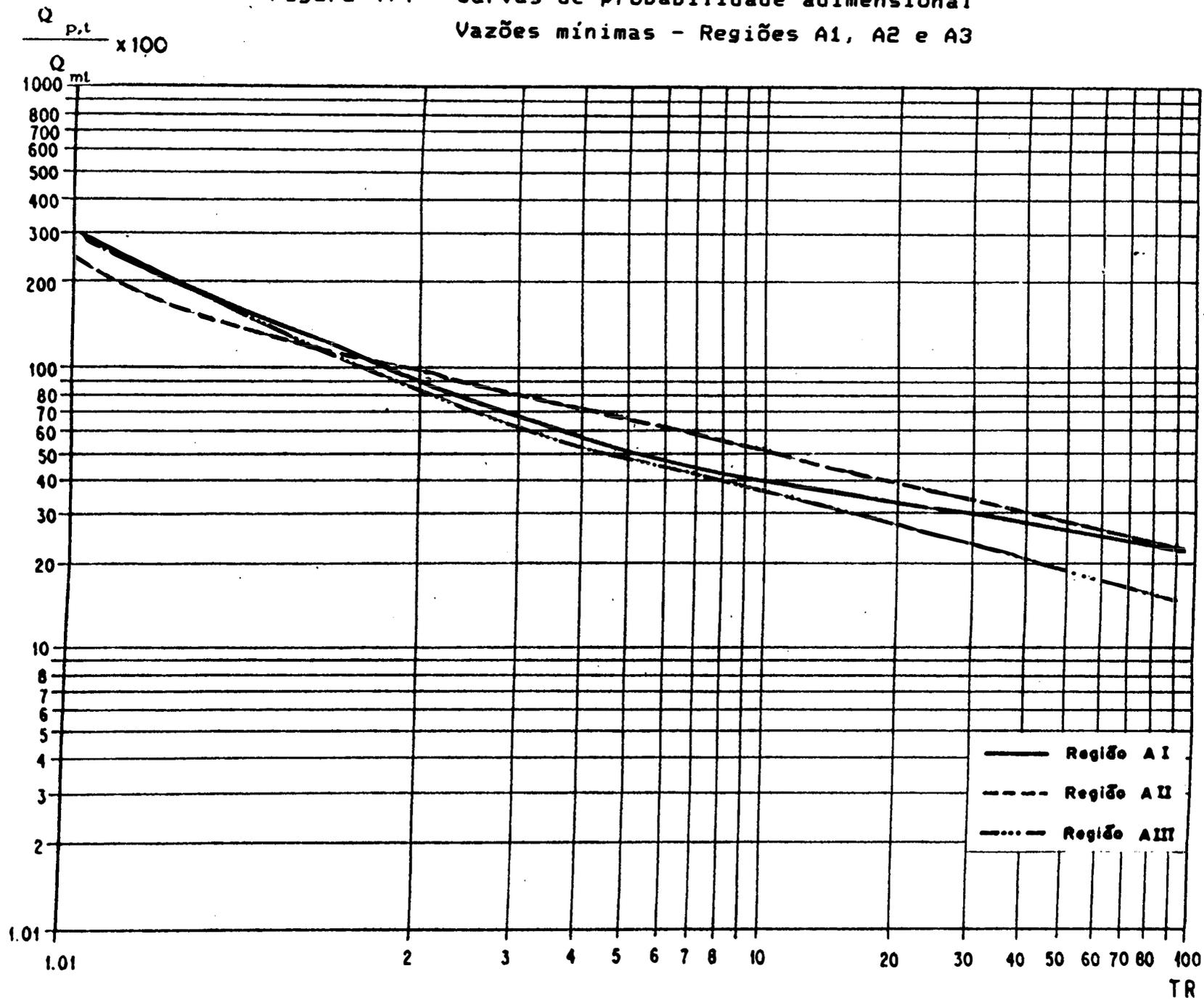
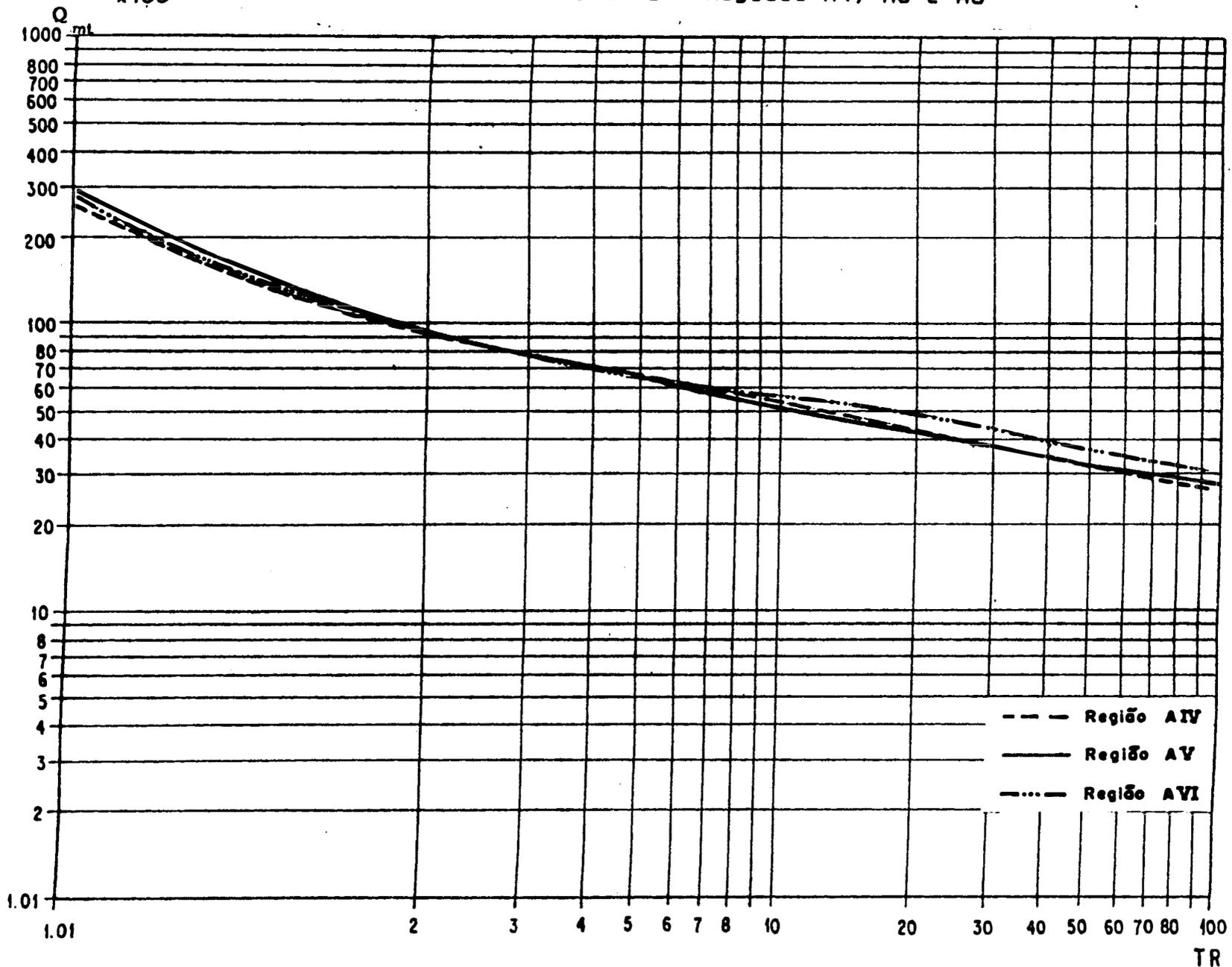


Figura 4.5 - Curvas de probabilidade adimensional

Vazões mínimas - Regiões A4, A5 e A6



43

TR

Figura 4.6 - Curvas de probabilidade adimensional

Vazões mínimas - Regiões A7, A8 e A9

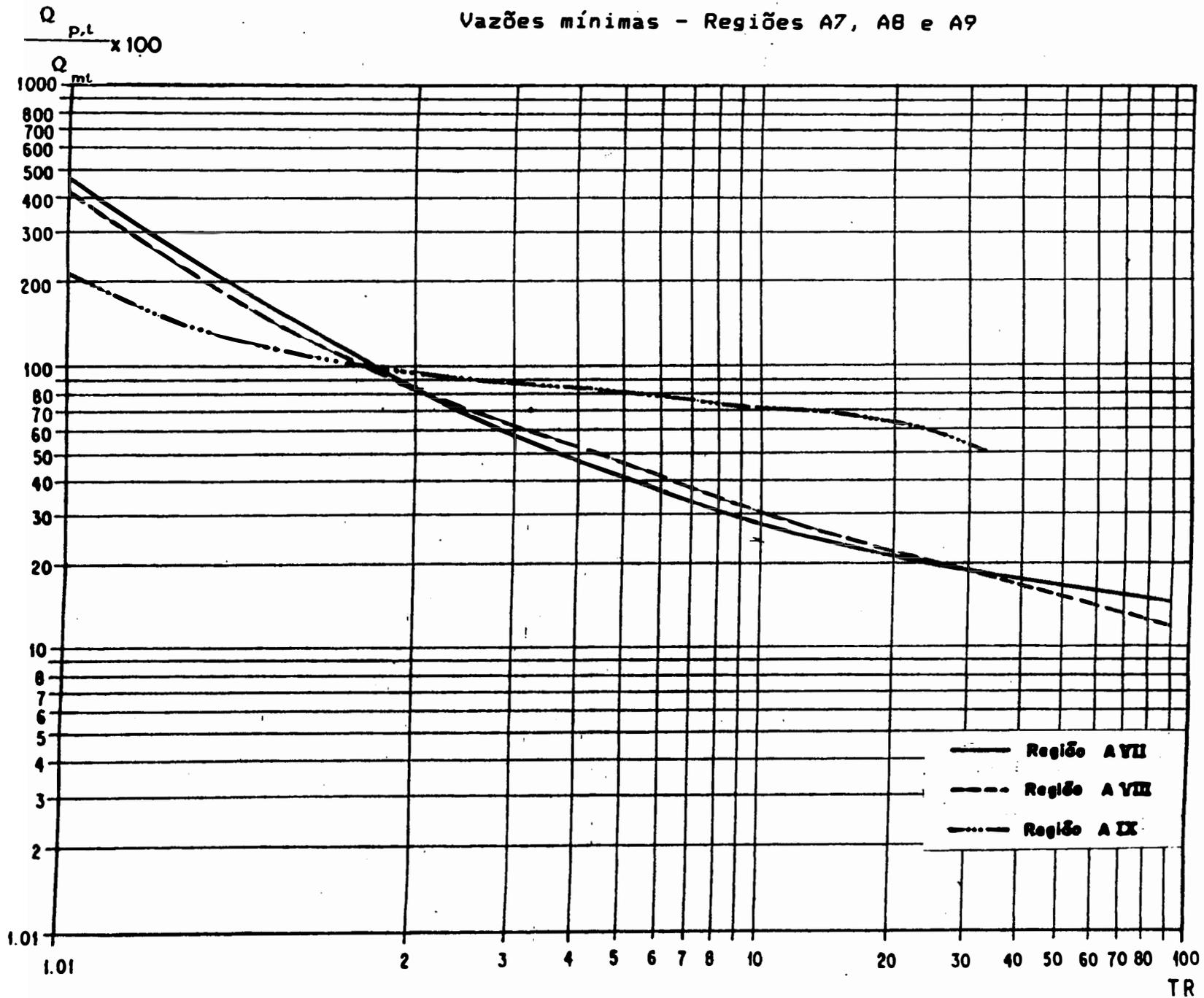
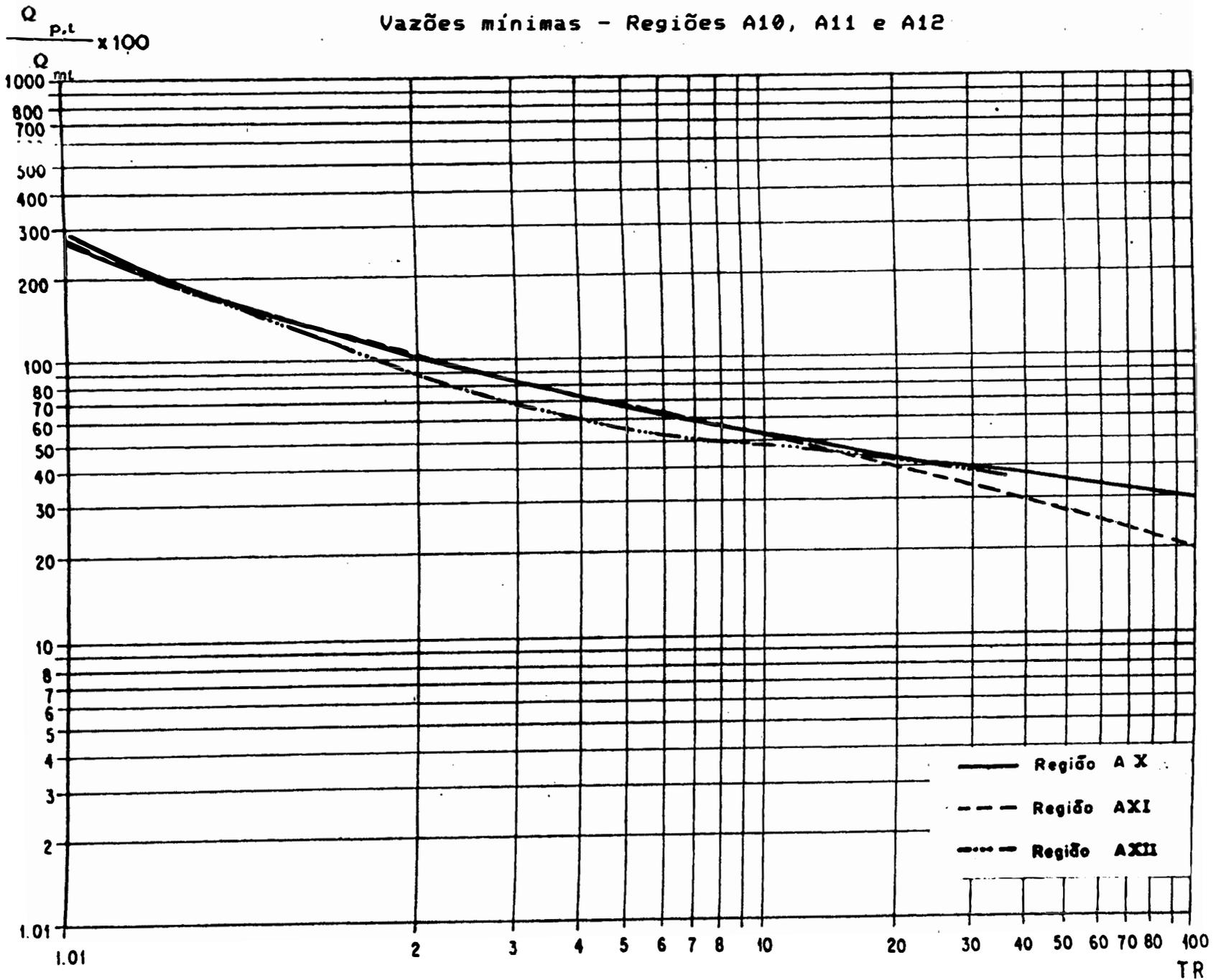


Figura 4.7 - Curvas de probabilidade adimensional

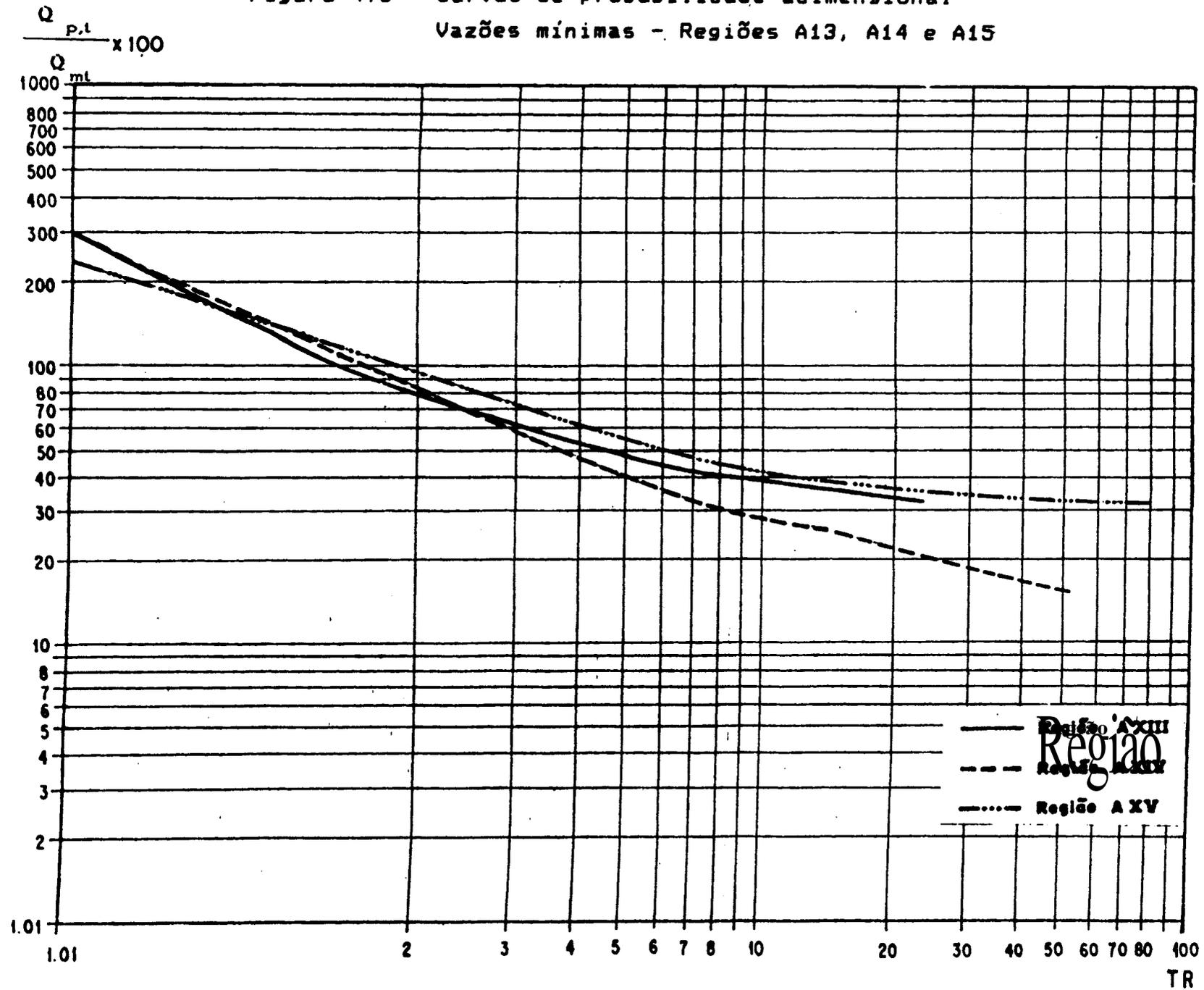
Vazões mínimas - Regiões A10, A11 e A12



119

Figura 4.8 - Curvas de probabilidade adimensional

Vazões mínimas - Regiões A13, A14 e A15



46

Figura 4.9 - Curvas de probabilidade adimensional

Vazões mínimas - Regiões A16, A17 e A18

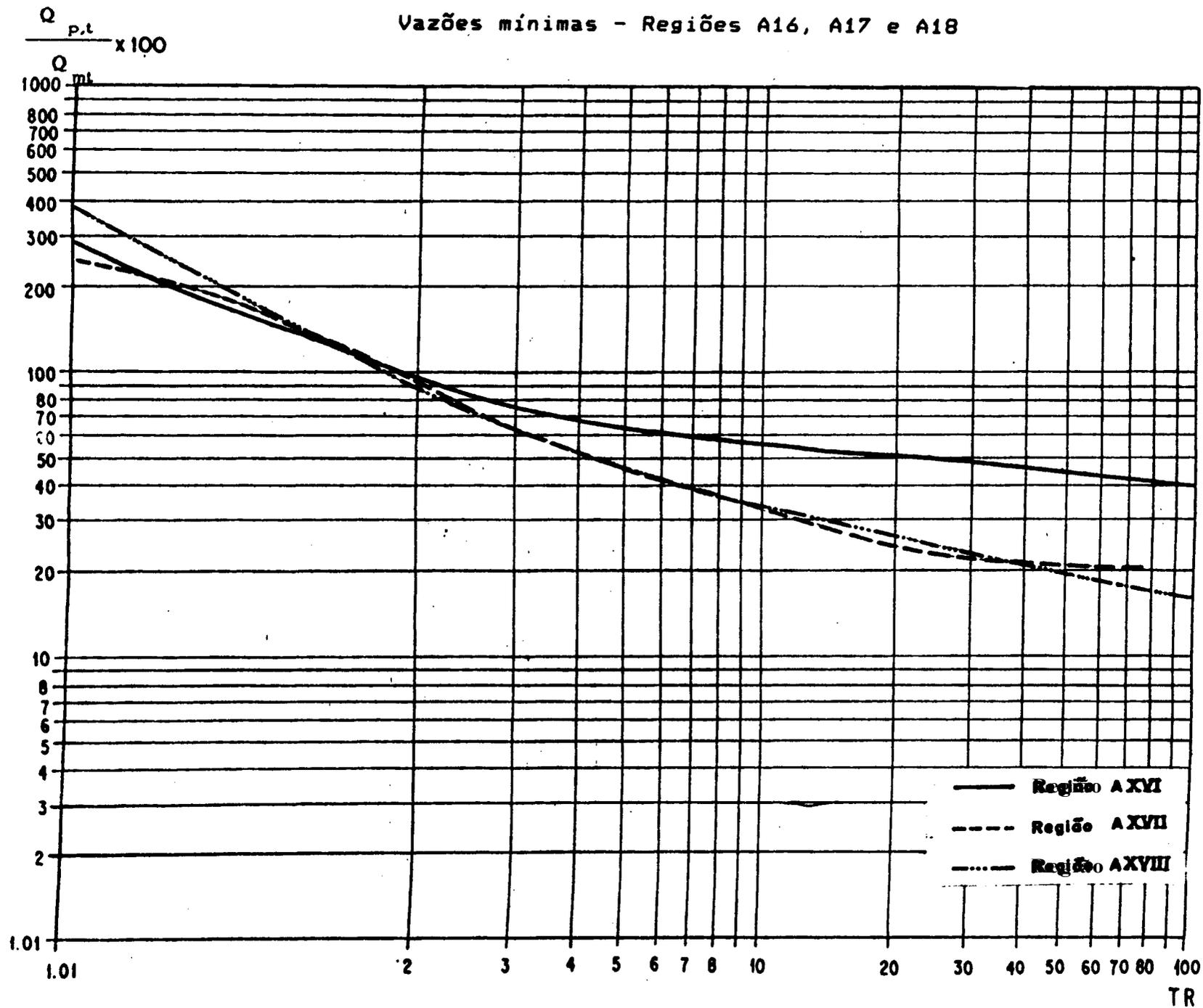


TABELA 4.2 - CURVAS DE PROBABILIDADE ADIMENSIONAL - VAZORES MINIMAS

| Tr | Q p,t / Q mt | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| anos | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | A11 | A12 | A13 | A14 | A15 | A16 | A17 | A18 |
| 1.03 | 2.80 | 2.50 | 2.90 | 2.60 | 2.80 | 2.60 | 4.30 | 4.00 | 2.20 | 2.65 | 2.40 | 2.60 | 2.90 | 2.85 | 2.40 | 2.70 | 2.45 | 3.60 |
| 1.14 | 2.50 | 2.10 | 2.70 | 2.30 | 2.60 | 2.20 | 3.60 | 3.40 | 1.80 | 2.30 | 2.15 | 2.20 | 2.60 | 2.60 | 2.20 | 2.30 | 2.30 | 3.10 |
| 1.38 | 1.80 | 1.60 | 1.80 | 1.70 | 1.80 | 1.65 | 2.30 | 2.10 | 1.50 | 1.70 | 1.70 | 1.80 | 1.80 | 1.90 | 1.80 | 1.80 | 1.90 | 2.20 |
| 1.85 | 1.20 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.20 | 1.10 | 1.10 | 1.00 | 1.05 | 1.15 | 1.20 | 1.10 | 0.95 | 1.15 | 1.20 | 1.10 | 1.20 | 1.15 |
| 2.66 | 0.72 | 0.88 | 0.70 | 0.80 | 0.82 | 0.84 | 0.67 | 0.70 | 0.90 | 0.85 | 0.86 | 0.75 | 0.70 | 0.74 | 0.80 | 0.78 | 0.73 | 0.72 |
| 4.01 | 0.57 | 0.74 | 0.54 | 0.70 | 0.70 | 0.68 | 0.47 | 0.53 | 0.82 | 0.70 | 0.70 | 0.60 | 0.56 | 0.52 | 0.60 | 0.65 | 0.52 | 0.53 |
| 6.27 | 0.48 | 0.62 | 0.45 | 0.60 | 0.58 | 0.62 | 0.36 | 0.41 | 0.77 | 0.59 | 0.59 | 0.54 | 0.47 | 0.39 | 0.48 | 0.57 | 0.39 | 0.40 |
| 10.00 | 0.40 | 0.52 | 0.37 | 0.54 | 0.50 | 0.57 | 0.28 | 0.32 | 0.70 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.41 | 0.33 | 0.40 | 0.53 | 0.33 | 0.34 |
| 16.15 | 0.36 | 0.45 | 0.32 | 0.48 | 0.45 | 0.52 | 0.24 | 0.27 | 0.68 | 0.46 | 0.43 | 0.47 | 0.38 | 0.28 | 0.37 | 0.50 | 0.28 | 0.30 |
| 26.29 | 0.32 | 0.37 | 0.27 | 0.39 | 0.39 | 0.47 | 0.19 | 0.20 | 0.57 | 0.39 | 0.36 | 0.42 | 0.36 | 0.24 | 0.34 | 0.48 | 0.23 | 0.26 |
| 43.02 | 0.28 | 0.30 | 0.22 | 0.33 | 0.34 | 0.39 | 0.17 | 0.17 | - | 0.36 | 0.29 | - | - | 0.19 | 0.32 | 0.43 | 0.22 | 0.22 |
| 70.61 | 0.25 | 0.26 | 0.17 | - | 0.30 | 0.35 | - | 0.14 | - | 0.33 | 0.24 | - | - | - | 0.31 | - | 0.21 | - |

4.3 Determinação da vazão mínima com duração t

A estimativa da vazão mínima com duração t e probabilidade p, $Q_{p,t}$, pode ser obtida com base nas relações regionais ou com base no posto individual. O segundo procedimento foi descrito no item anterior. O uso dos resultados da regionalização envolve a determinação de Q_{mt} (item 4.2.2), $Q_{p,t}/Q_{mt}$ (item 4.2.3) e o uso da equação seguinte

$$Q_{p,t} = Q_{p,t}/Q_{mt} \cdot Q_{mt} \quad (4.10)$$

Utilizando a equação acima para diferentes valores de p e t são construídas as curvas de probabilidades para o posto com poucos dados.

4.4 Estimativa do volume de regularização

Utilizando os resultados da regionalização das curvas de probabilidade de vazões mínimas é possível estimar o volume necessário para regularizar uma vazão Q^* . Detalhes sobre a metodologia podem ser encontrados no volume I "Desenvolvimento da Regionalização" deste estudo.

A equação do volume máximo (este associado ao tempo de retorno T_r) para cada região é apresentada abaixo, onde V é obtido em 10^6 m³; Q^* em m³/s; A em km²; P em m; S em m/km; L em km e D em número de confluências.

$$\text{REGIÃO R1} \quad V = 2,58 \cdot 10^6 \cdot \frac{Q^{*2,7}}{A^{2,08} P^{5,08}} \quad (4.11)$$

$$\text{REGIÃO R2} \quad V = 1,297 \cdot 10^6 \cdot \frac{Q^{*4,0}}{A^{3,09}} \quad (4.12)$$

$$\text{REGIÃO R3} \quad V = 0,664 \cdot 10^6 \cdot \frac{Q^{*3,2}}{A^{3,09}} \quad (4.13)$$

$$\text{REGIÃO R4} \quad V = 3,21 \cdot 10^{-8} \frac{Q^{*2,08} A^{1,91} S^{1,45}}{D^{2,97}} \quad (4.14a)$$

Equação alternativa:

$$V = 2,302 \cdot 10^8 \frac{Q^{*2,107} L^{1,422}}{A^{2,357}} \quad (4.14b)$$

$$\text{REGIÃO R5} \quad V = 0,1334 \cdot 10^6 \frac{Q^{*4,28}}{A^{0,021} P^{11,96} L^{8,14}} \quad (4.15)$$

$$\text{REGIÃO R6} \quad V = 5 \cdot 10^6 \frac{Q^{*2,933}}{A^{2,51} S^{0,94}} \quad (4.16)$$

$$\text{REGIÃO R7} \quad V = 0,94 \cdot 10^5 \frac{Q^{*3,39}}{A^{2,377}} \quad (4.17)$$

Os principais comentários sobre esta metodologia de determinação do volume de regularização são os seguintes:

- Este método admite uma vazão média de duração t e não considera sua flutuação dentro do período t ;
- O período de retorno se refere a chance média de duração t e não considera sua flutuação dentro do período t ;
- O método é recomendável para regularização intra-anual;
- O volume calculado não considera a perda de evaporação pelo reservatório.



4.5 Exemplo - Determine a vazão mínima de 7 dias e tempo de retorno de 10 anos para uma sub-bacia do rio Taquari com 700 km². Determine qual o volume necessário para garantir a vazão obtida.
Solução: O rio Taquari encontra-se na região R7 das equações de regressão, e a equação é a 4.7, ou seja:

$$Q_{mt} = 1,271 \cdot 10^{-3} t^{0,42} A^{0,99}$$

e

$$Q_{mt} = 1,271 \cdot 10^{-3} (7)^{0,42} (700)^{0,99}$$

$$Q_{mt} = 1,89 \text{ m}^3/\text{s}$$

A curva adimensional é a da região A17. Da figura 4.9 ou tabela 4.2, obteve-se, para $T_r = 10$ anos, $Q_{p,t}/Q_{mt} = 0,33$.

A vazão resultante fica

$$Q_{p,t} = Q_{10,7} = 0,62 \text{ m}^3/\text{s}$$

O volume necessário para regularizar esta vazão é dado pela equação 4.17, ou seja:

$$V = 0,94 \cdot 10^5 \frac{Q^{2,33}}{A^{2,377}}$$

$$V = 0,94 \cdot 10^5 \frac{(0,62)^{2,33}}{(700)^{2,377}}$$

$$V = 3,26 \cdot 10^3 \text{ m}^3$$



5 - CURVA DE PERMANÊNCIA

5.1 Limites de aplicação

A curva de permanência relaciona a vazão ou o nível de um rio e a probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais ao valor da ordenada. Esta curva pode ser estabelecida com base em valores diários, semanais ou mensais. Neste estudo as curvas de permanência foram estabelecidas para vazões diárias.

Considerando que a utilização da curva de permanência ocorre para valores no intervalo de 50 a 95 % de probabilidade, a regionalização procurou estabelecer um ajuste confiável para este intervalo.

As principais limitações destes resultados são:

- A curva de permanência estimada neste estudo é válida principalmente para o intervalo de 50 e 95 % de probabilidade;
- O trecho inferior da curva pode apresentar maiores incertezas devido à qualidade dos dados do extremo inferior das curvas-chave;
- As curvas deduzidas são usadas para bacias sem reservatórios que regularizem a vazão a montante;
- As estimativas para bacias com área de drenagem muito pequena, fora do intervalo daquelas usadas numa determinada região, podem apresentar tendenciosidade.

5.2 Metodologia

5.2.1 Equações

A curva de permanência foi ajustada a uma equação exponencial utilizada no ajuste da distribuição log-normal. Portanto, a relação entre a vazão e probabilidade é expressa por

$$Q = \text{EXP} (p \cdot a + b) \quad (5.1)$$



onde p = probabilidade (fornecida no intervalo $0,1$);

$$a = - (\ln (Q_{50}/Q_{95})) / 0,45$$

$$b = \ln Q_{50} - a \cdot 0,5$$

Q = vazão em m^3/s ;

Q_{50} e Q_{95} = vazões com probabilidades de 50 e 95 %, em m^3/s .

As vazões Q_{50} e Q_{95} foram regionalizadas com base na área da bacia. Na figura 5.1 é apresentada a sub-divisão das regiões. A seguir são apresentadas as equações de cada região

REGIÃO I

$$Q_{50} = 0.01517 * A^{0,982} \quad (5.2)$$

$$Q_{95} = 0.00263 * A^{1,018} \quad (5.3)$$

REGIÃO II

$$Q_{50} = 0.00468 * A^{1,072} \quad (5.4)$$

$$Q_{95} = 0.00031 * A^{1,124} \quad (5.5)$$

REGIÃO III

$$Q_{50} = 0.01389 * A^{1,01} \quad (5.6)$$

$$Q_{95} = 0.00458 * A^{0,981} \quad (5.7)$$

REGIÃO IV

$$Q_{50} = 0.00210 * A^{1,145} \quad (5.8)$$

$$Q_{95} = 0.00038 * A^{1,106} \quad (5.9)$$

REGIÃO V

$$Q_{50} = 0.01294 * A^{0,970} \quad (5.10)$$

$$Q_{95} = 0.00249 * A^{0,958} \quad (5.11)$$

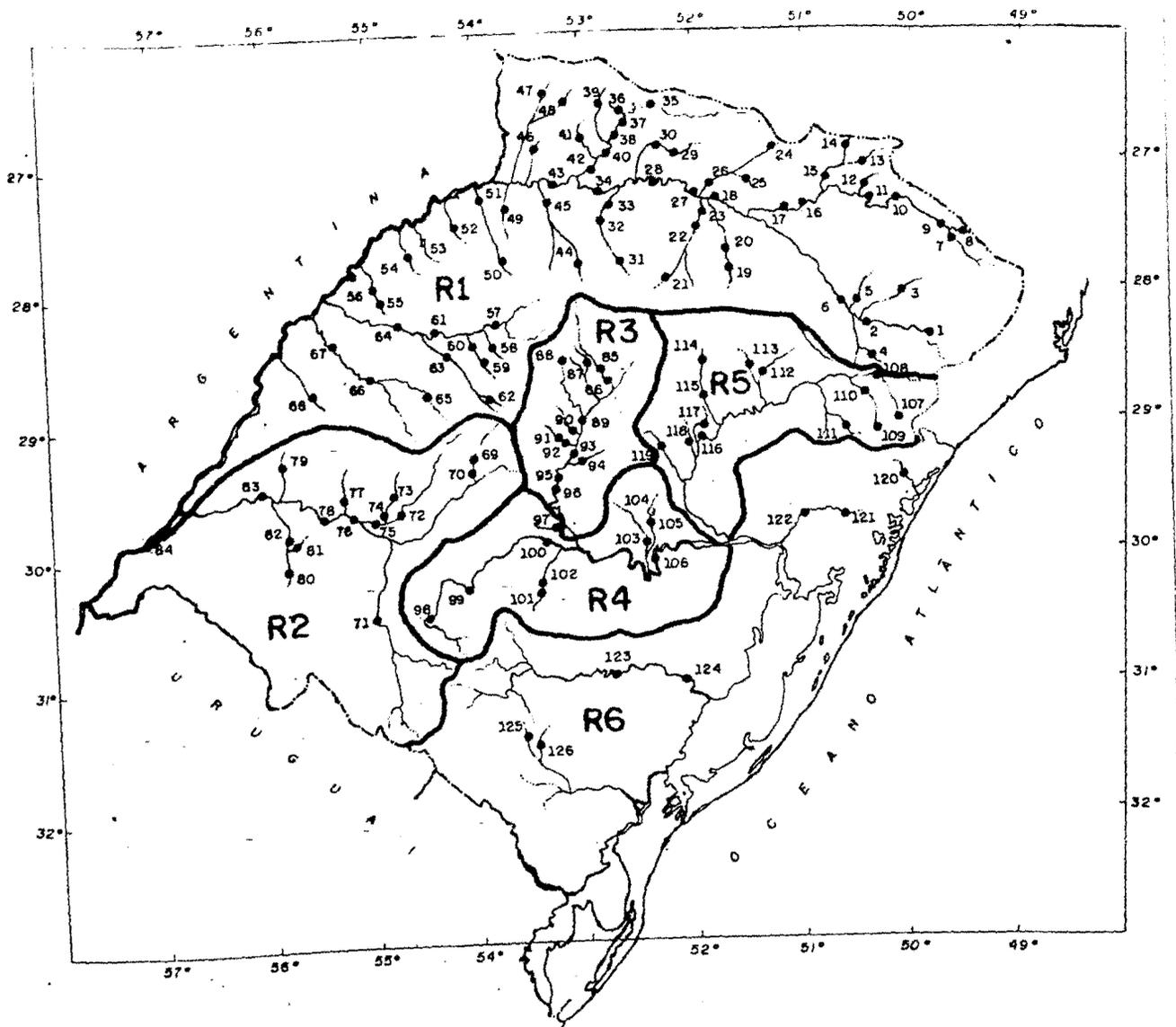


Figura 5.1 - Regiões para curvas de permanência



REGIÃO VI

Adverte-se que as equações indicadas a seguir deverão ser utilizadas com restrições, dado que as mesmas foram obtidas com base num número reduzido de postos e que, por sua vez, estes postos caracterizaram-se por possuir incertezas consideráveis no setor inferior de suas curvas-chave.

$$Q_{50} = 0.00309 * A^{1.121} \quad (5.12)$$

$$Q_{95} = 0.00035 * A^{1.105} \quad (5.13)$$

5.2.2 Roteiro de cálculo

- 1 - Identifique a região em que se encontra a bacia em estudo;
- 2 - Determine a área de drenagem da bacia (ver comentários no capítulo 2);
- 3 - Determine a vazão de 50 e 95 % (Q_{50} e Q_{95}) com base nas equações regionais;
- 4 - Para cada valor de p escolhido (probabilidade) determine a vazão com base na equação 5.1.

5.3 Exemplo - Estabeleça a curva de permanência para uma sub-bacia do rio do Peixe com 800 km^2 . Determine a vazão com apenas 10 % de chance de existirem valores menores.

solução: O rio do Peixe encontra-se na Região I, e as equações são a 5.2 e a 5.3, ou seja:

$$Q_{50} = 0.01517 * A^{0.982}$$

$$Q_{95} = 0.00263 * A^{1.018}$$

e

$$Q_{50} = 0.01517 * (800)^{0.982}$$

$$Q_{95} = 0.00263 * (800)^{1.018}$$



$$Q_{50} = 10,76 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{95} = 2,39 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazão com 10 % de chance de existirem valores menores (ou com 90 % de chance de ocorrerem valores maiores ou iguais) é dada pela equação 5.1, ou seja:

$$Q = \text{EXP} (p \cdot a + b)$$

onde $p = 1 - 0,1 = 0,9$

$$a = - \langle \ln (Q_{50}/Q_{95}) \rangle / 0,45 = - 3,34$$

$$b = \ln Q_{50} - a \cdot 0,5 = 4,05$$

Assim:

$$Q = \text{EXP} [0,9 \cdot (-3,34) + 4,05]$$

$$Q = 2,82 \text{ m}^3/\text{s}$$



6 - CURVA DE REGULARIZAÇÃO

6.1 Limites de aplicação

O escoamento em rios apresenta uma variação sazonal que frequentemente impede seu uso ao longo de todo o ano. A regularização de vazão através de reservatórios é uma prática utilizada para usos como: abastecimento d'água, irrigação, produção de energia elétrica, navegação e diluição de despejos.

A regularização de vazão depende de como a demanda será solicitada ao sistema fluvial. Para aproveitamentos como irrigação isto somente ocorre em alguns meses do ano. No abastecimento d'água a vazão é solicitada durante todo o ano, mas aumenta no verão. Portanto, para estabelecer o volume de um reservatório é necessário conhecer a demanda. No entanto, numa avaliação preliminar das condições de regularização de um rio, algumas premissas podem ser estabelecidas, tais como: demanda constante, desprezar a evaporação e utilizar uma série de uma bacia próxima.

Uma das principais dificuldades que o hidrólogo encontra é de não dispor de dados no local de interesse. Para obter a série no local desejado são utilizadas as mais diferentes práticas, desde o uso da vazão específica até a aplicação de modelos precipitação-vazão. A regionalização da curva de regularização visa a utilização de vazões dos postos da região para melhor estimar esta relação no local sem dados. Neste caso, ficam mantidas as limitações de uma demanda constante e o uso de uma estimativa da evaporação.

A regionalização desenvolvida não contemplou a evaporação, mas é apresentado um procedimento simplificado para considerá-la nos cálculos do volume útil. As curvas obtidas devem ser usadas para uma estimativa preliminar do volume útil necessário para garantir uma determinada demanda.

Este estudo considerou os seguintes aspectos na determinação

das curvas regionais:

- demanda constante;
- despreza evaporação, mas permite sua estimativa considerando-a constante ao longo do ano;
- não existe outra regularização a montante do local de interesse. Portanto, estes resultados podem ser utilizados para bacias não regularizadas;
- os postos utilizados são representativos do comportamento regional;
- como não existem dados de bacias muito pequenas, desconhece-se o erro de extrapolação;
- as regiões que abrangem o rio Vacacaí, Pardo e Lagoas são as que apresentam pior representatividade, devendo-se usar estes resultados com cuidado.

6.2 Metodologia

6.2.1 Procedimento de cálculo

A curva de regularização relaciona demanda (vazão, em m^3/s) e volume necessário para garantir a demanda associada para 100% do tempo da série histórica. Matematicamente pode-se expressar esta função da seguinte forma

$$V = f(q) \quad (6.1)$$

onde V = é o volume; q = demanda.

Para regionalizar procurou-se adimensionalizar a função da equação 6.1 com base na vazão média de longo período, resultando em

$$V/(Q_{lp} \cdot \Delta t) = f^*(q/Q_{lp}) \quad (6.2)$$

onde Q_{lp} = vazão média de longo período; Δt = intervalo de tempo escolhido para adimensionalizar. Neste estudo foi escolhido 1 ano.

Neste estudo foram regionalizados os dois componentes que permitem reconstituir a função da equação 6.1, ou seja:

- vazão média de longo período;
- curva adimensional.

Na figura 6.1 são apresentadas as regiões definidas para as curvas de regularização. Para cada uma destas regiões foi estabelecida a função da equação 6.2, apresentadas nas figuras 6.2 a 6.5 e na tabela 6.1. Estas funções foram estabelecidas em termos percentuais. As curvas foram interrompidas em alguns valores característicos, porque a partir destes pontos os postos usados não apresentavam a mesma tendência.

6.2.2 Roteiro de Cálculo

- 1- Verifique qual é a região das curvas de regularização em que se localiza a bacia de interesse;
- 2- Na tabela 6.2 é apresentada a correspondência entre as regiões definidas para as vazões médias e para o estudo de curvas de regularização. No capítulo 2 são apresentadas as equações para cálculo da vazão média de longo período. Identifique a equação da região correspondente e calcule Q_{lp} ;
- 3- Identifique a curva de regularização adimensional da região em que se localiza a bacia de interesse. Escolha as demandas desejadas, q_i , para $i=1,2,...,m$
- 4- Determine os valores $m=q_i/Q_{lp}.100$. Utilizando o gráfico ou tabela da curva adimensional da região em que se localiza o posto, obtenha $r = V_i/(Q_{lp}.1ano).100$

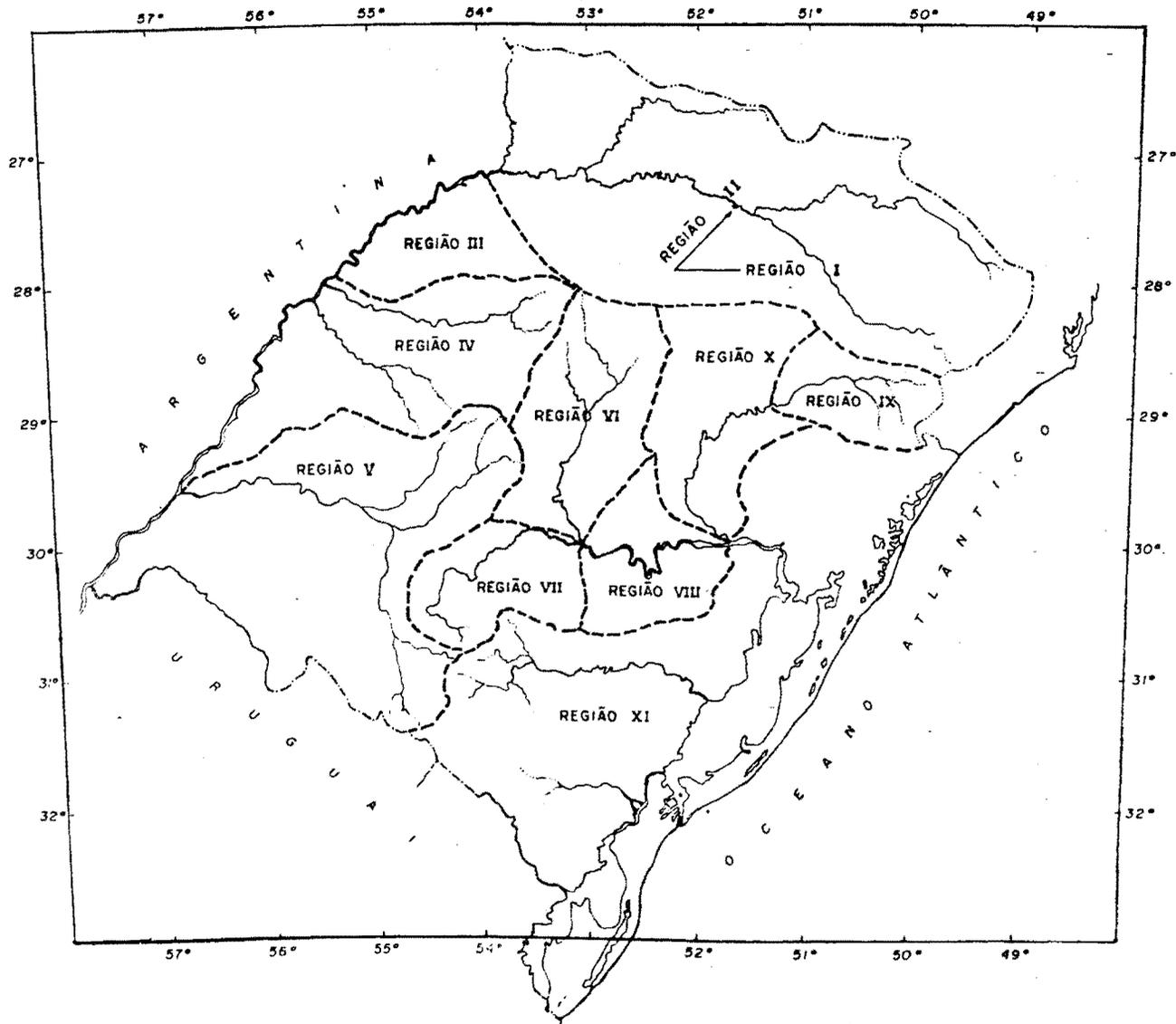


Figura 6.1 - Regiões para curvas de regularização

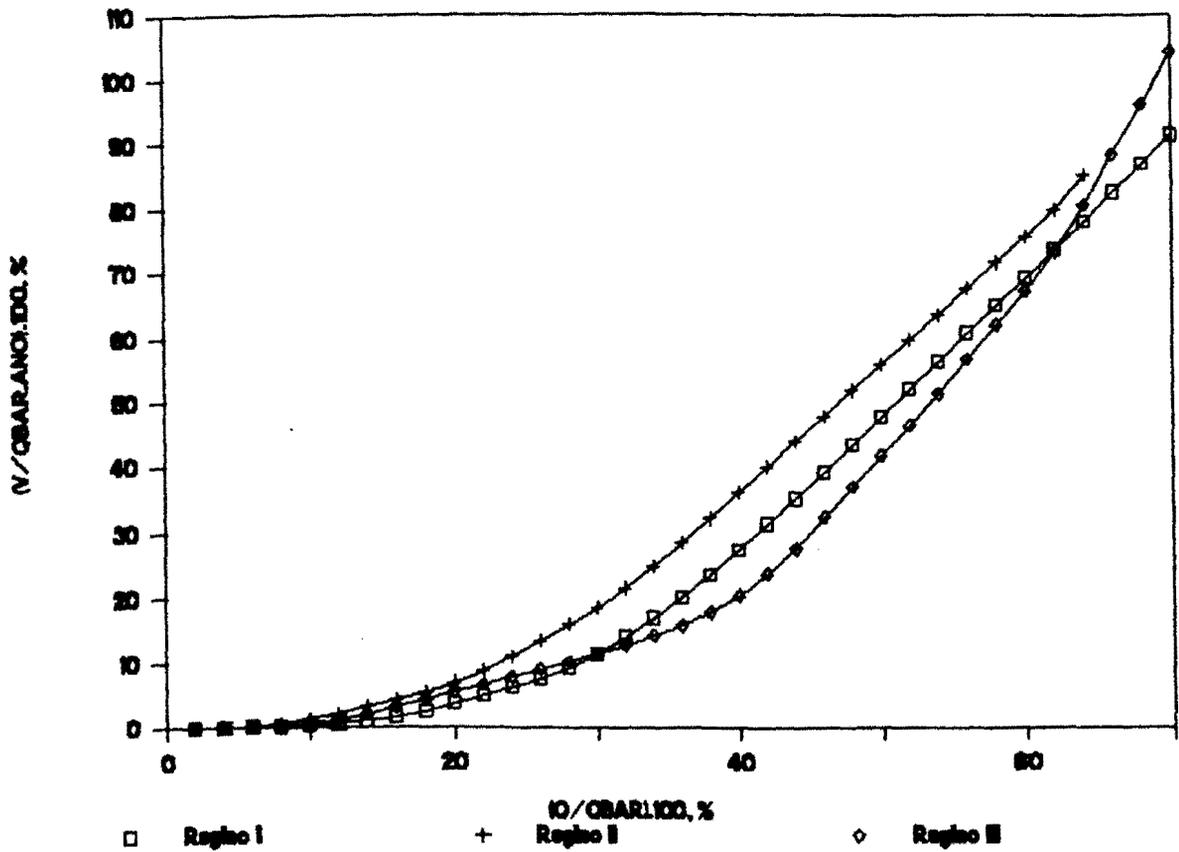


Figura 6.2 - Curvas de regularização - Regiões I, II e III

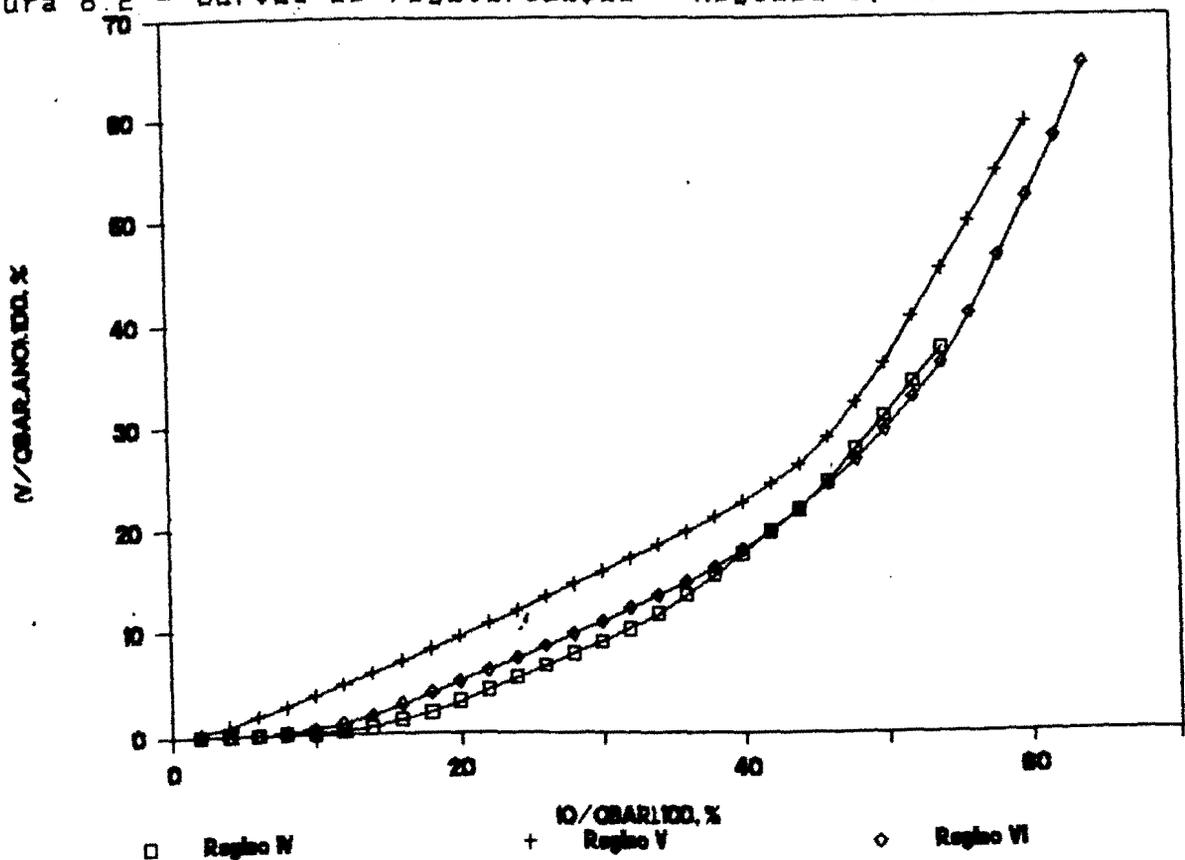


Figura 6.3 - Curvas de regularização - Regiões IV, V e VI

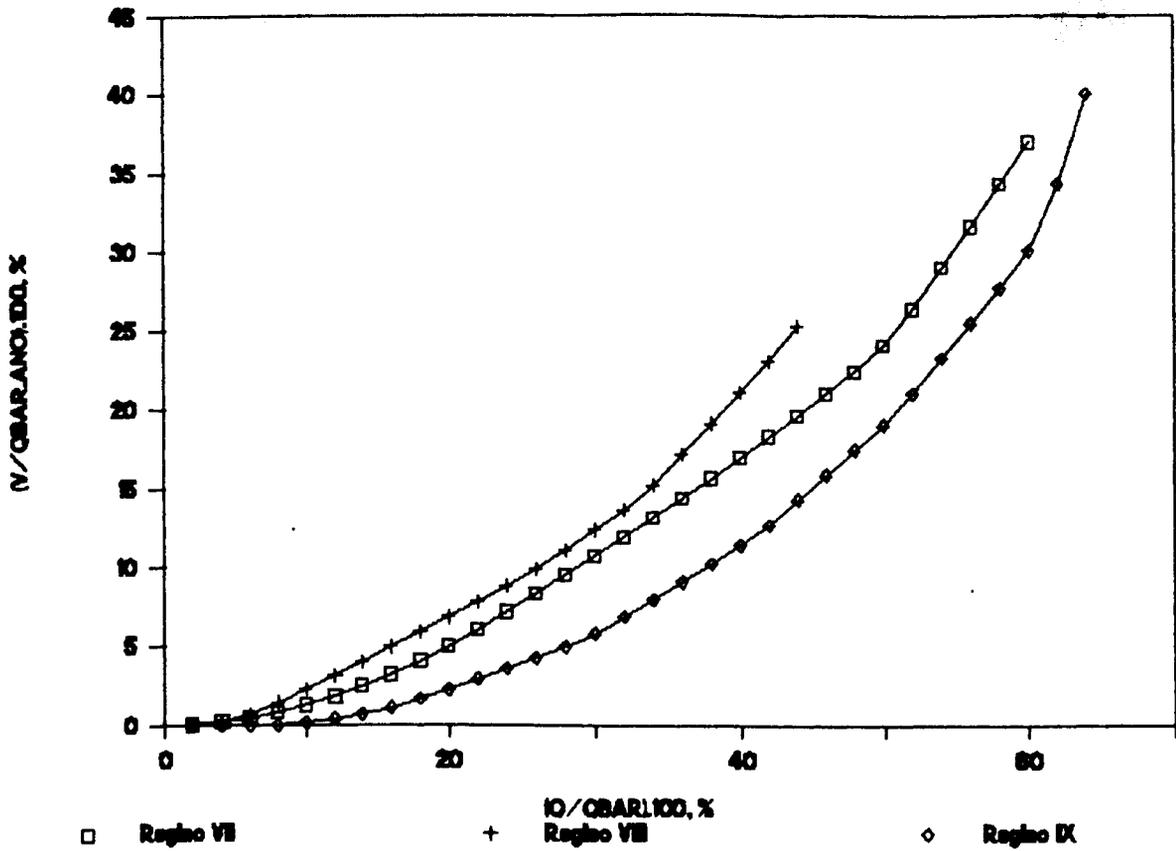


Figura 6.4 - Curvas de regularização - Regiões VII, VIII e IX

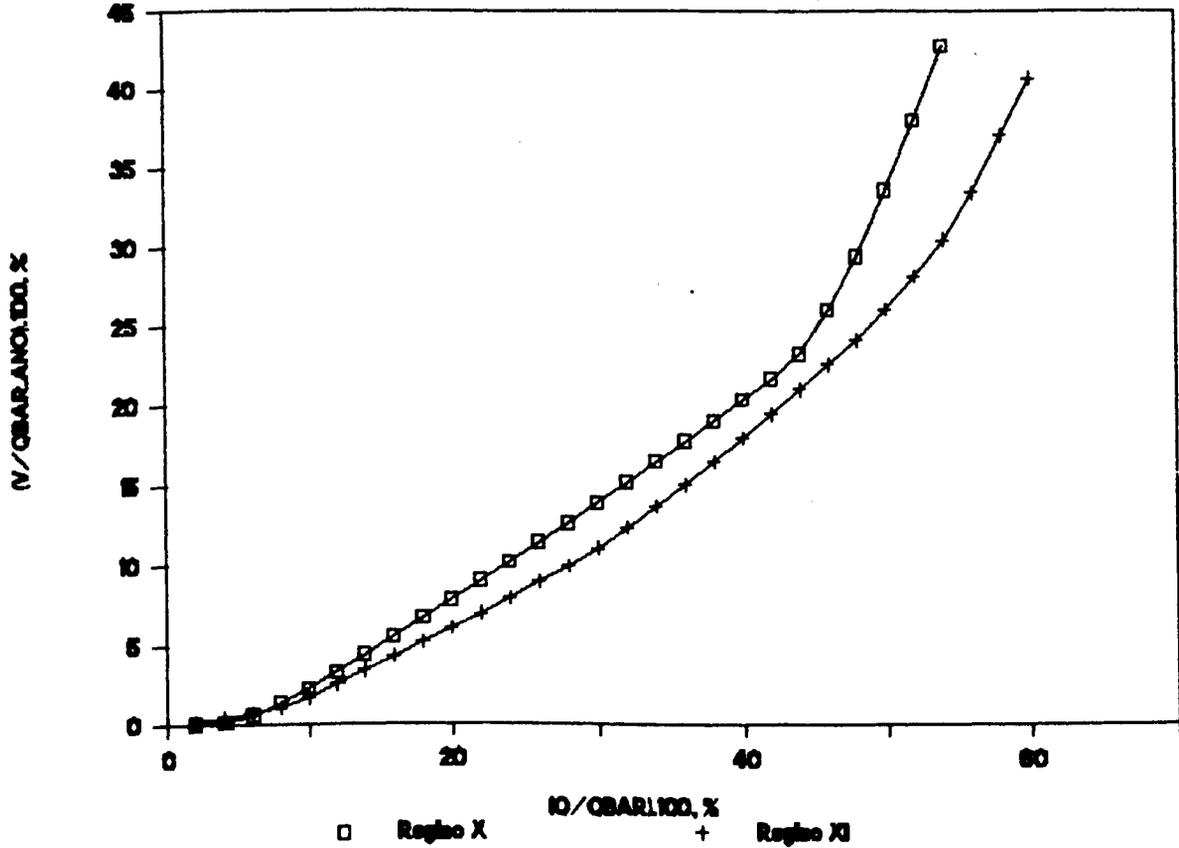


Figura 6.5 - Curvas de regularização - Regiões X e XI

Tabela 6.1 - Curvas regionais de regularização

REGIAO I- RIO URUGUAI: Rio Principal, trecho nacional

CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100)

| VAZAO | VOLUME |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 2. | .000 | 4. | .008 | 6. | .079 | 8. | .191 | 10. | .394 |
| 12. | .627 | 14. | 1.004 | 16. | 1.556 | 18. | 2.402 | 20. | 3.620 |
| 22. | 4.854 | 24. | 6.087 | 26. | 7.492 | 28. | 9.151 | 30. | 11.318 |
| 32. | 14.007 | 34. | 16.941 | 36. | 20.208 | 38. | 23.666 | 40. | 27.416 |
| 42. | 31.283 | 44. | 35.150 | 46. | 39.148 | 48. | 43.303 | 50. | 47.498 |
| 52. | 51.698 | 54. | 56.011 | 56. | 60.378 | 58. | 64.744 | 60. | 69.111 |
| 62. | 73.487 | 64. | 77.887 | 66. | 82.287 | 68. | 86.687 | 70. | 91.260 |

REGIAO II- RIO URUGUAI: Contribuintes, trecho nacional

CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100)

| VAZAO | VOLUME |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 2. | .000 | 4. | .006 | 6. | .148 | 8. | .606 | 10. | 1.299 |
| 12. | 2.130 | 14. | 3.124 | 16. | 4.208 | 18. | 5.378 | 20. | 6.820 |
| 22. | 8.760 | 24. | 11.007 | 26. | 13.318 | 28. | 15.857 | 30. | 18.489 |
| 32. | 21.564 | 34. | 24.897 | 36. | 28.467 | 38. | 32.225 | 40. | 36.100 |
| 42. | 39.975 | 44. | 43.850 | 46. | 47.725 | 48. | 51.600 | 50. | 55.475 |
| 52. | 59.350 | 54. | 63.295 | 56. | 67.344 | 58. | 71.428 | 60. | 75.525 |
| 62. | 79.650 | 64. | 85.058 | | | | | | |

REGIAO III- RIO URUGUAI: Margem esquerda ate Rio Ijuí

CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100)

| VAZAO | VOLUME |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|---------|
| 2. | .000 | 4. | .000 | 6. | .048 | 8. | .308 | 10. | .701 |
| 12. | 1.191 | 14. | 1.955 | 16. | 3.000 | 18. | 4.246 | 20. | 5.413 |
| 22. | 6.580 | 24. | 7.746 | 26. | 8.943 | 28. | 10.165 | 30. | 11.417 |
| 32. | 12.738 | 34. | 14.183 | 36. | 15.752 | 38. | 17.893 | 40. | 20.353 |
| 42. | 23.711 | 44. | 27.649 | 46. | 32.315 | 48. | 36.982 | 50. | 41.649 |
| 52. | 46.315 | 54. | 51.056 | 56. | 56.334 | 58. | 61.652 | 60. | 67.060 |
| 62. | 73.192 | 64. | 80.404 | 66. | 88.126 | 68. | 96.061 | 70. | 104.173 |

Tabela 6.1 - Curvas regionais de regularização

| REGIAO IV- RIO URUGUAI: Rios Ijuí e Piratini | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100) | | | | | | | | | |
| VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME |
| 2. | .000 | 4. | .000 | 6. | .000 | 8. | .043 | 10. | .126 |
| 12. | .302 | 14. | .562 | 16. | 1.254 | 18. | 2.011 | 20. | 2.995 |
| 22. | 4.122 | 24. | 5.288 | 26. | 6.455 | 28. | 7.634 | 30. | 8.842 |
| 32. | 10.066 | 34. | 11.462 | 36. | 13.296 | 38. | 15.212 | 40. | 17.277 |
| 42. | 19.419 | 44. | 21.606 | 46. | 24.270 | 48. | 27.520 | 50. | 30.771 |
| 52. | 34.054 | 54. | 37.385 | | | | | | |

| REGIAO V - RIO URUGUAI: Rio Ibicuí | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100) | | | | | | | | | |
| VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME |
| 2. | .243 | 4. | .879 | 6. | 1.760 | 8. | 2.687 | 10. | 3.681 |
| 12. | 4.727 | 14. | 5.783 | 16. | 6.931 | 18. | 8.098 | 20. | 9.265 |
| 22. | 10.492 | 24. | 11.770 | 26. | 13.048 | 28. | 14.326 | 30. | 15.604 |
| 32. | 16.882 | 34. | 18.159 | 36. | 19.441 | 38. | 20.886 | 40. | 22.330 |
| 42. | 24.009 | 44. | 25.898 | 46. | 28.656 | 48. | 32.044 | 50. | 35.878 |
| 52. | 40.544 | 54. | 45.211 | 56. | 49.878 | 58. | 54.762 | 60. | 59.650 |

| REGIAO VI- ALTO RIO JACUI | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100) | | | | | | | | | |
| VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME |
| 2. | .000 | 4. | .000 | 6. | .019 | 8. | .181 | 10. | .511 |
| 12. | 1.000 | 14. | 1.778 | 16. | 2.744 | 18. | 3.800 | 20. | 4.985 |
| 22. | 6.016 | 24. | 7.168 | 26. | 8.335 | 28. | 9.502 | 30. | 10.699 |
| 32. | 11.977 | 34. | 13.254 | 36. | 14.532 | 38. | 15.909 | 40. | 17.638 |
| 42. | 19.471 | 44. | 21.710 | 46. | 24.044 | 48. | 26.439 | 50. | 29.365 |
| 52. | 32.532 | 54. | 35.893 | 56. | 40.834 | 58. | 46.415 | 60. | 52.248 |
| 62. | 58.081 | 64. | 65.274 | | | | | | |

Tabela 6.1 - Curvas regionais de regularização

| REGIAO VII-RIO VACACAI e S. SEPE | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100) | | | | | | | | | |
| VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME |
| 2. | .067 | 4. | .220 | 6. | .451 | 8. | .817 | 10. | 1.277 |
| 12. | 1.795 | 14. | 2.455 | 16. | 3.177 | 18. | 4.023 | 20. | 4.957 |
| 22. | 5.993 | 24. | 7.137 | 26. | 8.304 | 28. | 9.471 | 30. | 10.665 |
| 32. | 11.887 | 34. | 13.109 | 36. | 14.331 | 38. | 15.584 | 40. | 16.862 |
| 42. | 18.139 | 44. | 19.460 | 46. | 20.849 | 48. | 22.237 | 50. | 23.923 |
| 52. | 26.323 | 54. | 28.989 | 56. | 31.656 | 58. | 34.323 | 60. | 36.989 |

| REGIAO VIII- RIO PARDO | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100) | | | | | | | | | |
| VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME |
| 2. | .009 | 4. | .208 | 6. | .660 | 8. | 1.422 | 10. | 2.255 |
| 12. | 3.089 | 14. | 3.962 | 16. | 4.907 | 18. | 5.851 | 20. | 6.796 |
| 22. | 7.740 | 24. | 8.745 | 26. | 9.801 | 28. | 11.031 | 30. | 12.309 |
| 32. | 13.587 | 34. | 15.150 | 36. | 17.095 | 38. | 19.039 | 40. | 20.984 |
| 42. | 22.928 | 44. | 25.150 | | | | | | |

| REGIAO IX - ALTO RIO TAQUARI | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100) | | | | | | | | | |
| VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME |
| 2. | .000 | 4. | .000 | 6. | .000 | 8. | .012 | 10. | .146 |
| 12. | .378 | 14. | .687 | 16. | 1.089 | 18. | 1.645 | 20. | 2.213 |
| 22. | 2.880 | 24. | 3.646 | 26. | 4.212 | 28. | 4.900 | 30. | 5.738 |
| 32. | 6.823 | 34. | 7.935 | 36. | 9.046 | 38. | 10.199 | 40. | 11.387 |
| 42. | 12.621 | 44. | 14.176 | 46. | 15.732 | 48. | 17.288 | 50. | 18.843 |
| 52. | 20.858 | 54. | 23.135 | 56. | 25.413 | 58. | 27.691 | 60. | 30.119 |
| 62. | 34.337 | 64. | 40.052 | | | | | | |

Tabela 6.1 - Curvas regionais de regularização

| REGIAO I - RIO TAQUARI- MEDIO e INFERIOR | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100) | | | | | | | | | |
| VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME |
| 2. | .019 | 4. | .159 | 6. | .566 | 8. | 1.336 | 10. | 2.250 |
| 12. | 3.250 | 14. | 4.348 | 16. | 5.504 | 18. | 6.670 | 20. | 7.837 |
| 22. | 9.004 | 24. | 10.198 | 26. | 11.421 | 28. | 12.669 | 30. | 13.946 |
| 32. | 15.224 | 34. | 16.502 | 36. | 17.795 | 38. | 19.128 | 40. | 20.461 |
| 42. | 21.795 | 44. | 23.376 | 46. | 26.188 | 48. | 29.585 | 50. | 33.676 |
| 52. | 38.135 | 54. | 42.802 | | | | | | |

| REGIAO XI - LAGOAS E BIRROS | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| CURVA ADIMENSIONAL DE REGULARIZACAO (VAZAO = Q/QMED.100 - VOLUME=V/(QMED.ANO).100) | | | | | | | | | |
| VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME | VAZAO | VOLUME |
| 2. | .151 | 4. | .373 | 6. | .675 | 8. | 1.017 | 10. | 1.623 |
| 12. | 2.481 | 14. | 3.370 | 16. | 4.259 | 18. | 5.148 | 20. | 6.036 |
| 22. | 6.942 | 24. | 7.943 | 26. | 8.943 | 28. | 9.942 | 30. | 11.084 |
| 32. | 12.362 | 34. | 13.716 | 36. | 15.105 | 38. | 16.548 | 40. | 18.048 |
| 42. | 19.566 | 44. | 21.121 | 46. | 22.677 | 48. | 24.232 | 50. | 26.246 |
| 52. | 28.314 | 54. | 30.600 | 56. | 33.559 | 58. | 37.170 | 60. | 40.781 |

Tabela 6.2 - Correspondência entre regiões de vazões médias e curvas de Regularização

| Regiões para Curvas de Regularização | Regiões para Vazões Médias |
|--------------------------------------|----------------------------|
| I e II | I |
| III, IV e V | II |
| VI | III |
| VII e VIII | IV |
| IX e X | V |
| XI | VI |



5- Os volumes desejados são calculados por

$$S_i = 0,3154 r \cdot Q_{lp} \quad (6.2)$$

onde V_i é obtido em 10^6 m^3

6- Para levar em conta a evaporação, de forma simplificada, considere que a mesma representa uma demanda adicional, obtida por

$$m_e = 0,00317 E \cdot A / Q_{lp} \quad (6.3)$$

onde E = a evaporação total média anual em mm; A = a área do reservatório para 2/3 do volume útil, em km^2 .

A demanda adimensional total, neste caso é

$$m^* = m_e + m \quad (6.4)$$

6.3 Exemplo

Calcule o volume necessário para regularizar a demanda constante de $5 \text{ m}^3/\text{s}$, numa bacia de 1000 km^2 , com precipitação média anual de 1720 mm , localizada na bacia do rio Canoas. A evaporação média anual é de cerca de 1300 mm e a área do reservatório para 2/3 do volume = 10 km^2 .

solução a) sem considerar a evaporação

A bacia se encontra na região I da regionalização da vazão média e na região II da curva de regularização. A equação para a vazão média de longo período é a 2.2, ou seja

$$Q_{lp} = 0,017 A^{0,99} P^{0,86}$$

$$Q_{lp} = 0,017 (1000)^{0,80} (1,72)^{0,80}$$

$$Q_{lp} = 25,30 \text{ m}^3/\text{s}$$

A vazão adimensional fica

$$m = q/Q_{lp} = 5/25,5 \cdot 100 = 19,6 \%$$

Entrando com este valor na tabela 6.1 para a região II, obtém-se o valor de $r = 7,17 \%$.

O volume é obtido pela equação 6.2, ou seja

$$V = 0,3154 \cdot 7,17 \cdot 25,5 = 57,67 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

b) Considerando a evaporação

Neste caso

$$m_e = 0,00317 \text{ E. A} / Q_{lp}$$

$$m_e = 0,00317 \cdot 1300 \cdot 10 / 25,5 = 1,62\%$$

$$m^* = 19,6 + 1,62 = 21,22$$

Utilizando novamente a tabela referida, obtém-se $r = 8,24 \%$.
O volume resultante fica

$$V = 0,3154 \cdot 8,24 \cdot 25,5 = 66,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$



7 - PROGRAMA APLICATIVO " REHI "

7.1 Descrição geral do programa

O programa aplicativo denominado REHI (Regionalização Hidrológica) tem como objetivo automatizar o uso dos resultados da regionalização.

O manual permite que um usuário que não disponha de computador determine os valores das variáveis hidrológicas desejadas. O programa elaborado permite que quase todas as opções do manual sejam obtidas pelo uso do programa. Somente algumas opções referentes a vazões máximas e o cálculo do volume de regularização com base nas curvas de probabilidades de vazões mínimas não foram incluídas no programa. Na opção de curva de permanência foi incluído o cálculo da energia firme das pequenas centrais hidrelétricas, com base na vazão de 95 % de probabilidade e sua estimativa de custo (não mencionados no texto).

O programa foi preparado na linguagem BASIC dentro de uma filosofia conversacional para uso em micro tipo PCXT. A configuração mínima necessária para utilização do programa é a seguinte:

- "drive" de 5" 1/4;
- memória de 256 kbytes;
- sistema operacional 2.1;
- impressora.

A filosofia da estrutura do programa foi modular, permitindo a ampliação futura de outras funções de regionalização, usar o mesmo programa para outras regiões e ampliar funções dentro de cada opção.

No item seguinte é apresentada a descrição de como o programa deve ser instalado no micro para uso corrente.

As pessoas ou entidades interessadas no programa devem,

solicitá-lo a CEEE. Quanto à utilização do programa devem ficar ressaltados o seguinte:

- não existe nenhuma responsabilidade por parte da CEEE ou IPH pelo uso indevido do programa;
- o programa não pode ser comercializado por qualquer pessoa ou entidade;
- a CEEE ou IPH não se responsabilizam por dar manutenção ao programa;
- a CEEE e o IPH se reservam o direito de alterar os arquivos a qualquer tempo sem que tenha obrigação de alertar aos usuários.

O programa desenvolvido é a primeira versão que será aprimorada com base em novas informações, estudos e necessidades. As pessoas e entidades interessadas em receber novas versões atualizadas deverão enviar nome e endereço para a CEEE.

7.2 Implantação do programa

O programa REHI deve ser acompanhado dos seguintes arquivos para seu correto funcionamento:

- REHITELA.DOC** - contem as telas de "help" do programa;
- COEFICI.AUX** - contém os coeficientes para regressão da regionalização de vazões mínimas, máximas e médias;
- CURVAS.AUX** - tabela de valores de vazão adimensional para cada curva de probabilidade das regiões (vazões máximas, médias e mínimas);
- COPERM.AUX** - arquivo dos valores dos coeficientes das equações de regionalização da vazão Q_{50} e Q_{95} da curva de permanência;
- COREG.AUX** - tabela dos valores adimensionais para cálculo da curva de regularização;
- RGS.PLT** - arquivo com os pontos que desenharam o contorno do Estado do Rio Grande do Sul;
- MAXMED.PLT** - arquivo com os pontos para definir as regiões do estudo de máximos e médios;
- MÍNIMA.PLT** - arquivo com os pontos para desenhar as regiões do

estudo de mínimos;

PERM.PLT - contém os pontos para desenhar as regiões do estudo de curva de permanência;

REGULA.PLT - arquivo com os pontos para desenhar as regiões do estudo de regularização.

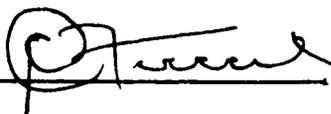
Estes arquivos, acrescidos do programa REHI.EXE constituem o sistema REHI, que pode ser executado a partir de um disquete ou se for conveniente pode ser colocado em disco rígido, bastando criar um sub-diretório e copiar os arquivos para o mesmo.

7.3 Operação

Para usar o programa REHI, coloque o disquete no drive A e digite REHI, seguido da tecla ENTER. A tela está dividida em 3 campos: o cabeçalho, que contém as informações mais importantes, o corpo principal, onde são solicitadas as entradas e apresentados os resultados e o rodapé, que fornece as operações de auxílio disponíveis.

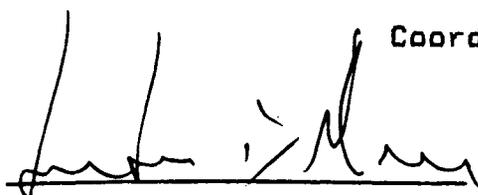
O REHI, nesta versão, não cria arquivos de saída, sendo necessária a impressão dos resultados obtidos.

A metodologia, limitações, informações adicionais e dados de entrada são informados na tela ou através das teclas de auxílio. Estas informações são resumidas; para maiores detalhes consulte este Manual, no capítulo correspondente.



Prof. Carlos E. M. Tucci
Coordenador

Visto:



Prof. Lawson F. S. Beltrame
Vice - Diretor no exercício da direção

ANEXO A - Postos utilizados e período disponível

MS

INTE. DE ESTADOS

| NO | IN | ESTADO | 125126127128129130131132133134135136137138139140141142143144145146147148149150151152153154155156157158159160161162163164165166167168169170171172173174175176177178179180181182183184185 |
|-----|------------|---|---|
| 31 | 1744700001 | RECS PASSOS - RIO TUNAS | |
| 32 | 1744800001 | CANGATA BRUNTA - RIO BRUNTA | |
| 33 | 1747600001 | TUCURUBA - RIO SANTA ROSA | |
| 34 | 1747700001 | LITINA CANGATA - RIO SANTA CELSTO | |
| 35 | 1748000001 | PASSO SÃO JOÃO - RIO CORONADO | |
| 36 | 1749000001 | LITINA BRITÃO - RIO CORONADO | |
| 37 | 1751500001 | PASSO FAZENDA - RIO LAJE | |
| 38 | 1751600001 | PIRENEIA - RIO PITANGA | |
| 39 | 1752000001 | CANGATA - RIO CANGAZINHO | |
| 40 | 1752100001 | PIRENEIA - RIO CANGAZINHO - R. CANGAZINHO | |
| 41 | 1752200001 | PIRENEIA - RIO CANGAZINHO - R. LAJE | |
| 42 | 1752300001 | PIRENEIA - RIO LAJEZINHO | |
| 43 | 1752400001 | CANGATA - RIO LAJEZINHO | |
| 44 | 1752500001 | PIRENEIA - RIO LAJE | |
| 45 | 1753000001 | PASSO DAS ÁGUAS - RIO PITANGA | |
| 46 | 1753100001 | PASSO SANTA MARIA - RIO PITANGA | |
| 47 | 1753200001 | PASSO DO SANGUEITO - RIO PITANGA | |
| 48 | 1753300001 | PASSO DO AÇO - RIO TOCANTINA | |
| 49 | 1761000001 | VILA CLARA - RIO TUMPI | |
| 50 | 1761100001 | PIRENEIA - RIO TUMPI | |
| 51 | 1761200001 | PIRENEIA - RIO SANTA MARIA | |
| 52 | 1761300001 | PIRENEIA - RIO JACARA | |
| 53 | 1761400001 | PIRENEIA - RIO JACARIZINHO | |
| 54 | 1761500001 | PIRENEIA - RIO JACARIZINHO - R. JACARIZINHO | |
| 55 | 1761600001 | PASSO DO LAJEITO - RIO JACARA | |
| 56 | 1761700001 | JACARA - RIO TITICOI | |
| 57 | 1761800001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 58 | 1761900001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 59 | 1762000001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 60 | 1762100001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 61 | 1762200001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 62 | 1762300001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 63 | 1762400001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 64 | 1762500001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 65 | 1762600001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 66 | 1762700001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 67 | 1762800001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 68 | 1762900001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 69 | 1763000001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 70 | 1763100001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 71 | 1763200001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 72 | 1763300001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 73 | 1763400001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 74 | 1763500001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 75 | 1763600001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 76 | 1763700001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 77 | 1763800001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 78 | 1763900001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 79 | 1764000001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 80 | 1764100001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 81 | 1764200001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 82 | 1764300001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 83 | 1764400001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 84 | 1764500001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 85 | 1764600001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 86 | 1764700001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 87 | 1764800001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 88 | 1764900001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 89 | 1765000001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 90 | 1765100001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 91 | 1765200001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 92 | 1765300001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 93 | 1765400001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 94 | 1765500001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 95 | 1765600001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 96 | 1765700001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 97 | 1765800001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 98 | 1765900001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 99 | 1766000001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |
| 100 | 1766100001 | PIRENEIA - RIO TITICOI | |

ANEXO B - Critérios de seleção dos postos

Critérios para classificação dos postos fluviométricos com vistas à regionalização

| VAZÃO MÁXIMA | | | | VAZÃO MÍNIMA | |
|--------------|---|------------------|------------------|--|--|
| GRAU | CARACTERÍSTICAS | H _{int} | Q _{int} | CARACTERÍSTICAS | |
| A | Postos fluviométricos de características excelentes cujas descargas máximas medidas estão dentro de 10 a 15% do valor máximo de cheia observada, com uma boa seção transversal para extrapolação, sem transbordamentos e estável. | ≤ 1,15 | ≤ 1,15 | Pouca ou nenhuma extrapolação inferior da curva-chave (<50cm); Existência de uma única curva-chave na parte baixa, demonstrando estabilidade da seção de medição, especialmente do fundo. Boa cobertura de medições de vazão na parte inferior da curva. | |
| B | Postos bons com extrapolação da curva de descarga menor que 50% do valor máximo medido de vazão. Seções transversais boas, sem extravazamento e estável. | ≤ 1,25 | ≤ 1,50 | Extrapolação de alguma importância (entre 50 cm e 1 m). Algumas alterações do talvegue e do fundo, sem migrações marcadas. Alguma dispersão das medições de vazão na parte inferior da curva-chave. Oscilações da área da seção de escoamento. | |
| C | Postos aceitáveis com extrapolação adequada da curva de descarga e com eventuais transbordamentos. | ≤ 1,75 | ≤ 2,50 | Extrapolação grande da curva-chave (>1,00 m). Alterações de importância no fundo do rio e modificações do talvegue, sem se constituírem em mudanças radicais. Dispersão nas medições de vazão. Existência de duas ou mais curvas chave na parte inferior, embora definidas. Aceitável para regionalização, com algumas restrições. | |
| D | Postos geralmente inaceitáveis pela grande extrapolação da curva de descarga e transbordamentos excessivos na seção. | ≤ 2,00 | ≤ 3,00 | Grandes extrapolações da curva-chave (>1,20 m). Alteração total do talvegue e do fundo do rio. Grandes incoerências nas variações da área de escoamento, denotando excessiva dispersão das medições. Inaceitável para regionalização. | |
| E | Postos com extrapolação inadequada de curva de descarga. Não são considerados no estudo. | - | - | | |

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

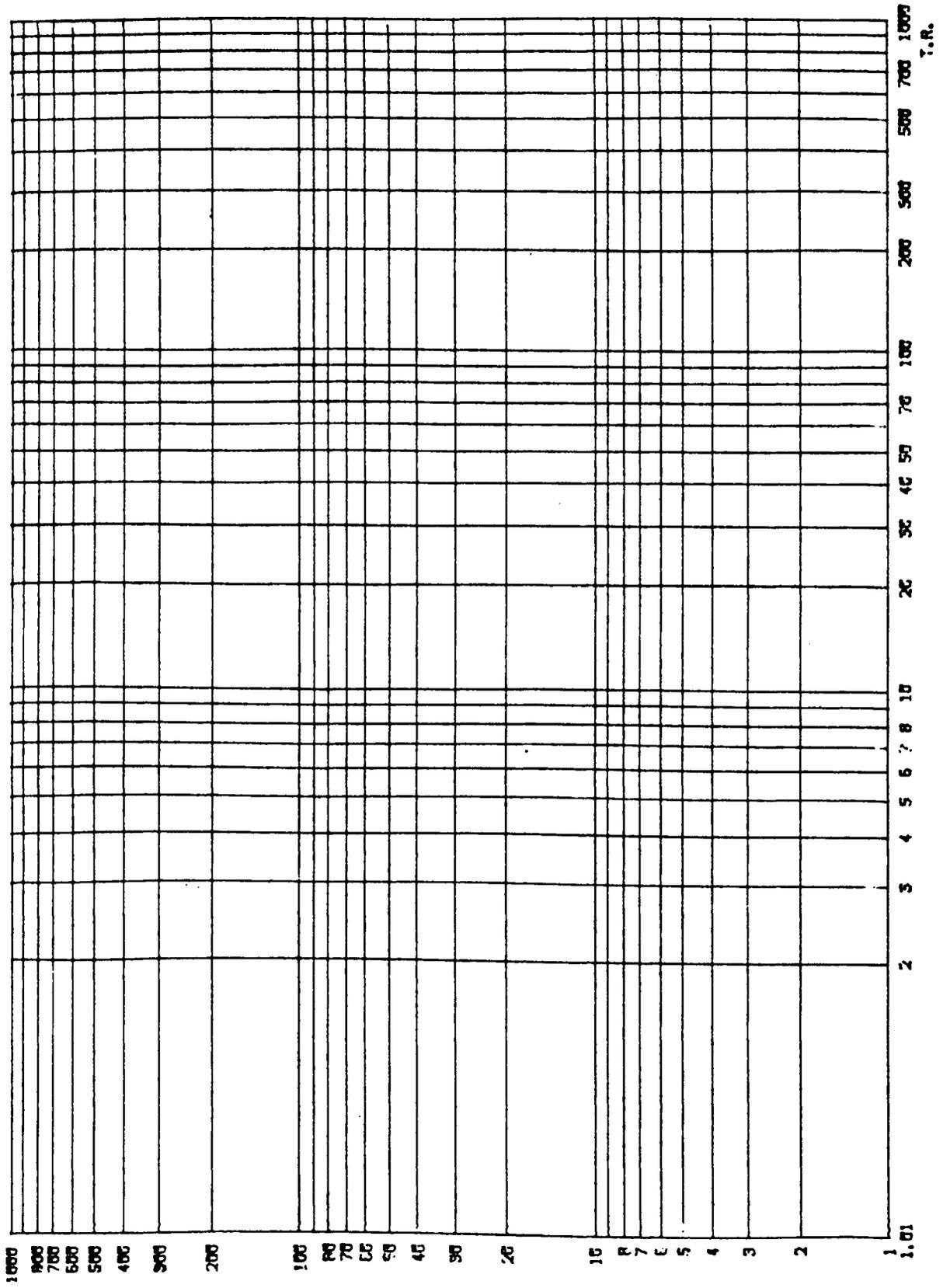
onde: H_{max} - nível máximo observado no posto durante o período disponível de dados

H_{obs} - nível correspondente ao maior valor de vazão medida

Q_{max} - vazão correspondente ao H_{max} pela curva de descarga

Q_{obs} - maior vazão medida

ANEXO C - Papéis de probabilidade



T.R.

1.01

