

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSOS DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE

AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL
DA BACIA DO RIO PIANGÓ UTILIZANDO O
MODELO NAVMO.

POR

PAULO LIMA LOPES

ORIENTADORES

Valapeyam S. Srinivasan, Ph.D


Eduardo Enéas de Figueiredo, Ms.C

CAMPINA GRANDE

MARÇO - 1994

PAULO LIMA LOPES

AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL
DA BACIA DO RIO PIANCÓ UTILIZANDO O
MODELO NAVMO.



Dissertação apresentada ao curso
de Mestrado em Engenharia Civil da
Universidade Federal da Paraíba,
em cumprimento aos requisitos
exigidos para obtenção do grau de
Mestre em Ciências - (M.Sc).

Área de concentração: RECURSOS HÍDRICOS.

VAJAPEYAN SRIRANGACHAR SRINIVASAN, Ph.D

Orientador.

EDUARDO ENÉAS DE FIGEIREDO, MSc

Orientador.

CAMPINA GRANDE - PB.

MARÇO - 1994



L864a

Lopes, Paulo Lima

Avaliação do escoamento superficial da bacia do rio Pianco utilizando o modelo NAVMO / Paulo Lima Lopes. - Campina Grande, 1994.

155 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia.

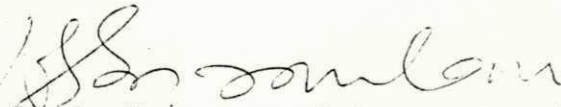
1. Bacia Hidrográfica Fluvial 2. Modelo NAVMO - 3. NAVMO - 4. Recursos Hídricos 5. Dissertação I. Srinivasan, Vajapeyan Srirangachar, Dr. II. Figueiredo, Eduardo Eneas de, M.Sc. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB) IV. Título

CDU 556.51(043)

PAULO LIMA LOPES.

AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL
DA BACIA DO RIO PIANGÓ UTILIZANDO O
MODELO NAVMO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 24/03/1994



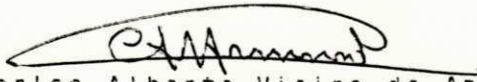
Prof: Vajapeyan Srirangachar Srinivasan, Ph.D

Orientador



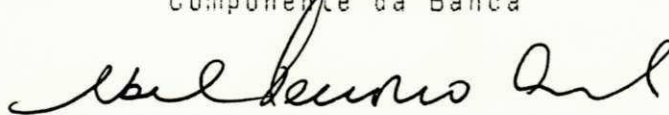
Prof: Eduardo Elias de Figueiredo, Ms.C

Orientador



Prof: Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Ph.D

Componente da Banca



Prof: Abel Tenório Cavalcanti, Ms.C

Componente da Banca

CAMPINA GRANDE - Pb.

Março 1994

Não há nada no mundo que
não se torne natural e não
há natural que não se
transforme. (L.PL.)

À minha Avó Zezé (In Memoriam)...
Nas horas mais difíceis de minha
vida acreditou...

À minha querida tia Sinhá (In Memoriam)
Pelas lições de humildade que recebi com
seu exemplo de vida.

À meus pais Ivan e Iris e a meus queridos
irmãos: Francisco, Eliane, Ivana e Soraya, pelo
apoio e carinho que recebi ao longo dessa
jornada.

À minha esposa Zana e a meus filhos Fernanda,
Ivan e Igor...Tantas privações lhes causei com
minha ausência...

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente agradeço por ter chegado até aqui.

A Universidade Federal de Alagoas (UFAL), através da Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa (PROPEP), em nome do então, Pró Reitor prof: Rodrigo Ramalho, por ter concedido uma bolsa de recém graduado através da CAPES.

Ao prof:Ednaldo Afonso M. Melo então coordenador do Núcleo de Pesquisa Tecnológica da UFAL por me liberar em tempo integral para esse trabalho e ao prof: Amaro M. de Carvalho diretor do Centro de Tecnologia por tornar válida essa liberação.

A atual direção da PROPEP (UFAL) em nome do prof: Abel Tendório Cavalcanti, pelo auxílio PROPEP concedido após término da bolsa da CAPES.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), que concedeu-me quatro meses de ajuda financeira para o término desse trabalho.

Aos técnicos e funcionários de trabalho em hidrometeorologia da SUDENE em nome do Dr: Benedito Seraphim, que não mediram esforços para atender aos pedidos de dados necessário à este trabalho quando a eles solicitados.

Ao 3 DISME - Pe, em nome dos Drs: Carlos e Machadinho, pelas informações valiosas de dados de evaporação da região estudada.

Ao DNAEE, em nome do Dr: Alfran e ao C.P.R.M.- SUREG-Pe. em nome do Dr: José Maria Cabral, pelos dados diários de vazão utilizados nesse trabalho cedidos gentilmente por eles de

forma incondicional.

Aos profs: da área de Engenharia de Recursos Hídricos do Departamento de Eng: Civil da UFPB: Raimundo Sergio Góis, Janiro Costa Rêgo; Vajapeyan S. Srinivasan, Eduardo Enéas de Figueiredo, José do Patrcínio T. de Albuquerque, Manoel Gilberto de Barros, Sarma K. V. Seemanapalli, Gledsneli Maria de Lima Lins, meus agradecimentos pelos ensinamentos recebidos durante o período de estudo.

Ao prof: Sergio Góis, que sempre que possível me dava uma "dose" de ânimo junto as discussões sôbre modelos hidrológicos.

Aos profs: Janiro C. Rêgo e Gledsneli L. Lima, agradeço as orientações não acadêmicas e o apoio recebido pelos mesmos.

Ao meu orientador prof: Srinivasan pela eficiente e precisa orientação.

Ao prof: Eduardo, também meu orientador, meus agradecimentos pela eficiente orientação e a paciência principalmente no início desse trabalho.

Aos funcionários técnico - adiministrativos e de apoio do laboratório de hidráulica da UFPB, que direta ou indiretamente compartilharam comigo no nosso dia a dia na realização desse trabalho.

Ao Raulino, meus agradecimentos pelos constantes trabalhos de datilografia indispensável à esse trabalho.

A gradeço também ao Paulinho, pelos desenhos elaborados por ele nessesário à esse trabalho.

Ao prof: Roberaldo c. de Sousa, EEM UFAL, pelo o apoio e orientação ao começar este trabalho.

Ao prof: Carlos Milito, EEM UFAL (In Memoriam), pelo incentivo e apoio que recebi ao iniciar esse trabalho.

Ao prof: Antônio C. M. da Silva, CCEN UFAL, meu incentivador desde o início de minha vida universitária ainda no Rio de Janeiro.

Finalmente agradeço aos meus companheiros de turma: Frederico Tejo Di Pace, Nelson César dos Santos, Florisvaldo Xavier Guedes e Alcides. Foram os que compartilharam comigo os bons e os maus momentos ao longo dessa jornada.

RESUMO

O escoamento superficial da bacia do Rio Piancó, na região semi-árida do nordeste brasileiro, foi avaliado através do modelo NAVMO, Niederschlag - Abfluss Verdunstung Modell, (Modelo de Precipitação - Vazão e Evaporação). É um modelo determinístico de Chuva - Vazão, diário e distribuído, baseado na concepção de que a bacia hidrográfica é considerada como um sistema de reservatórios e utiliza o conceito da Curva Número da " Soil Conservation Service" (SCS), para avaliar a influência da cobertura do solo através da capacidade de armazenamento de água nos reservatórios do sistema. Utilizou-se uma série de 20 anos correspondente ao período 1964 - 1983, de precipitação, vazão e evaporação dessa bacia. Para calibração de seus parâmetros foi utilizado o método de tentativa e erro e para simulação, foi utilizada a média representativa dos parâmetros encontrados na calibração de cada ano. Os resultados mostraram um ajuste satisfatório aos dados observados. Houve uma correspondência muito boa, tanto na distribuição quanto nos valores extremos das vazões simuladas. Assim, o modelo NAVMO pode ser considerado promissor para futuras utilizações em bacias com características semelhantes a bacia do Rio Piancó.

ABSTRACT

The surface runoff from the hydrologic basin of River Piancó in the semi-arid region of the Northeast of Brazil was evaluated using the model NAVMO - Niederschlag abfluss verdunstung modell, (Rainfall-Runoff-Evaporation Model). This is a deterministic, distributed parameter rainfall-runoff model for daily values. Based on the concept that the hydrologic basin can be treated as a system of reservoirs, the model utilizes the concept of Curve Number of the "Soil Conservation Service"(SCS) for evaluating the influence of soil cover on the capacity of the surface reservoir of the system. A twenty-year data series of rainfall, runoff and evaporation corresponding to the period 1964-1983, was used for calibration and verification. For the purpose of calibration of the parameters involved a trial and error method was used and for the simulation, the mean yearly representative values of the parameters were utilized. The results showed a satisfactory agreement between the observed and computed values. A very good correspondance was observed, both in distribution, and extreme values of the simulated runoff. Thus, the NAVMO model may be considered promising for future utilization in basins with characteristics similar to that of the Pianco basin.

SUMÁRIO

Epigrama	ii
Dedicatória	iii
Agradecimentos	iv
Resumo	vii
Abstract	viii
Sumário	ix
CAPÍTULO I	1
1 - Introdução	1
CAPÍTULO II	4
2 - REVISÃO DE LITERATURA	4
2 . 1 Considerações Gerais	4
2 . 2 Sistemas	4
2 . 3 Simulação	5
2 . 4 Modelos	6
2.4.1 Modelos Físicos	6
2.4.2 Modelos Analógicos	6
2.4.3 Modelos Matemáticos	6
2 . 5 Modelos de Precipitação Vazão	8
CAPÍTULO III	11
3 - O Modelo NAVMO	11
3 . 1 Características Gerais	11
3 . 2 Cálculo da Lâmina dos Escoamentos nas sub-bacias	14
3.2.1 Capacidade dos reservatórios.	19
3.2.2 Cálculo do escoamento total na sub-bacia	20

3.2.3 Cálculo da precipitação nas sub-bacias	22
3.2.4 Acompanhamento do escoamento nos canais	24
3.3.1 Cálculo da Precipitação nas Sub-bacias	21
3.3.2 Acompanhamento do Escoamento nos Canais	23

CAPÍTULO IV

4 - Características Gerais da Bacia do Rio Piancó	27
4 . 1 Generalidades	27
4 . 2 Características Gerais da Região do Rio Piancó	27
4 . 3 Características Físico-Morfológicas	28
4 . 4 Características Climatológicas	32
4.4.1 Temperatura	34
4.4.2 Umidade Relativa do Ar	35
4.4.3.Evaporação	36
4.4.4 Pluviometria	37
4.4.5 Fluviometria	39

CAPÍTULO V

5 - Aplicação do Modelo à Bacia do Rio Piancó	43
5 . 1 Dados Necessário à Aplicação do modelo	43
5.1.1 Dados Hidroclimatológicos	43
5.1.2 Dados fisiográficos das sub-bacias	47
5 . 2 Os parâmetros do modelo NAVMO .	56
5 . 3 Calibração e simulação dos resultados	57
5.3.1 Calibração dos Parâmetros do Modelo	57
5.3.2 Simulação de Resultados	59

CAPÍTULO VI

6 - Discussão dos Resultados	114
6 . 1 Estrutura do Modelo	114
6 . 2 Sensibilidade dos parâmetros do modelo	115
6 . 3 Discussão dos resultados da simulação	117

CAPÍTULO VII

7 - Conclusões e Sugestões	121
7 . 1 Conclusões	121
7 . 2 Sugestões	122
8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
9 - ANEXO	128
Estrutura de Arquivos utilizados no programa do Modelo	133
Simulações Contínuas	146

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Desde o final do século passado a problemática da escassez de água no Nordeste Brasileiro, principalmente nas regiões semi-áridas, têm sido objeto de estudos sobre o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas (Viana 1986).

Os primeiros estudos e levantamentos dos recursos naturais da região, datam do final do século passado e foram realizados pela Inspetoria de Obras Contra as Sêcas (IOCS). Algum tempo depois, já neste século, estudos dos recursos hídricos do Nordeste foram feitos pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Sêcas (DNOCS), assim como a implantação de vários mananciais para a minimização do problema da seca.

Com o advento da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), em 1958, numerosos estudos e levantamentos de recursos naturais foram acrescidos àqueles já realizados para a região Nordeste, por outros órgãos. Dentre eles e na linha de estudos hidrológicos, os que mais se destacaram foram os programas das Bacias Representativas e Experimentais, tendo como instituição assessora o "Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coperation da França".

Os estudos da SUDENE, assim como os de outras instituições, utilizaram modelos matemáticos de diferentes conceituações para simular os diferentes processos do ciclo

hidrológico. Vários modelos , chuva x vazão, têm sido testados para planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, na região Nordeste, como por exemplo MOPH-2 VARIANT I (Modelo Plúvio-Hidrométrico) proposto por Silveira (1981), o modelo MOHTSAR (Modelo Hidrológico para o Trópico Semi-Árido) proposto por Marwel e Lanna (1986) e sua versão atual auto calibrável, o modelo MODHAC, apresentado por Lanna e Schwarzbach (1989), o modelo SMAP proposto por Lopes e Braga (1981), o modelo TANK MODEL, proposto por Sugawara (Suzuki e Gois 1987), etc.

Os vários modelos de simulação de vazão que se encontram na literatura, principalmente aqueles testados no Nordeste, são, na maioria, modelos não distribuídos, e a nível mensal. Parece que poucos modelos, com menor base de tempo, por exemplo diário, tem sido testados para a região Nordeste, e não há indicações na literatura sobre o ajustamento de um modelo distribuído que leve em consideração as condições de uso do solo da bacia.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o escoamento superficial através do modelo NAVMO (Niederschlag Abfluss Verdunstung Modell), para a região nordeste do Brasil. O NAVMO é um modelo determinístico de Chuva-Vazão-evaporação , a nível diário é do tipo distribuído, e foi desenvolvido por Overland e Kleeberg (1989), no Instituto de Recursos Hídricos da Universidade de Bundeswehr, Munique- Alemanha. Este modelo utiliza em seu programa muitas rotinas encontradas no modelo FGMOD, (Ludwig 1981) e o conceito de Curva Número, desenvolvido pelo Soil Conservation Service (S.C.S), o que permite modelar a bacia levando-se em consideração as

variabilidades do uso do solo.

O modelo será apresentado e discutido sucintamente neste trabalho, e sua aplicação será feita para uma bacia do semi-árido do estado da Paraíba. A eficiência do modelo será analisada e os resultados serão discutidos.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA.

2.1 - Considerações gerais.

A modelagem dos processos hidrológicos que ocorrem em uma bacia hidrográfica baseia-se, normalmente, em hipóteses sobre o comportamento físico do sistema. Os modelos desenvolvidos e aplicados na bacia pretendem reproduzir a resposta do sistema às entradas hidrológicas do sistema (Precipitação, Evaporação, Temperatura etc.). Tais instrumentos, após a calibragem, permitem explorar as implicações de fazer certas hipóteses sobre a natureza do sistema real e prever seu comportamento do sobre outras circunstâncias que realmente poderiam ocorrer (Beven 1989).

Neste capítulo apresentam-se os conceitos introduzidos nessas ferramentas matemáticas e computacionais capazes de serem aplicados para a bacia em estudo, Bacia do Rio Piancó, situada à sudoeste do estado da Paraíba. Inicialmente, serão apresentadas algumas definições básicas, e, em seguida, uma breve revisão dos tipos de modelos de Precipitação x Vazão e uma discussão sobre os modelos já utilizados na região semi-árida.

2.2 - O sistema.

Revisando os conceitos utilizados para definir um

sistema, Dooge(1973), conclui: Um sistema é qualquer estrutura, esquema ou procedimento real ou abstrato, que em um dado tempo de referência, interrelaciona-se com uma entrada (causa ou estímulo) e uma saída (efeito ou resposta).

2.3 - Simulação.

Hall & Dracup (1970) e Loucks (1981), definem simulação como um conjunto de expressões matemáticas estruturadas em uma sequência lógica que descreve a operação do sistema no espaço e no tempo. Assim a simulação procura representar um sistema em seus aspectos importantes. No processo de simulação geral a solução "ótima", pode ser encontrada por tentativas e erros.

Segundo Lanna (1989), (citando Marwell 1985), a utilização de técnicas de simulação permitem ainda:

- a - Estudar e experimentar as complexas interações de um determinado sistema hidrológico.
- b - Oferecer valiosa introversão no sentido do conhecimento das variáveis mais atuantes do sistema e caracterizar a influência de outras sobre sobre ele.
- c - Fornecer previsões a respeito de situações sobre as quais se tem pouca ou nenhuma informação.

Um outro conceito de simulação é dado por Hufschmidt e Fiering (Viana 1986), o qual diz que trata-se de um processo que reproduz a essência de um sistema ou atividade sem na verdade interceder no mesmo.

2.4 - Modelos.

Um modelo é uma representação do sistema, podendo para tanto ser classificado em Físico, Analógico ou Matemáticos. Com os novos recursos da informática a utilização dos modelos matemáticos de simulação aumentaram de forma sensível proporcionando, cada vez mais, uma melhor reprodução do sistema físico, principalmente do ciclo hidrológico.

2.4.1 - Modelos Físicos.

Os modelos físicos geralmente representam o sistema através de um protótipo em escala menor. Na hidráulica, a teoria da semelhança é utilizada para o estabelecimento dos modelos reduzidos (Tucci 1987).

2.4.2 - Modelos Analógicos.

Os modelos analógicos têm por base a analogia que rege diferentes fenômenos, por exemplo, a analogia entre as equações do escoamento hidráulico e de um circuito elétrico, o que permite representar o sistema hidráulico em um circuito elétrico correspondente. São particularmente usados em sistemas cujas características geométricas, se reduzidas, acarretariam dificuldades ou distorções.

2.4.3 - Modelos Matemáticos.

Os modelos matemáticos de simulação hidrológica podem ser basicamente classificados em duas vertentes (Fleming 1977): Os determinísticos e os estocásticos. Os últimos incorporam

conceitos probabilísticos e as variáveis hidrológicas são consideradas como aleatórias. A maioria dos primeiros, em geral, tentam representar matematicamente as leis que regem a física dos processos. No presente trabalho, o interesse maior está relacionado aos modelos determinísticos de chuva x vazão.

Os modelos matemáticos determinísticos são ainda caracterizados pelos seguintes aspectos:

I - Contínuo ou eventual. "Um sistema pode modificar-se continuamente, mas para efeito de projeto os registros são efetuados em intervalos discretos de tempo. A escolha do intervalo depende da economia desejada e da precisão dos resultados que são, em geral, conflitantes entre si. À medida que o intervalo diminui, o custo para obter os dados e processá-los aumenta em favor da melhoria da precisão dos resultados" (Tucci 1987). Um modelo é dito contínuo quando simula continuamente uma série hidrológica, em contraposição aos modelos que realizam a simulação por evento (Lopes 1987). No primeiro caso, apesar dos intervalos de tempo serem discretos, considera-se que o modelo simula um fenômeno contínuo; no segundo, o modelo simula apenas um evento discreto.

II - Concentrado (global) ou distribuído - "Um modelo é concentrado quando seus parâmetros e variáveis variam somente em função do tempo. Quando esses componentes variam segundo o espaço do sistema o modelo é dito distribuído" (Tucci 1987).

III - Empírico, ou conceitual, ou fundamental - Os modelos conceituais são um meio termo entre os modelos baseados

nas equações que descrevem o processo físico (modelos fundamentais, hidrodinâmicos, ou "baseados no processo") e os modelos empíricos, do tipo "caixa preta" (Método de correlação, regressão e teoria das probabilidades, por exemplo), nos quais o conhecimento sobre o processo físico é ignorado, ao menos inicialmente (Dooge 1979).

Maiores informações a respeito de classificação e conceituação de modelos matemáticos para hidrologia são fornecidas por Clark 1973, Overton e Meadows 1976, Fleming 1977, Fleming 1979, Dooge 1979, Branson et alii 1981, Haan et alii 1982, Tucci 1988, Magalhães 1989.

2.5 - MODELOS DE PRECIPITAÇÃO - VAZÃO.

Entre os modelos de precipitação vazão os mais difundidos e utilizados são os modelos conceituais determinísticos, pela facilidade de construção e a possibilidade de incorporar os conceitos ligados diretamente aos processos físicos. Desde a formulação do modelo Stanford, muitos hidrólogos têm desenvolvido e utilizado com maior frequência ferramentas desse tipo (Dubreuil 1982). O termo "conceitual" estaria ligado ao fato de que a forma de cada modelo dependeria da concepção do seu construtor (Ibbitt e O'Donnell 1971).

O ORSTOM da França desenvolveu, entre outros, o modelo MODIBI (Ibiza 1983, 1985, 1988), para utilização em bacias representativas da África, com o objetivo de quantificar o escoamento superficial e de classificar hidrologicamente as bacias. É um modelo do tipo conceitual global, e representa o balanço hídrico através de um sistema de reservatórios. Esse

modelo já foi utilizado em bacias representativas do nordeste semi-árido do Brasil. Galvão (1990), utilizou esse modelo e obteve bons resultados na bacia experimental de Sumé, no estado da Paraíba.

Entre os modelos conceituais mais conhecidos estão o SSARR, do US Army Corps of Engineers, o Stanford Watershed Model, da Universidade de Stanford, o de Boughton, Austrália, o Mero de Israel, O Institute of Hydrology Model da Grã - Bretanha, entre outros (Glark 1973, Fleming 1977). No Brasil os mais utilizados são: SMAP (Lopes et alii 1981), o IPH-II (Tucci et alii 1981, Tucci 1987), o MOHTSAR (Marwei Filho e Lanna 1986) e o MODHAC (Lanna e Schwarzbach 1989).

Cada um dos modelos precipitação - vazão acima citados, têm suas características próprias e já fôram testados no Brasil em diferentes regiões e, sob diferentes condições. No semi-árido do nordeste, a maioria desses modelos foi testado em bacias representativas e, segundo os autores, apresentaram bons resultados na simulação a nível mensal. Ferreira Filho (1976), em um estudo didático, utilizou três modelos para avaliar o escoamento superficial da bacia hidrográfica do posto fluviométrico Fazenda Cajazeiras, localizado no Rio Acaraú no estado do Ceará. Foram eles: O Modelo PLÚVIO-HIDROMÉTRICO MOPH-2 VARIANT I, de Silveira (1981), o Modelo de BOUGHTON SIMPLIFICADO Jones (1970), e o Modelo CLAUDE MICHEL MODIFICADO, (Michel, 1983). Ferreira Filho concluiu que o modelo BOUGHTON SIMPLIFICADO é o mais adequado para a região com simulação a nível mensal. Os diversos estudos realizados na região revelam a dificuldade em

se encontrar um modelo ideal chuva-vazão a nível diário para o semi-árido do nordeste brasileiro. Por esta razão faz-se neste trabalho, uma tentativa de encontrar um modelo que pudesse dar um bom resultado na avaliação do escoamento superficial a nível diário de uma bacia hidrográfica. Optou-se então, pelo modelo NAVMO, um modelo determinístico de chuva - vazão, diário e distribuído, que leva em conta às condições de uma bacia com diferentes condições do solo encontradas na região em estudo. O modelo NAVMO será apresentado em detalhe no capítulo a seguir.

CAPÍTULO III

O MODELO NAVMO.

3.1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS:

O nome NAVMO, engloba as letras iniciais de NIEDERSCHLAG, ABFLUSS, VERDUNGSTUNGS MODELL, modelo de precipitação-vazão-evaporação desenvolvido pelos hidrólogos Halvor Overland e Hans B.Kleeberg (1989), do Institute Für WassermWesen Universität der Bundeswehr, Munchen - Alemanha.

O NAVMO, é um modelo diário, conceitual, determinístico, distribuído que simula o comportamento hidrológico de uma bacia a longo termo.

As transformações de precipitações efetivas no escoamento superficial, tem como base a equação do balanço hídrico na fase terrestre, aplicada à bacia através de dois reservatórios hipotéticos, que controlam o escoamento superficial, sub-superficial e subterrâneo. Para avaliar o armazenamento de água nos reservatórios do sistema o modelo utiliza o método de curva-número (C.N.), desenvolvido pelo "Soil Conservation Service" S.C.S. (1982), dos Estados Unidos da América.

A figura 3.1 mostra o fluxograma de procedimento ou operação do modelo. Pode-se observar que o modelo NAVMO tem como dados principais de entrada a precipitação e a evaporação potencial. As vazões observadas, que também fazem parte dos

dados de entrada, não estão indicadas no fluxograma, porém é um dado que serve para a calibragem dos parâmetros do modelo e para a avaliação do modelo pelas vazões simuladas.

O modelo calcula o escoamento total numa sub-bacia como a soma das vazões resultantes do escoamento superficial direto, escoamento sub-superficial (interflow) e o escoamento subterrâneo. Esta vazão total é acompanhada ao longo dos trechos das calhas do rio até a estação fluviométrica próxima ou a confluência com outro curso d'água ou um reservatório. O escoamento é acompanhado na mesma sequência cronológica da geração nas sub-bacias, e as vazões que chegam ao mesmo tempo na estação fluviométrica, onde há registro de vazão, ou a desembocadura da bacia, onde as vazões simuladas são as desejadas.

A divisão da bacia hidrográfica em suas sub-bacias, a identificação da sequência da geração dos escoamentos nas sub-bacias e os trechos dos rios em que as vazões são acompanhadas é o passo inicial para aplicação do modelo NAVMO, seja na fase de calibragem ou seja na fase de simulação. Esta sequência é seguida pelas rotinas de cálculo dos diversos componentes do escoamento.

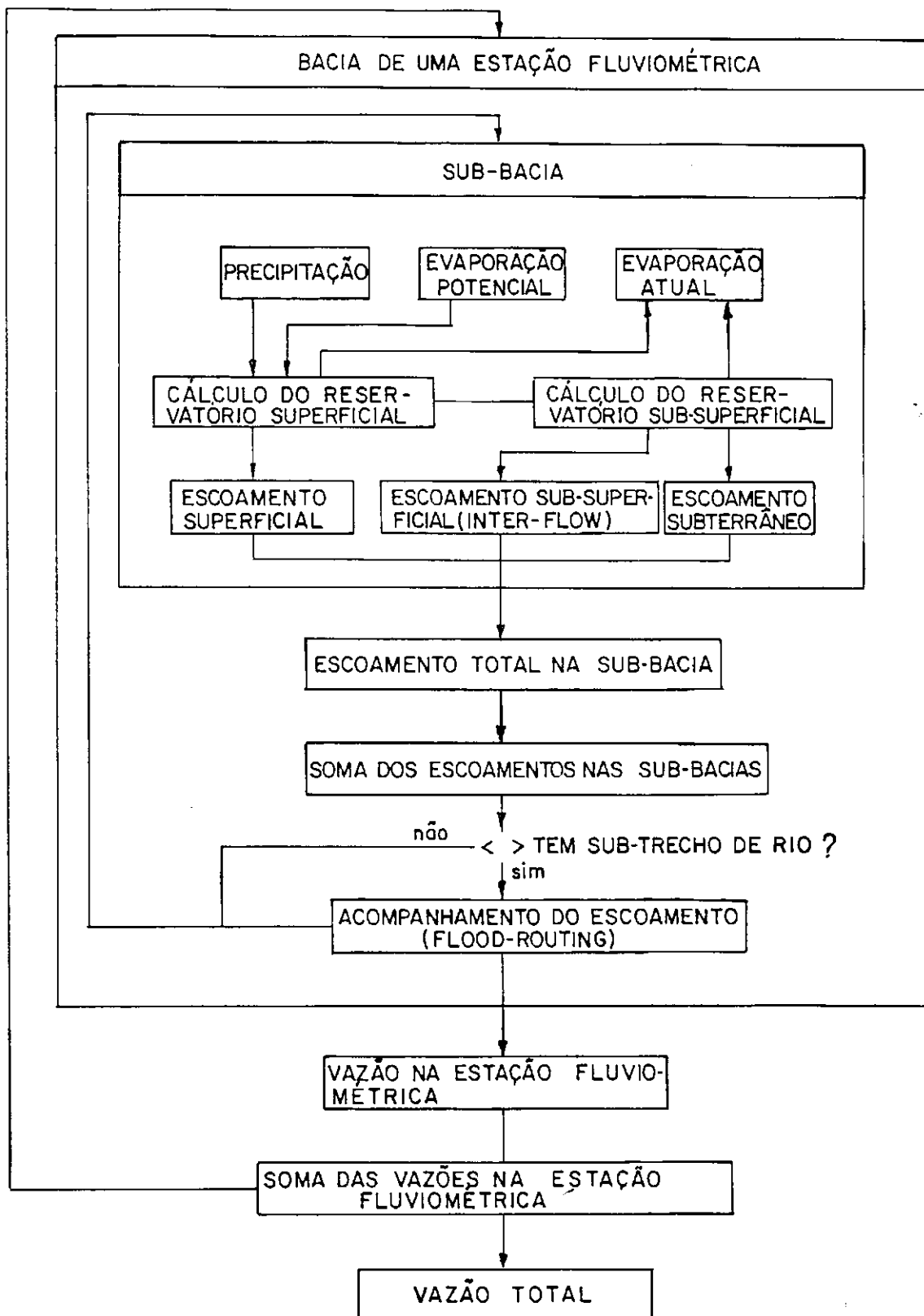
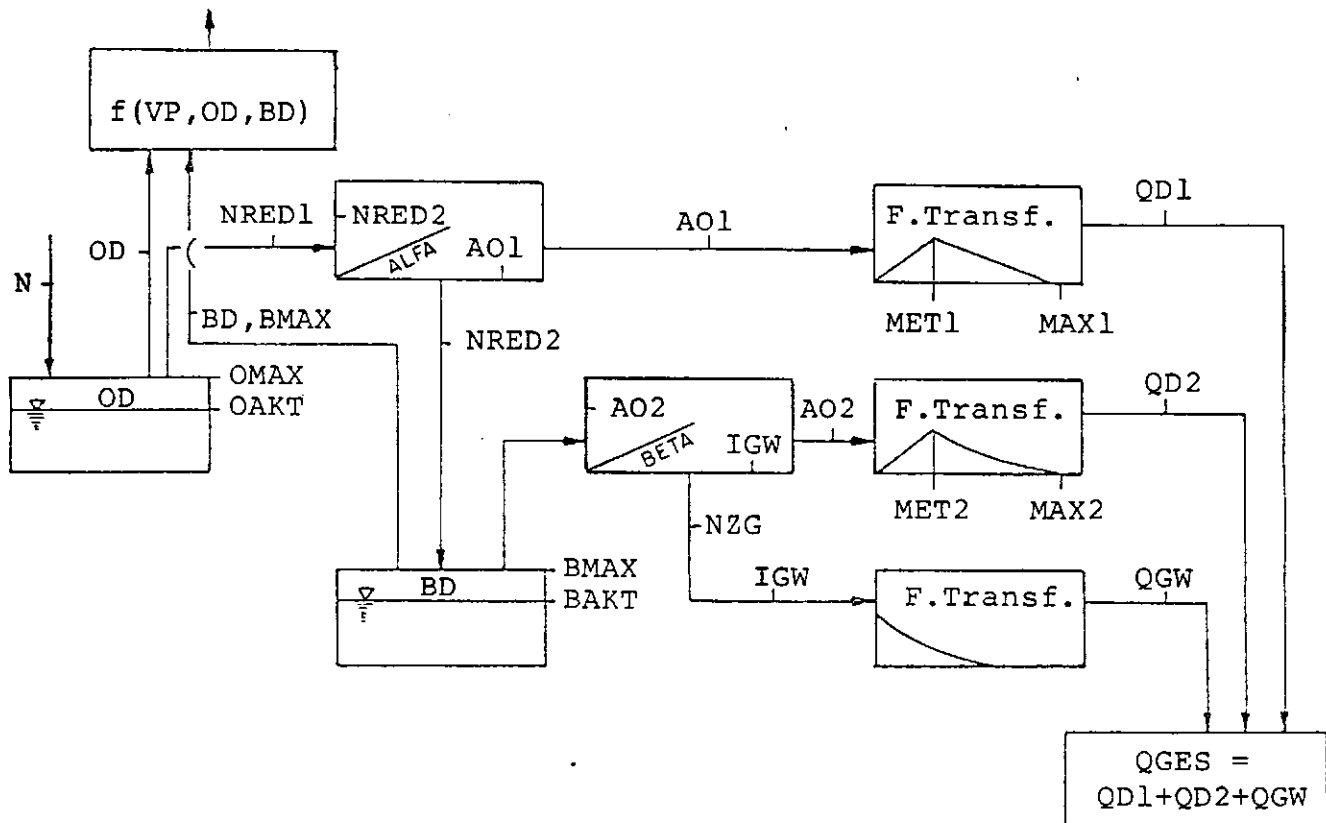


Fig. 3.1 - Fluxograma do Modelo NAVMO.

3.2 - Cálculo da Lâmina dos Escoamentos nas Sub-Bacias

O cálculo dos escoamentos nas sub-bacias é feito individualmente considerando um sistema de dois reservatórios hipotéticos. O esquema físico montado na figura 3.2 mostra as diversas etapas dos processos considerados para o cálculo da vazão total. Os reservatórios têm a função principal de regular os componentes do escoamento total e, portanto, são considerados em dois níveis: Um é o reservatório superficial abastecido pela precipitação que permite a evaporação, a infiltração e o escoamento direto. O outro é o reservatório subterrâneo, abastecido pela infiltração, que possibilita os processos de evaporação, escoamento subterrâneo rápido (interflow) e o escoamento subterrâneo lento (Escoamento de base).

Os níveis iniciais de água em cada reservatório são controlados pela evaporação e pelo incremento de umidade na superfície até a saturação ser atingida. Só haverá contribuição ao escoamento após o transbordamento dos reservatórios. O excesso do reservatório superficial contribuirá ao escoamento direto e alimentará o reservatório sub-superficial. O excesso do sub-superficial contribuirá ao escoamento sub-superficial e subterrâneo.



- ALFA : Parâmetro do reservatório superficial
 AO1 : Precipitação efetiva para o escoamento superficial
 AO2 : Lâmina d'água efetiva para o escoamento sub-superficial
 BAKT : Umidade atual do reservatório do solo
 BD : Deficit de umidade do reservatório do solo
 BETA : Parâmetro do Reservatório sub-superficial
 BMAX : Capacidade de armazenamento máxima do solo
 IGW : Lâmina d'água efetiva para o escoamento subterrâneo
 K : Parâmetro do reservatório subterrâneo
 MAX1 : Tempo de base do escoamento direto
 MAX2 : Tempo de base do escoamento sub-superficial
 MET1 : Tempo para atingir o pico do escoamento superficial
 MET2 : Tempo para atingir o pico do escoamento sub-superficial
 N : Precipitação
 NRED1 : Transbordo do reservatório superficial
 NRED2 : Parte do transbordo de água que vai suprir o solo
 NZG : Transbordo do reservatório sub-superficial
 OAKT : Umidade atual do reservatório superficial
 OD : Deficit de umidade do reservatório superficial
 OMAX : Capacidade de armazenamento máxima da superfície
 QD1 : Escoamento Direto
 QD2 : Escoamento sub-superficial
 QGES : Descarga total
 QGW : Escoamento subterrâneo
 VA : Evaporação atual
 VP : Evaporação potencial

Fig. 3.2 - Esquema dos Processo de Precipitação - vazão-Evaporação no Modemo NAVMO.

A diferença entre o estado atual de umidade e a saturação é utilizada como critério para observar se a precipitação será absorvida ou escoada. O escoamento só ocorrerá quando a saturação for atingida em ambos os reservatórios, que pode ser representada pelas condições: para o reservatório superficial,

$$N(t) - VA(t) - OD(t-1) > 0 \quad (\text{mm/d}) \quad (3.1)$$

e

para o reservatório subterrâneo,

$$N(t) - VA(t) - OD(t-1) - A01(t) - BD(t-1) > 0 \quad (\text{mm/d}) \quad (3.2)$$

onde:

$N(t)$ - Precipitação em um intervalo de tempo t .

$VA(t)$ - Evaporação atual em um intervalo de tempo t .

$OD(t-1)$ - Deficite de água no reservatório superficial antecedente

$BD(t-1)$ - Deficite de água no reservatório subterrâneo antecedente.

$A01(t)$ - Lâmina do escoamento superficial direto.

e

Os defícites são dados por:

$$OD(t) = O_{MAX} - O_{AKT} \quad (\text{mm/d}) \quad (3.3)$$

e

$$BD(t) = B_{MAX} - B_{AKT} \quad (\text{mm/d}) \quad (3.4)$$

Sendo:

O_{MAX} - Capacidade máxima do reservatório superficial.

BMAX - Capacidade máxima do reservatório sub-superficial.

OAKT - Umidade atual do reservatório superficial.

BAKT - Umidade atual do reservatório sub-superficial.

Se as condições das equações 3.1 e 3.2, não forem satisfeitas, não haverá nenhum tipo de escoamento. Entretanto, outros critérios que condicionam a transformação da precipitação são verificados.

Quando não ocorre precipitação, a intensidade da evaporação assume o valor da evaporação potencial (VP) até o reservatório superficial secar completamente ($OD(t) = OMAX$) dando início a evaporação no sub-solo, e, conseqüentemente, aumentando seu deficit de umidade. A evaporação atual para o solo é obtida multiplicando-se a evaporação potencial (VP) pelo fator EET de calibração do modelo:

para $OD(t) < OMAX$ mm/d (3.5)

$$VA(t) = VP$$

e

para $OD(t) = OMAX$ mm/d (3.6)

$$VA(t) = EET * (VP) * (BMAX - BD(t-1)) / BMAX$$

Para calcular o deficit de umidade no solo são válidas as seguintes equações:

para $VA(t) < \{BMAX - BD(t-1)\}$ e $OD(t) = OMAX$

$$BD(t) = BD(t-1) + VA(t) \quad \text{mm/d (3.7)}$$

para $VA(t) > \{BMAX - BD(t-1)\}$ e $OD(t) = OMAX$

$$BD(t) = BMAX \quad \text{mm/d (3.8)}$$

e

para $VA(t) = VP$ e $OD(t) < OMAX$

$$BD(t) = BD(t-1) \quad \text{mm/d (3.9)}$$

O deficit do reservatório superficial é dado por:

$$OD(t) = OD(t-1) + VA(t) - N(t) \quad (\text{mm/d}) \quad (3.10)$$

Se durante uma precipitação o reservatório superficial encher completamente, isto é, $OD(t) = 0$, o transbordamento desse reservatório ($NRED1$) é obtido pela equação:

$$NRED1(t) = N(t) - OD(t-1) - VA(t) \quad (\text{mm/d}) \quad (3.11)$$

Uma parcela desse transbordo se converte em lâmina do escoamento superficial ($A01$), enquanto a outra ($NRED2$) infiltra no sub solo e diminuindo o deficit de umidade do solo, estabelecidas pelas relações abaixo:

$$A01(t) = (ALFA) * NRED1(t) \quad \text{mm/d} \quad (3.12)$$

$$NRED2(t) = (1 - ALFA) * NRED1 \quad \text{mm/d} \quad (3.13)$$

Sendo ALFA um parâmetro de calibração do modelo.

O deficit de umidade do sub-solo é dada por:

$$BD(t) = BD(t-1) - NRED2(t) \quad \text{mm/d} \quad (3.14)$$

Quando $NRED2(t)$, da equação 3.13, for maior que $BD(t-1)$, isto é $BD(t) = 0$, a umidade excedente $NZG(t)$, será dado por:

$$NZG(t) = NRED2(t) - B(t-1) \quad \text{mm/d} \quad (3.15)$$

O excesso de água fornecido pela equação 3.15, se divide em duas parcelas: A parcela $A02(t)$, que é a lâmina do

escoamento sub-superficial e a outra IGW(t), que comporá o escoamento subterrâneo. Essas parcelas são calculadas pelas seguintes equações:

$$A02(t) = BETA * NZG(t) \quad \text{mm/d} \quad (3.16)$$

$$IGW(t) = (1 - BETA) * NZG(t) \quad \text{mm/d} \quad (3.17)$$

Sendo BETA, também, um parâmetro de calibração do modelo.

Assim as equações (3.12); (3.15); e (3.17), fornecem as lâminas dos escoamentos: direto, sub-superficial e subterrâneos respectivamente.

3.2.1 - CAPACIDADE DOS RESERVATÓRIOS.

Os parâmetros OMAX e BMAX, refletem as propriedades físico-morfológicas da bacia, e dependem portanto do tipo de solo, cobertura vegetal e relevo. No modelo NAVMO eles são calculados pelo método da curva número (CN), desenvolvido pelo Soil Conservation Service (S.C.S), a partir das características físicas das bacias. No caso do relevo, sua obtenção pode ser feita através de cartas planialtimétricas da região em estudo.

A obtenção de BMAX, que representa a capacidade do reservatório do sub - solo, poderá ser feita levando-se em consideração que este parâmetro corresponde a capacidade de infiltração potencial máxima do solo, que depende do seu tipo,

uso e da cobertura vegetal. O método do S.C.S fornece a infiltração potencial máxima, calculada através da equação abaixo:

$$S = 25,4 * [(1000/CN) - 10] = BMAX \quad \text{mm} \quad (3.18)$$

Onde:

CN é um número que depende das características físico-morfológicas da bacia e do uso do solo. Na discussão dos resultados serão feitos alguns comentários a respeito desse número.

O parâmetro OMAX, além do valor de CN, também depende da declividade da bacia podendo ser calculado através de uma equação exponencial que exprime uma maior ou menor capacidade do reservatório superficial.

$$OMAX = (S/10) \text{ EXP}(-4 * GEBGEF) \quad \text{mm} \quad (3.19)$$

Sendo:

GEBGEF a declividade média da sub-bacia (%) e S calculado pela equação 3.18.

3.2.2 - CÁLCULO DO ESCOAMENTO TOTAL NAS SUB-BACIAS.

O modelo NAVMO calcula o escoamento total pela soma dos componentes dos escoamentos superficial direto, subsuperficial e subterrâneo.

O escoamento direto $QD1(t)$, será obtido através de uma função linear sub-dividida em duas partes: A primeira corresponde a subida do hidrograma e a segunda a recessão.

Os parâmetros MET1, (tempo para atingir o pico do escoamento superficial) e MAX1, (tempo de base do escoamento direto), mostrados na figura 3.2, são utilizados nas duas equações para o cálculo desse escoamento; a saber:

Para $J < MET1$

$$QD1(t+J) = (2*(J)*A01(t)*AE) / MET1 * MAX1 \quad (m^3/d) \quad (3.20)$$

Para $J > MET1$

$$QD1(t+J) = (2*(MAX1-J)*A01(t)*AE) / MAX1*(MAX1-MET1) \quad (m^3/d) \quad (3.21)$$

Onde:

$(t+J)$ = Intervalo de tempo.

AE = Área da sub-bacia.

MET1 = Tempo para atingir o pico de vazão (dias)

MAX1 = Tempo de base do escoamento superficial. (dias)

O escoamento sub-superficial $QD2(t)$, é obtido através de um hidrograma unitário em que a subida do hidrograma é definida por uma função linear, enquanto a recessão é definida por uma função exponencial. Os parâmetros MET2 e MAX2, que têm o mesmo significado físico dos parâmetros MET1 e MAX1 no escoamento direto, são inseridos nas equações utilizadas para o cálculo dessa componente do escoamento.

Para $J < MET2$

$$QD2(t+J) = QM(t) * J / MET2 \quad (m^3/d) \quad (3.22)$$

Para $J > MET2$

$$QD2(t+J) = QM(t) * [1.1 * \exp(zp) - 0,1] \quad (m^3/d) \quad (3.23)$$

Sendo:

$$QM(t) = A02(t)*AE / [(MAX2-MET2)*(1/\ln(1,1-0,1)) + MET2 * 0,5] \quad (3.24)$$

e

$$zp = (\ln(0,1/1,1)) * (J - MET2) / (MAX2 - MET2) \quad (3.25)$$

O escoamento subterrâneo é considerado como a vazão de um reservatório linear, sendo sua função dada por:

$$QGW(t) = AGW(t) * AE \quad (\text{m}^3/\text{d}) \quad (3.26)$$

Onde:

$$QGW(t) = \frac{QGW(t-1)}{1 + 1/K} + \frac{IGW(t)*AE}{1 + k} \quad (\text{m}^3/\text{d}) \quad (3.27)$$

Sendo: K uma constante do reservatório a ser calibrada,

IGW a Infiltração no lençol subterrâneo, (mm/d)

QGW a Contribuição do escoamento subterrâneo. (m³/d)

O escoamento total diário QGES(t) em m³/s, é a soma dos três escoamentos divididos por 86.400.

$$QGES(t) = \frac{QD1(t) + QDZ(t) + QGW(t)}{86.400} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (3.28)$$

3.2.3 -Cálculo da Precipitação Média Nas Sub-Bacias

No modelo, o cálculo da precipitação média numa dada sub-bacia pode ser feito através de dois métodos diferentes (Ludwig, 1987):

(i) - O método de Thiessen modificado

(ii) - O método do Ponto Reticular modificado ou Método Modificado das Quadrículas.

Neste trabalho será utilizado o método do ponto reticular que consiste no cálculo da precipitação para uma dada sub-bacia, conforme a equação 3.31, em um intervalo de tempo

(t) das quatro estações pluviométricas mais próximas ao centro da área da sub-bacia, localizadas uma em cada um dos quadrantes relativo ao centro da área. Uma discussão detalhada deste método é apresentada por Ludwig (1987).

A identificação dos postos pluviométricos relacionados com as sub-bacias é feita através da menor distância entre o centro (X_i, Y_i) da sub-bacia, a estação pluviométrica de coordenadas retangulares (X_n, Y_n) , localizada num quadrante s qualquer ou seja:

$$D_s = \min (D_{i,n}) \quad \text{Km} \quad (3.29)$$

sendo $D_{i,n}$ a distância entre o centróide da área i e o posto n, dada por:

$$(D_{i,n}) = [(X_i - X_n)^2 + (Y_i - Y_n)^2]^{1/2} \quad \text{Km} \quad (3.30)$$

A precipitação média numa sub-bacia é calculada conforme a equação abaixo:

$$N_{i,t} = \frac{\sum_{s=1}^4 N_{n,s,t} / D_s R_{ast}}{\sum_{s=1}^4 1 / D_s R_{ast}} \quad \text{mm} \quad (3.31)$$

onde:

$N_{i,t}$ - Precipitação calculada na sub-bacia i, no intervalo de tempo t.

$N_{n,s,t}$ - Precipitação do posto n no quadrante s no intervalo de tempo t.

RAST - Fator de correção dependente da distância do posto.

3.2.4 - Acompanhamento do Escoamento nos Canais

Para o acompanhamento das transformações das descargas pela translação nos trechos dos rios, no modelo NAVMO, pode-se usar as seguintes metodologias:

- (i) - o método da velocidade de fluxo,
- (ii) - o método de Williams,
- (iii) - o método de Kalinin-Miljukov

Neste trabalho, optou-se pela utilização do método de Williams que é descrito adiante. As outras metodologias, são encontradas, em detalhe, na literatura (Kleeberg 1989). Todos os métodos, contudo, admite-se a secção trapezoidal para a secção do canal, com uma calha principal e dois planos laterais de inundação, conforme mostrado na Figura 3.3.

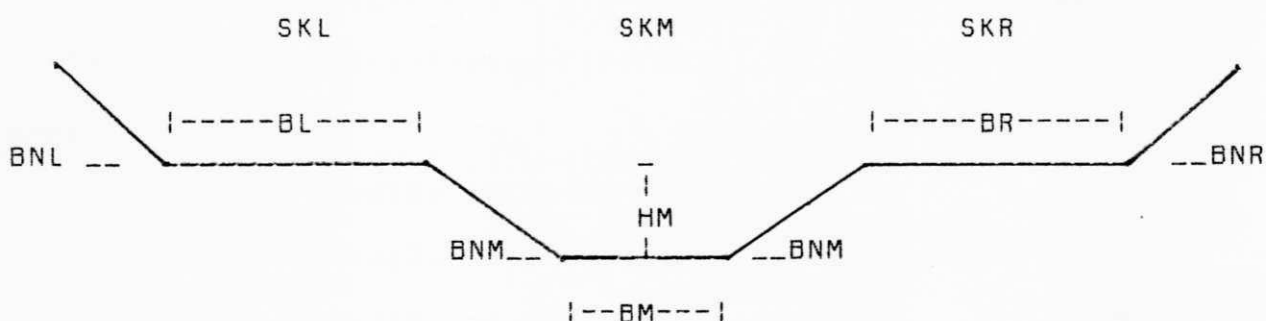


Fig: 3.3-Representação da secção transversal no trecho do rio.

Onde:

- HM - Altura da calha principal (m)
- BM - Largura da base da calha principal (m)
- BL - Largura do plano de inundação esquerdo (m)
- BR - Largura do plano de inundação direito (m)
- BNM - Declividade das paredes laterais do rio

- BNL - Declividade da parede lateral da margem esquerda
 BNR - Declividade da parede lateral da margem direita
 SKM - $1/n$, onde n é o coeficiente de Manning para a calha do Rio
 SKL - $1/n$, onde n é o coeficiente de Manning para o plano de inundação de margem esquerda
 SKR - $1/n$, onde n é o coeficiente de Manning para o plano de inundação de margem direita

O método de Williams baseia-se no processo de translação do hidrograma considerando o processo de retenção no canal. A retenção no canal é descrita por um reservatório com uma constante de retenção dependente das vazões de entrada antecedente atual, e da vazão atual antecedente da descarga, sendo a relação dada por (Kleeberg et al 1989).

$$\begin{aligned}
 QA(t) = & QZ(t) * [1 - f(RK) * [1 - \exp(-1/f(RK))]] + QZ(t-1) \\
 & * [f(RK) * [1 - \exp(-1/f(RK))] - \exp(-1/f(RK))] \\
 & + QA(t-1) * \exp(-1/f(RK)) \quad m^3/s \quad (3.32)
 \end{aligned}$$

onde:

$$\begin{aligned}
 QA(t) &= \text{vazão de saída no instante } t && m^3/s \\
 QZ(t) &= \text{vazão de entrada (atual) no instante } t && m^3/s \\
 QZ(t-1) &= \text{vazão de entrada antecedente} && m^3/s \\
 QA(t-1) &= \text{vazão de saída antecedente} && m^3/s \\
 f(RK) &= \text{fator de retenção no trecho, dado por:} \\
 f(RK) &= (TLA * FYI / 3.6) / q && (3.33)
 \end{aligned}$$

onde q é a vazão média dada por: (Williams, 1969).

$$q = [QZ(t-1) + QZ(t) + QA(t-1)] / 3 \quad (3.34)$$

em que:

TLA = comprimento do trecho de rio (Km)

FYI = área molhada do canal na profundidade i (m²)

A equação 3.33 fornece o tempo de passagem da onda de fluxo desde a entrada até a saída no trecho do rio, (Williams 1969).

No modelo, a função de retenção também é calibrada através da equação de Manning, onde se calcula a velocidade do escoamento, para o leito principal e para os planos de inundação a partir da equação da continuidade. No cálculo da velocidade nas seções, pelo método de Manning, três coeficientes são utilizados que são os parâmetros EKM, para obter a velocidade no canal e EKR e EKL para as velocidades nos planos de inundação direito e esquerdo, respectivamente (Figura 3.3). EKM, EKL e EKR são fatores de multiplicação para o tempo de fluxo no leito do rio ou do canal, tempo de fluxo no plano de inundação da margem esquerda e tempo de fluxo no plano de inundação da margem direita, respectivamente.

Para utilização do modelo NAVMO foi escolhida a Bacia do Rio Piancó, uma sub-bacia do Rio Piranhas, situada no alto setão, a sudoeste do estado da Paraíba, no nordeste brasileiro, que será detalhada e justificada sua utilização no capítulo seguinte.

CAPÍTULO IV

- CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO RIO PIANCÓ

4.1 - Generalidades

A bacia do Rio Piancó foi selecionada para a aplicação do modelo NAVMO, por situar-se em uma região de grande importância agropecuária para o Estado da Paraíba, no Alto Sertão. A mesma é uma sub-bacia do Rio Piranhas. Um modelo eficiente da simulação permite uma quantificação melhor e uma avaliação de seus recursos Hídricos. Sua importância torna-se ainda maior pelo fato de que esta bacia, localizada à montante da estação fluviométrica Piancó, drena para o complexo de mananciais Coremas-Mãe D'água, com múltiplos usos (abastecimento, geração de energia, irrigação, etc.).

Um delineamento da região do Alto Piranhas, limitada pela secção do Sítio Vassouras foi feita com base nos mapas topográficos mostrados na Fig 4.1 Os principais cursos d'água, os postos pluviométricos e fluviométricos localizados na bacia também estão indicados.

4.2 - Características Gerais da Região e da Bacia do RIO PIANCÓ

A região do Alto Piranhas, limitada pela estação do Sítio Vassouras, está compreendida entre as latitudes de $60^{\circ}43'30''$ e $70^{\circ}51'$ sul e as longitudes $37^{\circ}27'$ e $37^{\circ}39'$ a Oeste de

Greenwich, ocupando uma área de aproximadamente 15.500 Km². A Bacia do Rio Piancó é parte integrante da mesma.

A bacia do Rio Piancó situa-se na parte Sudoeste do Estado da Paraíba junto as fronteiras dos estados de Pernambuco e Ceará. Limita-se geograficamente entre as coordenadas 7°10' e 7°50' de latitude Sul e 37°40' e 38°43' a Oeste de Greenwich. É uma sub-bacia do Rio Piranhas, com uma área de 4.550 km², drenada pelo Rio Piancó, responsável pela formação do açude Coremas, que se une ao açude Mãe D'água alimentado pelo Rio Aguiar. Esse sistema tem uma capacidade máxima de acumular 1,4 bilhões de m³, com importância social e econômica relevantes para a região, com usos múltiplos como: Abastecimento, irrigação e geração de energia. A figura 4.2, mostra a bacia do Rio Piancó, com indicações da rede de drenagem e estações pluviométricas e fluviométricas existentes.

4.3- Características Físico-Morfológicas

Utilizando mapas topográficos na escala de 1:100.000 foram estimados os principais parâmetros físicos da bacia:

- Área de drenagem A = 4.550 km²
- Perímetro P = 358 km
- Comprimento do Rio Principal.... l = 120 km
- Coeficiente de compactidade..... Kc = 1,49
- Fator de forma Kf = 0,32
- Extensão total dos cursos d'água... L = 1.087 Km
- Densidade de drenagem Dd = 0,24 km/Km²

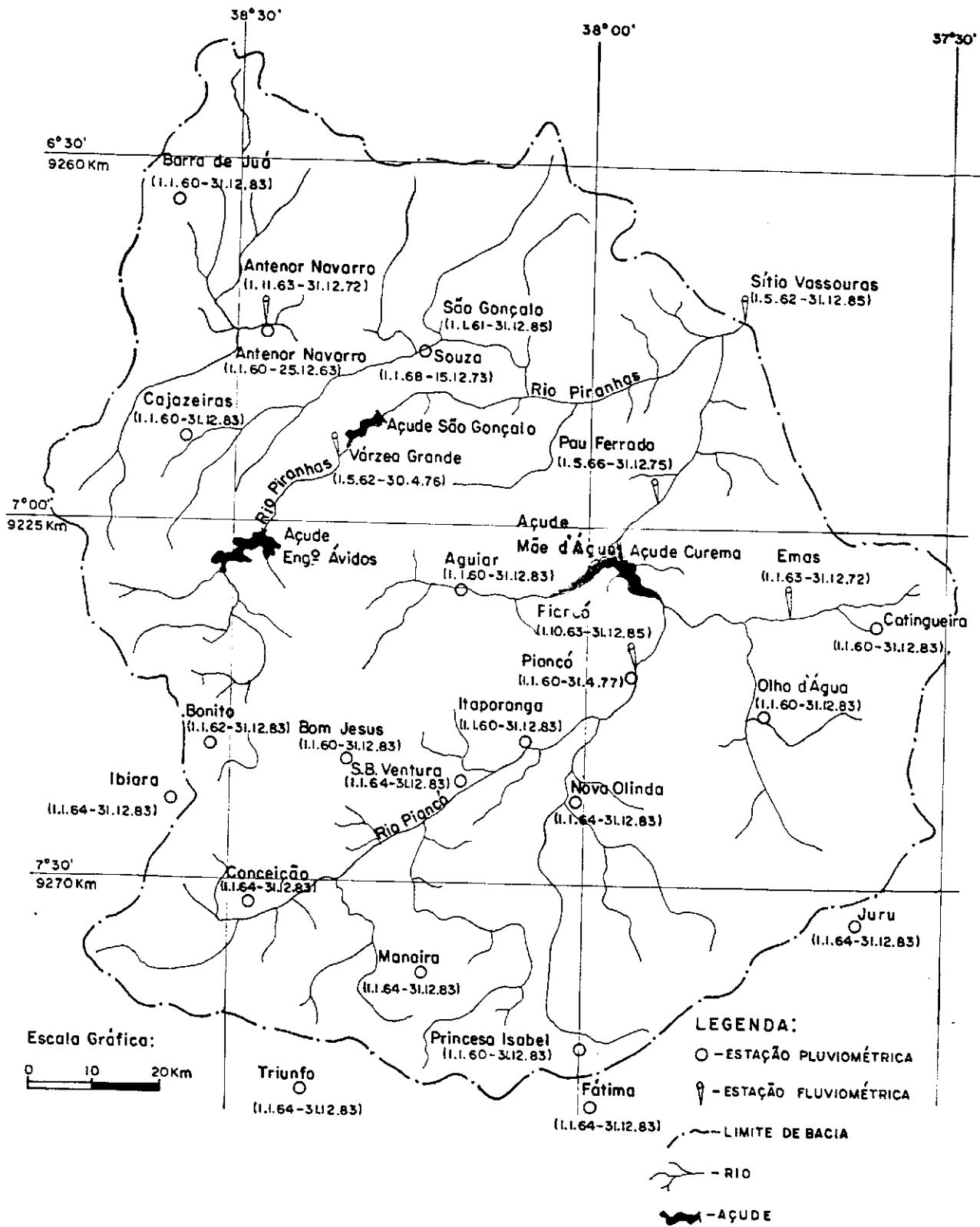


Fig.4.1 - Bacia do Rio Piranhas (Parte Superior).

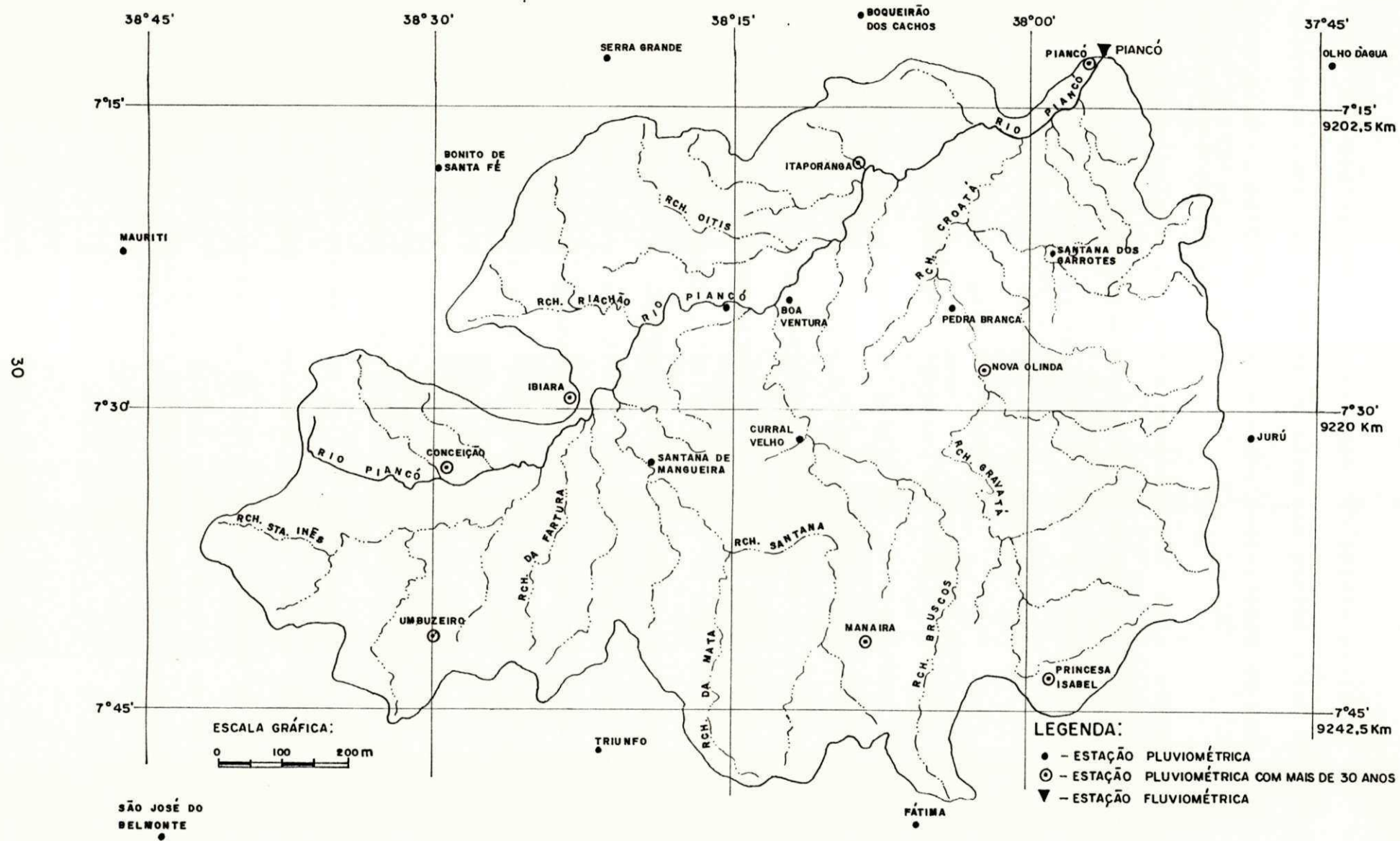


Fig.4.2 - Bacia do Rio Piancó.

As declividades observadas no perfil do leito do rio mostraram uma magnitude de 25 m/Km nas partes altas da bacia; 1,24 m/Km na parte mais baixa e uma declividade de 2,8 m/Km na parte média da bacia.

O relevo da bacia apresenta-se mais acentuado nas encostas formadoras, com altitudes da ordem de 1000 m, contudo a altitude média da bacia é da ordem de 400 m, fortemente influenciada pela maior concentração de áreas nas partes central e baixa da bacia.

As comunidades vegetais da área são de natureza xerófilas, com diferentes graus de xerofilismo, geralmente relacionados com o relevo. A Caatinga é predominante na bacia, sendo que em algumas partes da bacia há ocorrência de vegetação mais densa nas partes altas.

Um levantamento feito através de mapas topográficos também na escala 1:100.000 (Figueiredo 1990), na metade Sul da bacia, com área de 2.460 Km² apresentou os seguintes resultados: 9,2% de áreas arbóreas abertas, 53,4% de caatinga natural e 1% de solo nú. A figura 4.3 mostra a ocorrência da vegetação na bacia.

Os solos da região são compreendidos predominantemente por rochas do complexo cristalino brasileiro. Constituem uma exceção aqueles situados em posição de colúvio, ou nas margens do curso d'água ou oriundos, neste caso, de sedimentos arrastados. Excetuando-se as áreas dos divisores de água, são, geralmente, rasos do tipo litólico-eutrófico em quase toda bacia, (Figueiredo 1990).

Na região próxima à cidade de Piancó, há ocorrência de solo bruno não cálcico, enquanto nas regiões das cidades de Manaira, Princesa Izabel e Bonito de Santa fé, surgem manchas de solo podzólico vermelho-amarelo eutrófico. É possível considerar os solos com horizonte B textural e argila de atividade alta (não hidromórfico), no entanto, pode ocorrer solos com horizonte B textural e argila de atividade baixa. Sua permeabilidade é baixa, variando de 8 a 20 mm/h. A Figura 4.4 mostra os tipos de solo na bacia.

4.4 - Características Climatológicas

No âmbito do presente trabalho, dois aspectos ligados ao clima são de especial interesse: a evaporação e a precipitação, uma vez que elas influenciam diretamente no escoamento superficial

O clima no semi-árido, característico da região da bacia do rio Piancó, ao contrário das regiões situadas em latitudes médias, é caracterizado basicamente pelo regime pluviométrico. Nessa região a temperatura se mantém estável ao longo do ano, enquanto na Zona temperada as estações do ano são definidas em função da variação de temperatura. No semi-árido as estações são definidas pela estação chuvosa e seca.

As temperaturas médias anuais são em geral superiores a 25°C e a amplitude térmica anual é inferior a 4°C. As temperaturas mais elevadas ocorrem no, entanto, nos meses mais secos, em geral entre os meses de Outubro e Janeiro. A

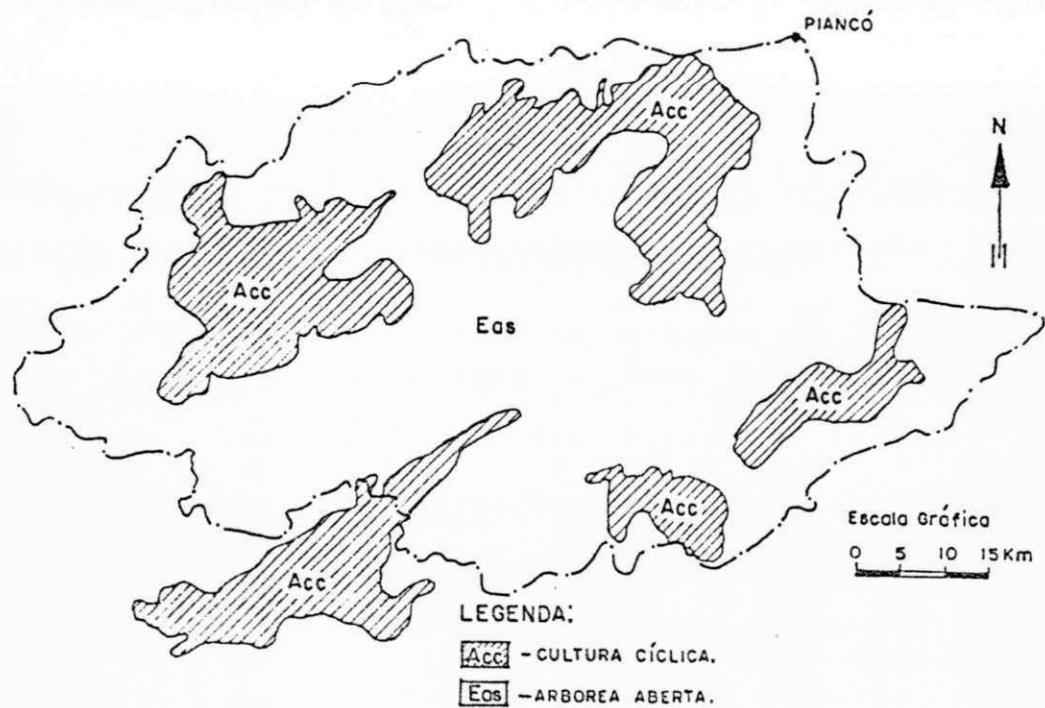


Fig.4.3 - Tipos de vegetação na Bacia do Rio Piancó.

Fonte: Mapa de Vegetação - RADAM/BRASIL-81.

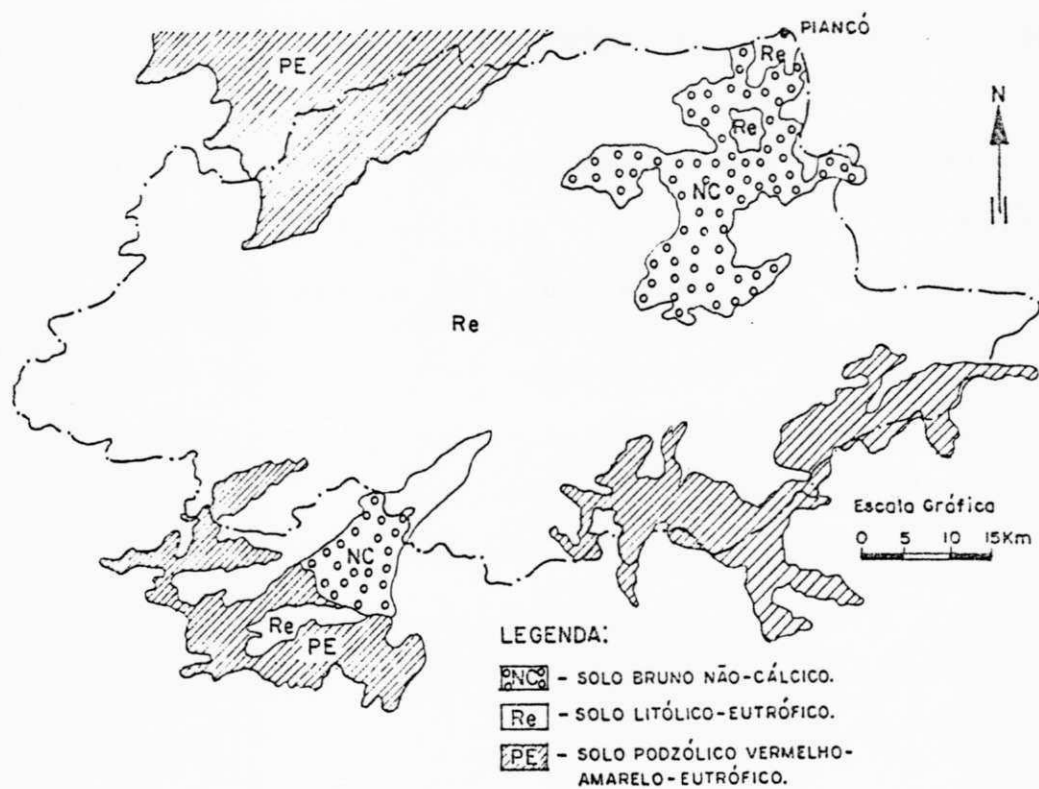


Fig.4.4 - Ocorrência de Solos na Bacia do Rio Piancó.

Fonte: Mapas de Solos - RADAM/BRASIL-81.

umidade relativa do ar pode atingir valores entre 50% a 60%, a insolação é elevada, e conseqüentemente a evaporação também é alta.

A Hidroservice em 1968 e 1983 elaborou um estudo climatológico na bacia do Rio Piranhas (Projeto CANAÃ 1984/1985) em busca de informações que caracterizassem a bacia do Rio Piancó. Dos resultados obtidos apenas os de evaporação da região foram utilizados neste trabalho. Os demais resultados encontrados e que constam neste trabalho servirão apenas de informações climatológicas da bacia estudada.

4.4.1 - Temperatura

A temperatura média na bacia do Rio Piancó varia de 23oC, nas proximidades do posto de Triunfo, até 27oC na sua foz, porém na maior parte da bacia as temperaturas médias encontram-se acima de 25oC.

Observando-se a distribuição das temperaturas médias mensais (Tabela 4.1), verifica-se que os meses de Novembro, Dezembro e Janeiro são os mais quentes e os de Junho e Julho os mais frios.

Labela 4.1 - TEMPERATURAS MÓIAS DIARIAS EM °C
(fonte: Hidroservice - 1988)

POSIO	Mês	temperatura °C											
		Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
São Bonçalo		28,1	27,5	27,0	26,6	26,2	25,4	25,5	26,4	27,4	28,0	28,2	28,3
Iriunfo		23,4	23,0	21,7	22,1	21,2	20,0	14,7	20,1	21,8	23,8	23,6	23,0

4.4.2 - Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar, na bacia de Rio Piançó, oscila de 64% próximo a sua foz, e 72% na sua cabeceira próximo ao posto de Iriunfo.

Utilizando a labela 4.2, é possível caracterizar os meses de março, abril e maio como os meses mais úmidos, atingindo valores de 74% em São Bonçalo, e 81% em Iriunfo. Os meses de outubro e novembro são os mais secos, quando a umidade média do ar atinge 56% e 60% nos postos de São Bonçalo e Iriunfo respectivamente, e os meses mais úmidos, março e abril com umidades relativas de 74% e 81%, (Hidroservice, 1985).

Tabela 4.2 - UMIDADE RELATIVA DO AR MÉDIA (%)

(Fonte: Hidroservice - 1968)

POSTO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	MEDIA
S. GONÇALO	62	69	74	74	72	68	62	59	57	56	57	58	64
TRIUNFO	68	76	79	81	81	81	79	72	65	60	61	64	72

4.4.3 - Evaporação

A evaporação medida pelo tanque classe A é a mais indicada pelos especialistas para estimar a evaporação potencial. Como esses dados não eram disponíveis foi necessário recorrer a métodos indiretos, conforme os indicados nos trabalhos da Hidroservice, (1968).

Para os postos de São Gonçalo e Triunfo havia disponibilidade de dados do evaporímetro Piché. No estudo da Hidroservice foi mostrado que os dados de evaporímetro Piché, apesar de apresentarem correlação aceitável com os de tanque classe A, estão sub-estimados. O mesmo fato ocorre quando se compara os dados do tanque classe A com os métodos indiretos de estimativas da evaporação testados (Hidroservice, 1968, 1985).

As evaporações para o tanque classe A, para a Bacia do Rio Piancó, obtidas através da correlação entre os dados dos postos de Triunfo e Coremas, são mostradas na Tabela 4.3. (Hidroservice 1985).

Tabela 4.3 - EVAPORAÇÃO MÉDIA MENSAL DO TANQUE CLASSE "A"
ESTIMADA PARA A BACIA DO PIANCÓ (mm)

(Fonte Hidroservice (1983)).

M E S	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
EVAPORAÇÃO	298	214	230	190	187	173	231	301	328	358	357	314	3.181

A partir da Tabela 4.3, processou-se o cálculo da evaporação potencial diária, considerando-se um coeficiente do tanque igual a 0,7. Os resultados são mostrados na Tabela 4.4.

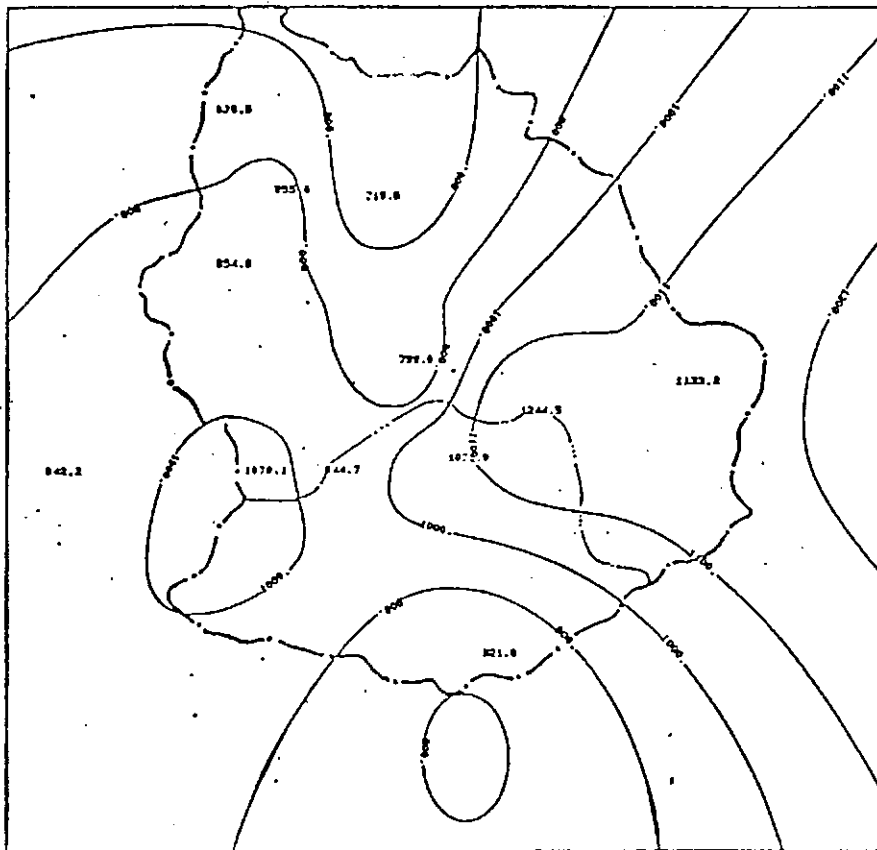
Tabela 4.4 EVAPORAÇÃO POTENCIAL MÉDIA DIÁRIA (mm)

M E S											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
EVAPORAÇÃO MÉDIA DIÁRIA											
6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.33	7.09

4.4.4- Pluviometria

Um estudo feito por Nimer (1979), mostra que a precipitação média anual na bacia do Rio Piancó, é da ordem de

800 mm/ano. A Hidroservice (1983), conclui que a precipitação média anual é da ordem de 846.2mm/ano. No presente estudo, utilizando 16 postos com vinte e um anos de dados diários (1963-1983), foi encontrado uma precipitação média anual de 852,.4 mm, não divergindo muito dos resultados apresentados por Nimer(1979) e pela Hidroservice (1983). A figura 4.5 (Figueiredo 1990), ilustra as isolíneas médias anuais da região estudada.



Isolinas mean anual precipitation Rio Piarco / Brasil

Fig.4.5 - Isolíneas Anuais:

De acordo com os dados de chuva dos vários postos da região, observa-se uma concentração do regime pluviométrico bem marcado, ocorrendo em três meses do ano (na maioria dos casos Fevereiro, Março e Abril). Este fato é bem ilustrado nos histogramas diários dos postos Bom Jesus, Bonito de Santa Fé, Princesa Isabel, Piancó, Itaporanga e Aguiar mostrados nas Figuras 4.6 e 4.7.

4.4.5- Fluviometria

Os escoamentos na Bacia do Rio Piancó são marcados por picos elevados e rápidos, ocorrendo basicamente durante ou imediatamente após os eventos de chuva. Após o período chuvoso, as vazões cessam completamente, caracterizando bem o regime de escoamento intermitente.

A Figura 4.8 mostra o fluviograma médio mensal do período 1960 a 1983. Como pode ser visto, alguns anos apresentam falhas na série de vazões. O período de dados utilizados neste trabalho se limita a aqueles com a maior continuidade, ou seja 1963 a 1983.

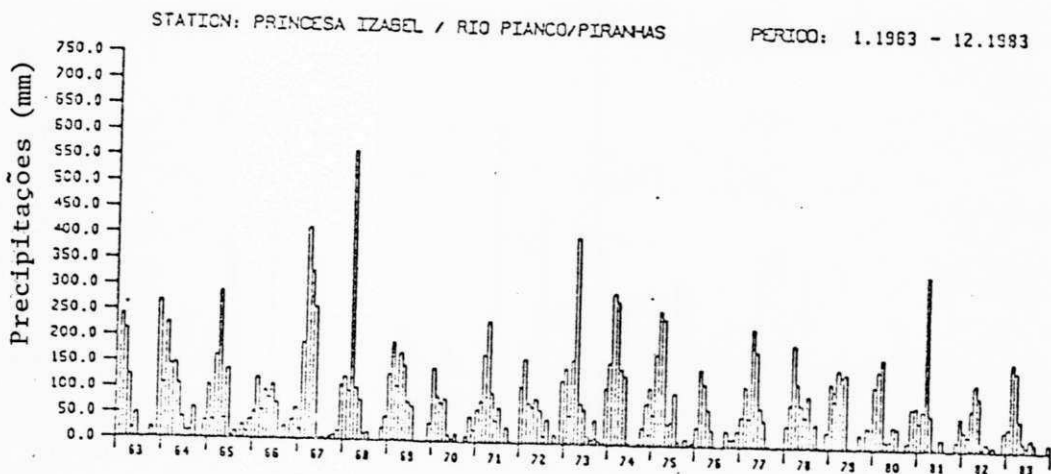
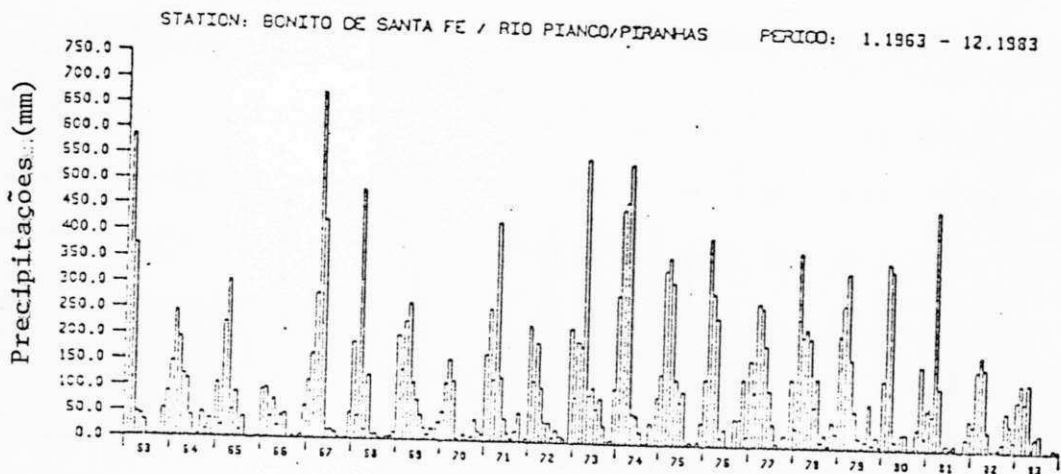
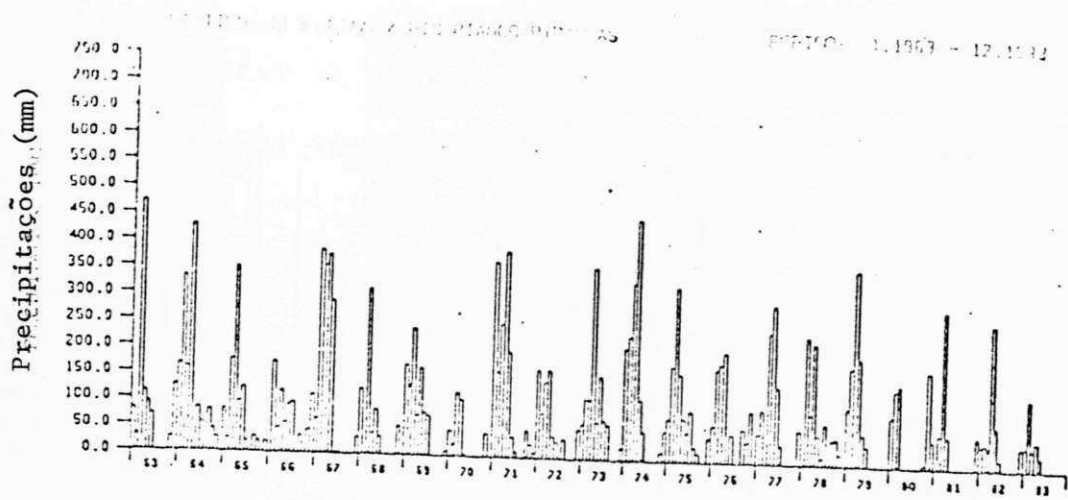


Fig. 4.6 - Pluviogramas Mensais das Estações.

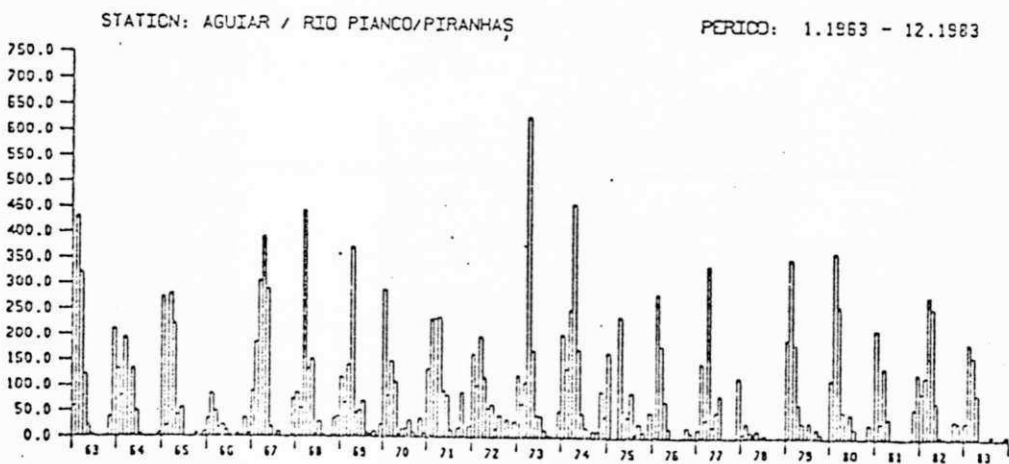
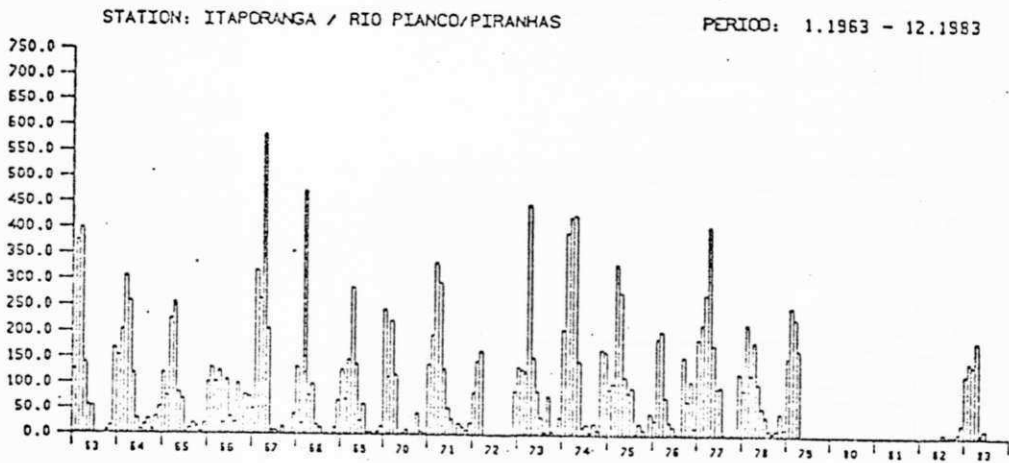
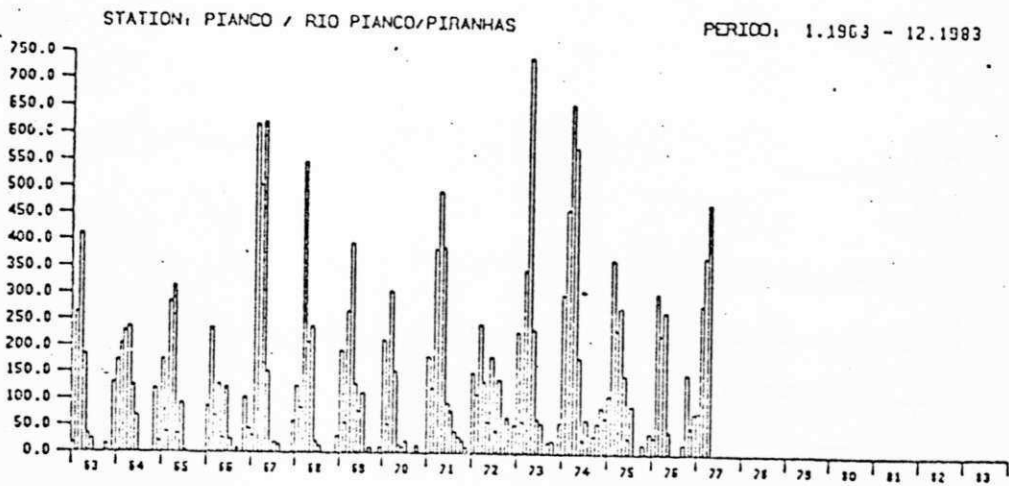


Fig. 4.7 - Pluviogramas Mensais das Estações.

Estação: Piancô/Rio Piancô

PERIOD: 1.1960 - 12.1983

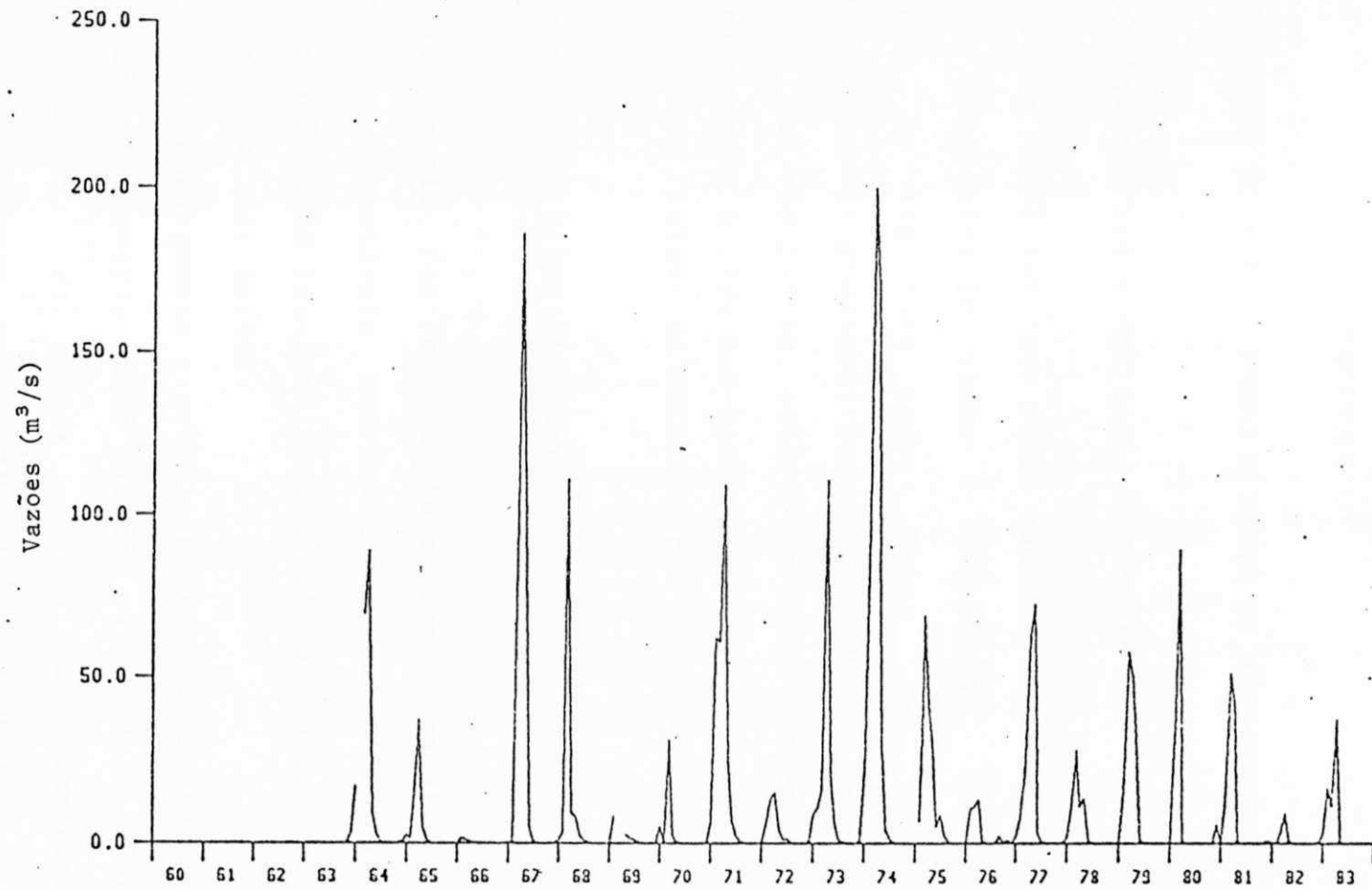


Fig. 4.8 - Fluviograma Mensal da Estação de Piancô.

CAPITULO V

APLICAÇÃO DO MODELO NAVMO A BACIA DO RIO PIANCO.

5.1 - Dados Necessários à Aplicação do Modelo

O modelo NAVMO tem como dados básicos de entrada valores diários de precipitação vazão e evaporação. Também são necessários os seguintes dados: Áreas das sub-bacias, altitudes dos postos pluviométricos, coordenadas cartesianas dos centros das sub-bacias, valores de curva número do SCS, (CN) correspondente à cada sub-bacia, declividade média do rio principal e dados físicos da calha do rio principal.

5.1.1 - Dados Hidro-climatológicos

Inicialmente, foi feito um levantamento geral de dados climatológicos disponíveis sobre a bacia do Alto Piranhas, limitada pela Estação fluviométrica de Sítio Vassouras, para uma avaliação geral dos mesmos.

Com o levantamento previo, a partir dos inventários e mapas, foram selecionados dados básicos constando no Banco de Dados da SUDENE, de vários postos pluviométricos e fluviométricos, conforme mostrados nas tabelas 5.1a e 5.1b.

Dos postos pluviométricos apresentados nas Tabelas 5.1a e 5.1b, selecionou-se 16 postos (Piancó, Itaporanga, Ibiara, Bom Jesus, Princesa Isabel, Nova Olinda, Conceição, Bonito de Santa Fé, São Boa Ventura, Garrotes, Juru, Fatima, Manaira,

Serra Grande Quixaba e Águiar) com pelo menos 20 anos de dados diários, correspondendo ao período 1963 a 1985. A escolha deste período deve-se ao fato de que a bacia não apresentava regularização da vazão a montante da estação de Piancó, nem a presença de mananciais nesse período.

Os dados de vazões médias diárias do posto de Piancó, que foram utilizados, também referem-se ao período de 1963 a 1985.

Tabela 5.1a - Dados disponíveis das estações do Alto Piranhas

CÓDIGO	NOME	COORDENADAS		PERÍODO	TIPO DE DADOS	ÁREA (Km ²)	ALTITUDE (m)
		CARTESIANAS X(km) ; Y(km)	GEOGRÁFICAS LONG. ; LAT.				
3737006	Piancó	617,6 ; 9204,0	37°56' ; 7°12'	1960/83	NT-Diário	-----	250
3738025	Aguar	590,0 ; 9218,7	38°11' ; 7°05'	1960/83	NT-Diário	-----	280
3737011	O.d'agua	632,5 ; 9196,5	37°46' ; 7°13'	1960/83	NT-Diário	-----	275
3738017	Itaporanga	592,0 ; 9193,0	38°10' ; 7°18'	1960/83	NT-Diário	-----	230
3738023	Bom Jesus	570,0 ; 9187,5	38°22' ; 7°21'	1960/83	NT-Diário	-----	470
3738022	Boni.St Fe	555,0 ; 9191,0	38°31' ; 7°19'	1962/83	NT-Diário	-----	575
3738013	Prin.Isabel	610,6 ; 9145,0	38°01' ; 7°44'	1960/83	NT-Diário	-----	660
3738008	Milagres	510,0 ; 9189,0	38°57' ; 7°19'	1960/83	NT-Diário	-----	371
3843028	Cazageiras	548,5 ; 9145,0	38°33' ; 6°53'	1960/85	NT-Diário	-----	291
3843052	Ant.Navarro	561,5 ; 9255,0	38°27' ; 6°45'	1960/78	NT-Diário	-----	240
3843036	Souza	582,0 ; 9253,5	38°13' ; 6°45'	1960/77	NT-Diário	-----	200
3843587	S.B.Ventura	585,5 ; 9182,0	38°13' ; 7°24'	1963/83	NT-Diário	-----	300
3843919	Ibiara	564,5 ; 9172,8	38°25' ; 7°29'	1963/83	NT-Diário	-----	330
3844703	Barrotes	610,0 ; 9183,8	38°00' ; 7°23'	1963/83	NT-Diário	-----	305
3853197	Conceição	553,2 ; 9165,5	38°31' ; 7°33'	1963/83	NT-Diário	-----	370

Obs: NT - Dados de precipitação.

QT - Dados de vazão.

VT - Dados de evaporação.

TT - Dados de temperatura.

Tabela 5.1b - Dados disponíveis das estações do Alto Piranhas (continuação)

CÓDIGO	MUNE	COORDENADAS				PERÍODO	TIPO DE DADOS	ÁREA (Km ²)	ALTITUDE (m)
		CARTESIANAS		GEOGRÁFICAS					
		X(km)	Y(km)	LONG.	LAT.				
3854036	Juruá	628,7	9167,4	37°50'	7°32'	1963/83	NT-Diário	-----	470
3854428	Quixaba	624,9	9147,0	37°52'	7°43'	1963/83	NT-Diário	-----	500
3854957	Fátima	641,5	9121,2	37°43'	7°57'	1963/83	NT-Diário	-----	620
3738010	S. Grande	570,5	9198,5	38°19'	7°15'	1963/83	NT-Diário	-----	585
3738014	Nova Olinda	604,5	9174,5	38°03'	7°28'	1963/83	NT-Diário	-----	315
3738015	Manaira	592,0	9149,0	38°10'	7°42'	1963/83	NT-Diário	-----	605
3842574	Anauá	540,5	9198,5	38°38'	7°15'	1963/83	NT-Diário	-----	600
3853679	Triunfo	597,4	9134,0	38°07'	7°50'	1963/83	NT-Diário	-----	1010
3734000	Piancó	617,6	9204,0	37°56'	7°12'	1963/85	QT-Diário	4550	
3736000	Emas	641,0	9212,5	37°43'	6°43'	1962/78	QT-Diário	530	
3738000	P. Ferrado	620,0	9230,0	37°54'	6°57'	1966/75	QT-Diário	8050	
3740900	Vassouras	634,5	9158,5	37°48'	6°42'	1962/85	QT-Diário	14850	
3726000	A. Navarro	561,0	9255,0	38°27'	6°43'	1963/75	QT-Diário	1580	
3723500	S. Gonçalo	586,3	9233,5	38°13'	6°45'	1962/85	VT-Diário	-----	
3723500	S. Gonçalo	586,3	9233,5	38°13'	6°45'	1962/85	TT-Diário	-----	

Obs: NT - Dados de precipitação.

QT - Dados de vazão.

VT - Dados de evaporação.

TT - Dados de temperatura.

Os dados de evaporação utilizados no modelo são aqueles apresentados na Tabela 4.4 do capítulo anterior.

5.1.2 - Dados fisiográficos das sub-bacias.

Utilizando mapas planialtimétricos na escala 1:100.000, foi feita a sub-divisão da bacia do rio Piancó. Inicialmente a bacia foi subdividida em 26 sub-bacias com áreas variando entre 28,31km² e 523,8km². A figura 5.1 mostra as sub-unidades da bacia em estudo. Para uma melhor compreensão do processo de cálculo, a bacia é representada por um conjunto de elementos compostas de áreas de geração de fluxo (as sub-bacias) e os trechos de translação ou as calhas do rio. A figura 5.2 mostra as várias sub-bacias representadas por elementos quadrados, numerados conforme a sequência do cálculo do modelo. Os elementos retangulares são indicativos daquelas bacias onde se processa o acompanhamento do escoamento no sub-trecho de rio.

Todos os dados não disponíveis sobre a calha do Rio Piancó, foram adquiridos com base em informações cartográficas. Com base nas informações na literatura (Chow, 1959), também foram admitidos os valores dos coeficientes de rugosidade de Manning-Strickler ($1/n$), para o leito e para os planos de inundações do rio principal.

Para a determinação das áreas, comprimento de sub-trechos de rios, das cotas de montante e jusante e declividades médias das sub-bacias e as coordenadas de seus centróides foram utilizados os dados disponíveis nos mapas em escala 1:100.000. As tabelas 5.2 e 5.3 mostram todos os dados referentes aos sub-trechos de rios e as sub-bacias considerados na aplicação do modelo NHVMU, para a bacia do Rio Piancó.

Os valores LN para cada sub-bacia foram determinados conforme o procedimento mostrado adiante.

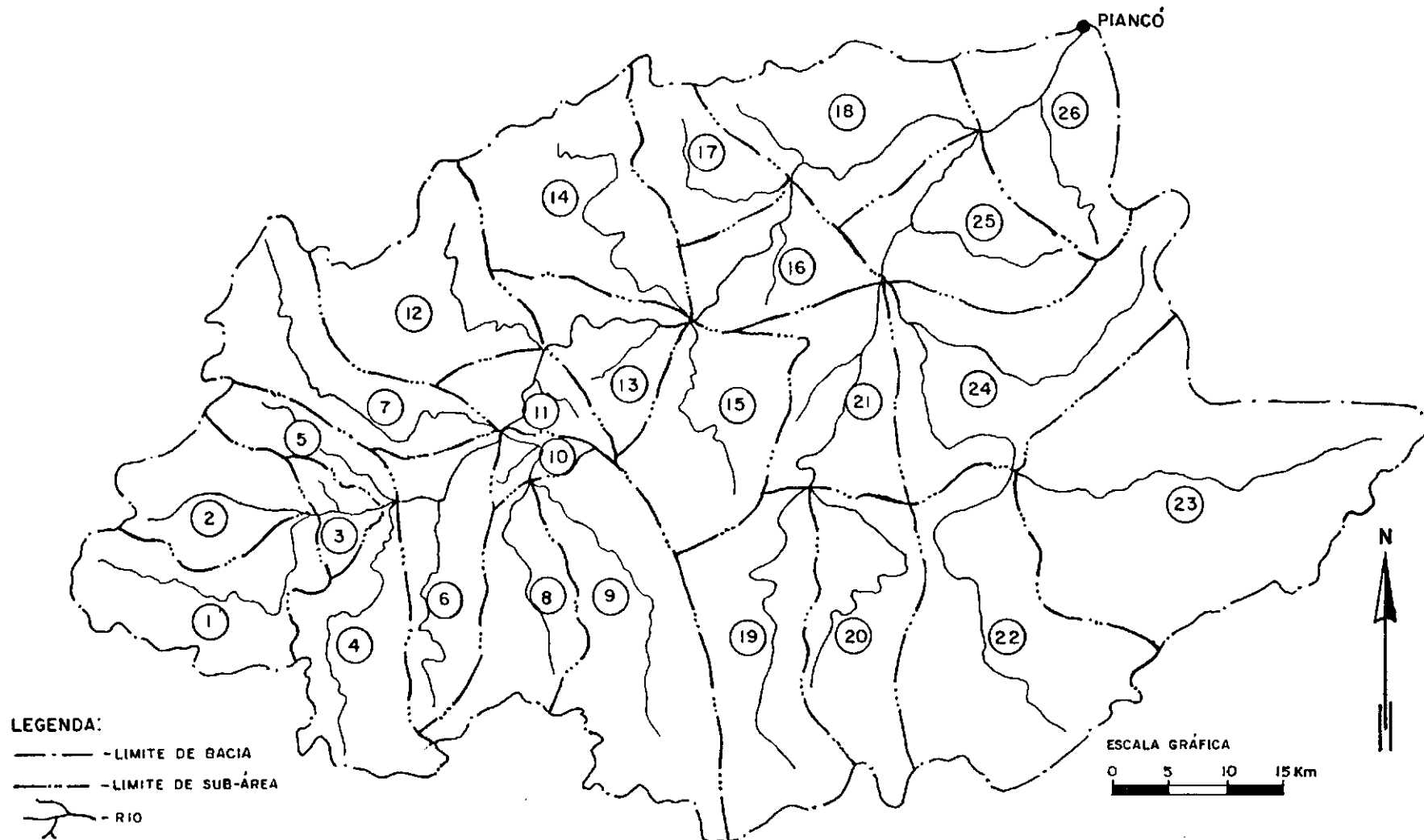


Fig.5.1 - Sistema de sub-divisão da Bacia do Rio Piancó.

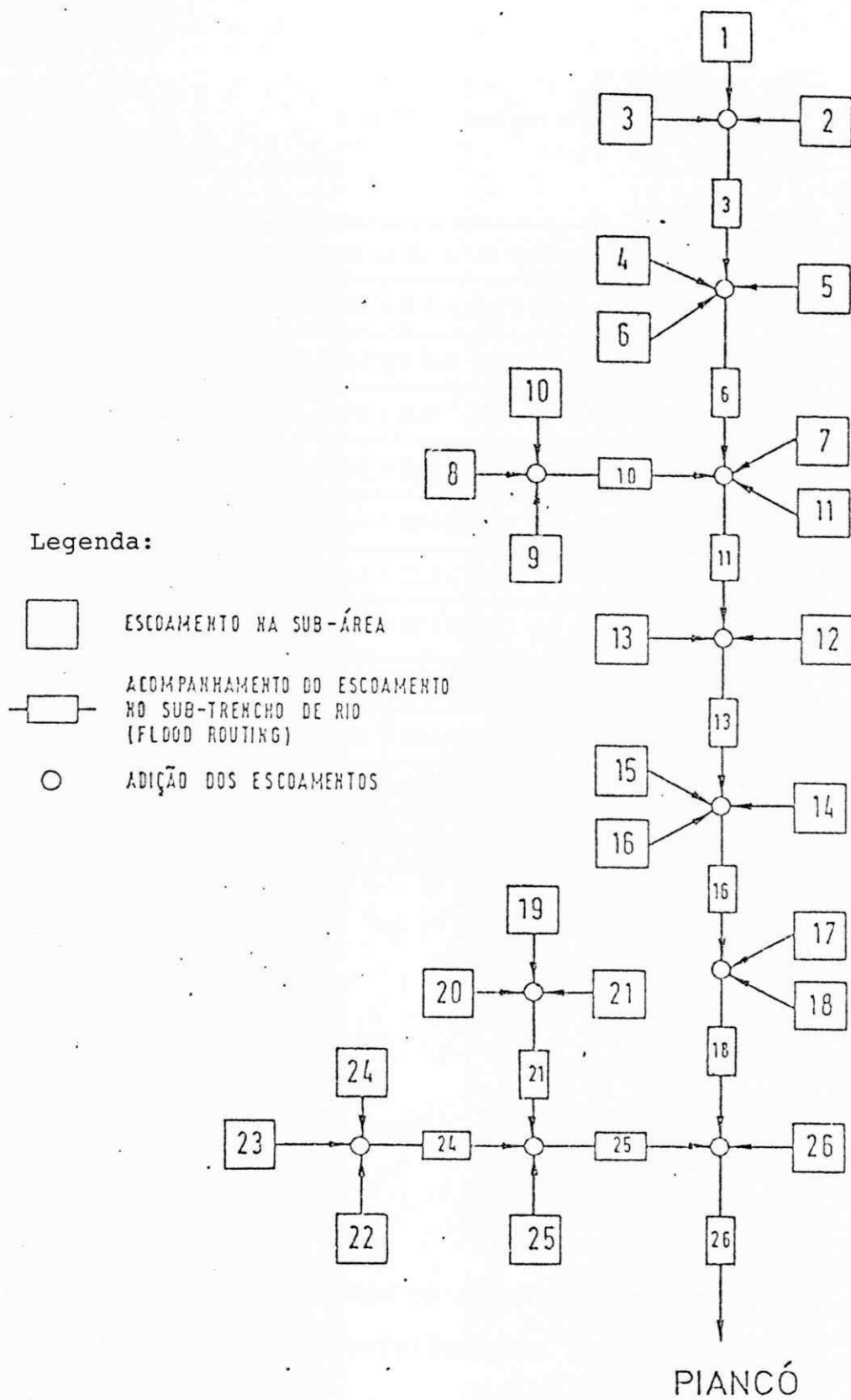
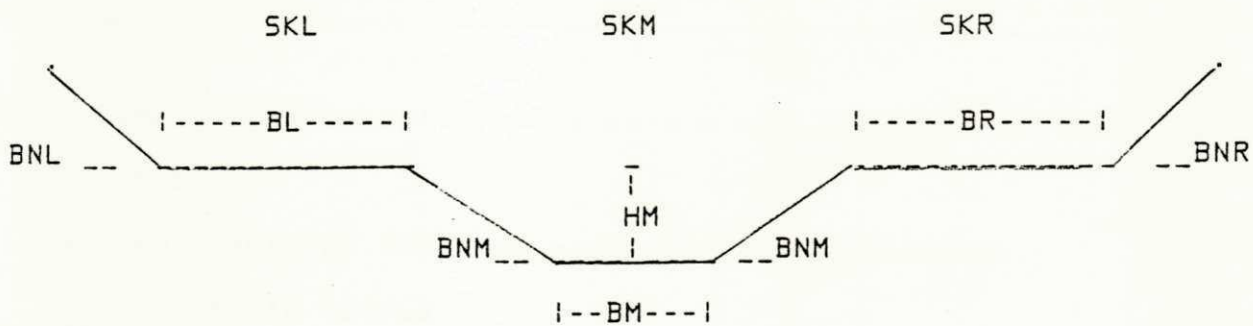


Fig. 5.2 - Esquema Linear do Sistema do Rio Piancó -

Tabela 5.2 - Dados sobre os sub-trechos do rio

Sub-Tr	BEF	HA	BA	BL	BR	BNA	BML	BNR	SKM	SKL	SKR
3	0,22	2,5	50,0	50,0	50,0	2,0	50,0	50,0	25	5,0	5,0
6	0,18	3,0	100,0	50,0	50,0	2,0	50,0	50,0	28	5,0	5,0
10	0,40	2,5	50,0	50,0	50,0	2,0	50,0	50,0	25	5,0	5,0
11	0,10	4,0	170,0	180,0	180,0	4,0	75,0	75,0	30	5,0	5,0
13	0,23	4,0	170,0	200,0	200,0	4,0	100,0	100,0	35	5,0	5,0
16	0,05	4,5	180,0	250,0	250,0	5,0	100,0	100,0	40	5,0	5,0
18	0,05	5,0	200,0	300,0	300,0	5,0	100,0	100,0	40	5,0	5,0
21	0,54	2,5	100,0	150,0	150,0	4,0	100,0	100,0	35	5,0	5,0
24	0,42	3,0	150,0	150,0	150,0	4,0	100,0	100,0	35	5,0	5,0
25	0,06	3,0	200,0	300,0	300,0	5,0	100,0	100,0	40	5,0	5,0
26	0,21	6,0	250,0	300,0	300,0	5,0	100,0	100,0	40	5,0	5,5



OBS.: Os termos indicados na secção transversal acima indicada já foram definidos anteriormente (capítulo III).

Tabela 5.3 - Características gerais das sub-bacias.

SUB-BAC. Nº	ÁREA (Km ²)	COORDENADAS DOS CENTRÓIDES		G (%)	C N (-)	COMPRIMENTOS (Km)		COTAS (m)	
		X (Km)	Y (Km)			L1	L2	Mont.	Jus.
1	171.0	545.0	9156.0	0.74	52.7	33.8	--	650/	400/ -
2	127.5	543.5	9165.0	1.35	54.1	17.6	--	630/	400/ -
3	42.6	555.0	9163.2	2.44	59.6	43.6	9.1	480/400	377/380
4	174.4	555.0	9164.0	1.02	52.8	32.0	--	700/	374/ -
5	76.3	550.0	9171.0	1.71	54.1	15.4	--	637/	374/ -
6	150.9	564.0	9162.0	1.75	55.2	23.9	14.9	775/377	356/350
7	185.9	555.0	9176.0	1.04	52.7*	37.2	--	737/	350/ -
8	128.9	571.5	9153.3	1.08	50.3	20.7	--	600/	377/ -
9	273.9	560.0	9151.5	0.93	50.0	35.0	--	700/	377/ -
10	28.9	570.5	9163.0	1.34	55.2	4.5	6.8	420/377	360/350
11	71.2	571.5	9173.5	0.56	59.6*	10.7	11.2	400/350	340/ -
12	181.2	565.2	9180.0	1.27	50.0*	24.4	--	650/	340/ -
13	110.2	579.0	9177.5	0.48	59.6*	10.3	17.4	350/340	300/300

L1 = Comprimento característico para o cálculo da declividade da sub-bacia

L2 = Comprimento do sub-trecho do rio (acompanhamento).

COTAS
 Montante (L1/L2)
 Jusante (L1/L2)

G = Declividade média do Rio Principal

CN = Curva Número

(*) - Valores de CN arbitrados.

Tabela 5.3 - Características gerais das sub-bacias (continuação).

SUB-BAC. N ^o	AREA (Km ²)	COORDENADAS DAS CORTES			G	C N	COMPRIMENTOS (Km)		COTAS (m)	
		X (Km)	Y (Km)	Z			(-)	L1	L2	Mont.
14	207.1	576.5	9168.5	0.87	58.8	34.6	--	600/-	300/-	
15	186.5	586.5	9171.0	0.99	58.8	24.1	--	538/-	300/-	
16	112.6	592.0	9184.5	0.73	59.6	9328	18.4	375/300	290/290	
17	98.9	586.5	9191.5	1.34	57.4	19.4	--	550/-	290/-	
18	178.6	599.0	9196.0	1.08	57.4	10.6	21.0	400/290	285/280	
19	225.0	591.0	9154.0	1.64	57.5	34.8	--	1000/-	430/-	
20	184.8	599.0	9154.0	1.06	58.8	30.2	--	750/-	430/-	
21	158.7	598.5	9172.0	1.71	59.6	9.3	28.9	450/430	290/290	
22	324.6	610.0	9153.5	1.03	57.4	34.1	--	750/-	400/-	
23	529.8	626.5	9165.0	0.95	57.0	39.1	--	770/-	400/-	
24	281.6	611.0	9164.0	0.31	57.0	33.8	26.0	400/400	295/290	
25	166.4	608.0	9187.5	0.43	57.4	16.2	17.0	350/290	260/280	
26	172.5	615.0	9195.5	0.56	57.4	17.9	14.1	360/280	260/250	

L1 = Comprimento característico para o cálculo da declividade da sub-bacia

L2 = Comprimento do sub-trecho do rio (acompanhamento).

Montante (L1/L2)

COTAS

Jusante (L1/L2)

G = Declividade média do Rio Principal

CN = Curva Número

(*) - Valores de CN assumidos.

O conceito de C rva N mero (C.N.), utiliza as condi es de infiltra o m nima no solo para classifica-la num determinado grupo hidrol gico, (A,B,C ou D), e nas condi es de umidade antecedente o solo se enquadra dentro dos tipos (I,II ,III) (McCuen, 1987) conforme indicados no quadro abaixo.

Quadro 1 - Grupos de Solo e Condi es Antecedentes
Segundo o Servi o de Conserva o de Solo - EEUU

GRUPOS	TAXA DE INFILTRA�O (mm/h) (MINIMA)		
A	7,62	a	11,43
B	3,81	a	7,62
C	1,27	a	3,81
D	0,00	a	1.27

CHUVA ANTECEDENTE DE 5 DIAS (mm).

CONDI�AO	ESTA�AO UMIDA	ESTA�AO SECA
I	35,5	12,7
II	44,5	20,3
III	53,3	27,9

O Quadro 2 mostra os valores CN para os v rios usos do solo.

De acordo com o grupo hidrológico de solo, (A, B, C ou D), os valores de C.N. são tabelados em função do tipo de uso do solo, que pode variar desde áreas urbanizadas até florestas, associada com uma dada condição de umidade antecedente. O valor da LN para uma sub-bacia pode ser calculado pela média ponderada dos valores de C.N. correspondente a cada fração da bacia, segundo a equação:

$$C.N = \sum_{i=1}^n CN_i \times A_i / A \quad (5.1)$$

onde:

C.N - valor médio da curva número.

CN_i - valor para a área parcial da bacia de acordo com o tipo de uso do solo

A_i - área correspondente a um dado tipo de uso.

A - Área total da sub-bacia.

Os valores de C.N., assim determinados, são utilizados para o cálculo do tamanho dos reservatórios do solo (UMHx e BMHx) que são calculados conforme explicado no Capítulo III. (Equações 3.18 e 3.19).

Torna-se necessário estabelecer os valores da CN para os vários tipos de uso do solo nas sub-bacias, para poder proceder o cálculo do valor médio conforme a equação 5.1. Inicialmente foi feita uma análise da distribuição dos solos para se saber o grupo de solo predominante na bacia. Admitindo-se uma taxa de infiltração mínima média da ordem de 14 mm/h, (Figueiredo 1990), classificou-se o grupo do solo como A conforme Quadro 1. Depois de classificar o grupo do solo, foram

identificados os principais tipos de uso do solo na bacia e as áreas correspondentes, utilizando os mapas da região.

A relação abaixo mostra os tipos de uso do solo na bacia e uma associação aproximada com os tipos de uso classificados pelo Soil Conservation Service e seus respectivos números. No caso da vegetação do tipo Caatinga, predominante na região, não foi encontrada nenhuma situação correspondente, e foi admitido o valor CN = 49.

- Caatinga (admitido).	C.N. = 49
- Cultura (Rowcrops/straight row)	C.N. = 67
- Arbórea (Woods or Forest lands/poor)	C.N. = 45
- Solo nú. (Open spaces/fair condition, grass cover 50 to 75 %)	C.N. = 49
- Áreas Impermeáveis. (Streets and roads paved with curbs and storm sewers)	C.N. = 98

Os resultados obtidos com o cálculo do valor médio de CN para as diversas sub-bacias são mostrados na Tabela 5.3. Um exemplo de cálculo é mostrado abaixo, para a sub-bacia 23, para ilustração.

Sub-bacia Nº 23; área total = 529,8 Km².

- Área de vegetação arborea.	= 11,4Km ² .
- Área com Caatinga.	= 282,0Km ² .
- Área com cultura.	= 233,9Km ² .
- Solo nú.	= 1,5Km ² .
- Área pavimentada.	= 1,0Km ² .
- Área total.	= 529,8Km ² .

$$CN_{23} = (11,4 * 45 + 282,0 * 49 + 233,9 * 67 + 1,5 * 49 + 1,0 * 98) / 529,8 = 57,0 \quad CN_{23} = 57,0$$

5.2 - OS PARÂMETROS DO MÓDULO NAMMO.

São treze os parâmetros utilizados pelo modelo e estão relacionados a seguir:

MLI1 - tempo para atingir o pico do escoamento superficial. (dias)

MEI2 - tempo para atingir o pico do escoamento sub-superficial.
(dias)

Max1 - tempo de base do escoamento superficial. (dias)

Max2 - tempo de base do escoamento sub-superficial. (dias)

Kg - Parâmetro do escoamento subterrâneo. (dias)

EI1 - Parâmetro de evaporação. (-)

EKM - Fator de multiplicação do tempo de fluxo no leito do rio.

EKL - Fator de multiplicação do tempo de fluxo no plano de
inundação esquerdo. (-)

EKR - Fator de multiplicação do tempo de fluxo no plano de
inundação direito. (-)

HLFH - Parâmetro do escoamento superficial. (-)

BEIH - Parâmetro do escoamento sub-superficial. (-)

UIU - Parâmetro que define o deficit de umidade inicial do
solo (%).

UBSP - Parâmetro que define o escoamento subterrâneo inicial
(mm/seg/km²).

5.3 - Calibração do Modelo e Simulação de Resultados.

5.3.1 - Calibração dos Parâmetros do Modelo

Neste trabalho foi usado o método de tentativa e erro, para a calibração dos parâmetros do modelo. Numa primeira etapa foram identificados aqueles parâmetros que não afetaram significativamente os resultados quando alterados e, portanto, foram fixados; foram eles: MET2, MAX1, MAX2, KG, EKM, EKR, EKL, BETA, BFD e QBSP. O critério de calibração por tentativa e erro, apresenta a vantagem do acompanhamento pelo hidrólogo a cada passo da calibração, enquanto uma calibração automática apresenta a vantagem do ganho de tempo no processo.

No início observou-se que seria gasto muito tempo no processo de calibração de períodos longos, necessitando-se aproximadamente uma hora para o processamento dos cálculos num micro computador 386, utilizando-se 20 anos de dados (1964 a 1983). O mesmo intervalo de tempo foi gasto quando se usava o processo de calibração automática.

Foi adotado, então, o procedimento de se calibrar os parâmetros do modelo ano a ano, considerando-se o período de ocorrência do escoamento, que normalmente ocorre entre Janeiro e Junho, pelo método de tentativa e erro.

Com o procedimento da calibração ano a ano, começaram a surgir os primeiros resultados positivos. O tempo que o computador levava em cada simulação diminuiu sensivelmente permitindo uma avaliação mais rápida da sensibilidade de cada parâmetro. A partir dos parâmetros obtidos com este procedimento, foram calculados os valores médios dos

parametros. A tabela 5.4 mostra os resultados obtidos para o periodo 1964 a 1981. Os anos de 1966, 1969, 1970 e 1976 não puderam ser calibrados devido a qualidade dos dados.

Tabela 5.4 - Parâmetros Calibrados

ANO	MEI-1	MEI-2	MAX-1	MAX-2	K6	EE1	EKN	EKL	EKR	ALFA	BETA	BFD	WESP
1964	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	3,8	60	60	60	0,44	0,10	95	0,0
1965	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	7,5	60	60	60	0,20	0,10	95	0,0
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	5,3	60	60	60	0,44	0,10	95	0,0
1968	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	6,2	60	60	60	0,36	0,10	95	0,0
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	6,8	60	60	60	0,28	0,10	95	0,0
1972	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	6,6	60	60	60	0,37	0,10	95	0,0
1973	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	4,0	60	60	60	0,41	0,10	95	0,0
1974	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	2,5	60	60	60	0,48	0,10	95	0,0
1975	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	4,6	60	60	60	0,35	0,10	95	0,0
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	2,5	60	60	60	0,46	0,10	95	0,0
1978	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	3,5	60	60	60	0,29	0,10	95	0,0
1979	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	3,5	60	60	60	0,40	0,10	95	0,0
1980	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	6,8	60	60	60	0,42	0,10	95	0,0
1981	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	7,5	60	60	60	0,16	0,10	95	0,0
1982	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	6,6	60	60	60	0,24	0,10	95	0,0
1983	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	6,7	60	60	60	0,34	0,10	95	0,0
MEDIA	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	5,0	60	60	60	0,38	0,10	95	0,0

Para avaliar o grau de ajuste obtido com a calibração dos parâmetros do modelo, diversas funções objetivo disponíveis no algoritmo do modelo foram utilizadas. Dentre as funções disponíveis no algoritmo optou-se pela função que permitiu a otimização da calibração pelos picos dos hidrogramas, levando em conta o volume total do fluxo. Também foi considerado visualmente a forma do hidrograma calculado com relação ao hidrograma observado. Tentou-se também a minimização da diferença entre as vazões calculadas e as observadas.

5.3.2 - Simulação de Resultados

O processo de simulação de resultados consistiu de quatro etapas distintas. A primeira simulação foi feita com os parâmetros médios dos primeiros 15 anos da série (1964 a 1978), mostrados na Tabela 5.5 abaixo, simulando o escoamento nos 5 anos restantes (1979 a 1983). Os hidrogramas simulados para cada ano estão mostrados nas Figuras 5.3 a 5.7. Para cada ano foram simulados os escoamentos nos mesmos períodos utilizados para calibração, (período com chuvas), (figuras 5.2-I a 5.6-I) e continua para todos os meses do ano, Janeiro a Dezembro (Figuras 5.3-II a 5.7-II). O quadro 3 mostra os valores dos indicadores de ajuste entre os hidrogramas simulado e observado.

120

Tabela 5.5 - Parâmetros médios do período 1964 a 1978

PAR	RET-1	RET-2	MAX-1	MAX-2	KG	EET	EKN	EKL	EKR	ALFA	BETA	BFD	QBSP
MEDIA:	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	4,6	60	60	60	0,35	0,10	95	0,0

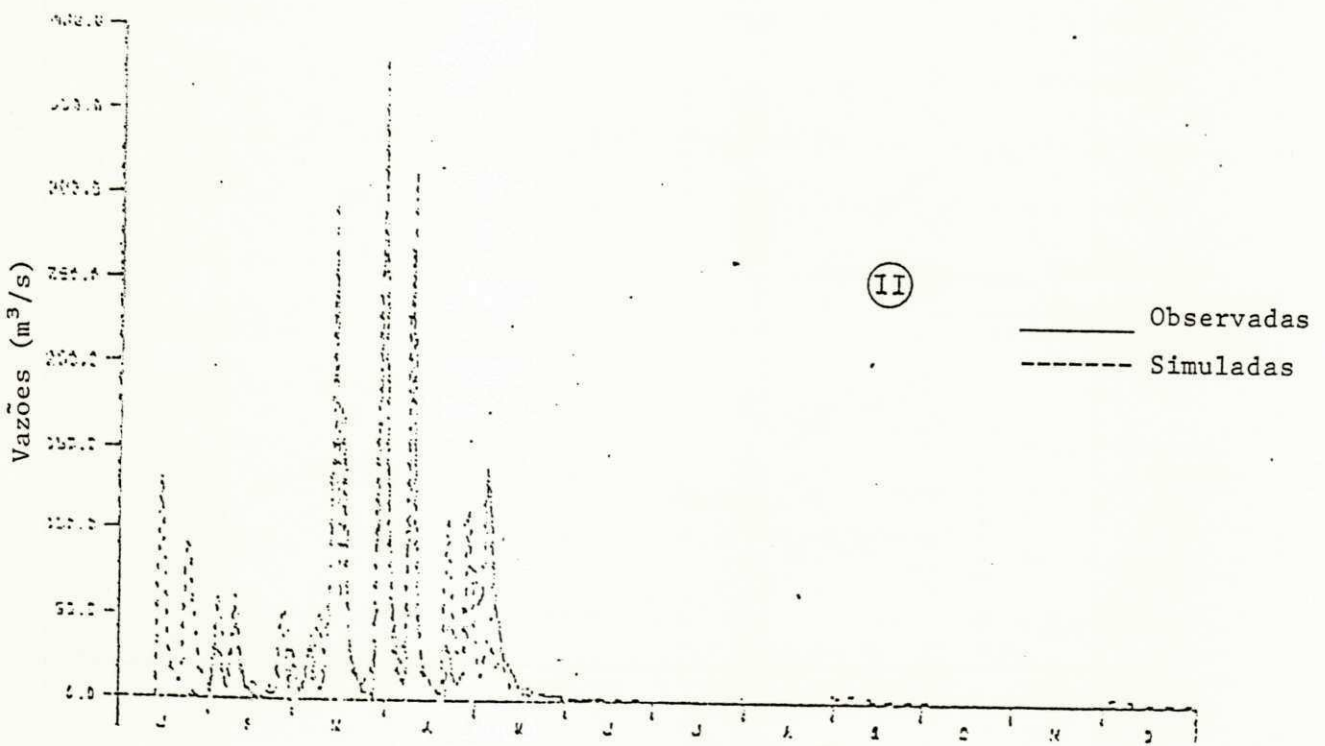
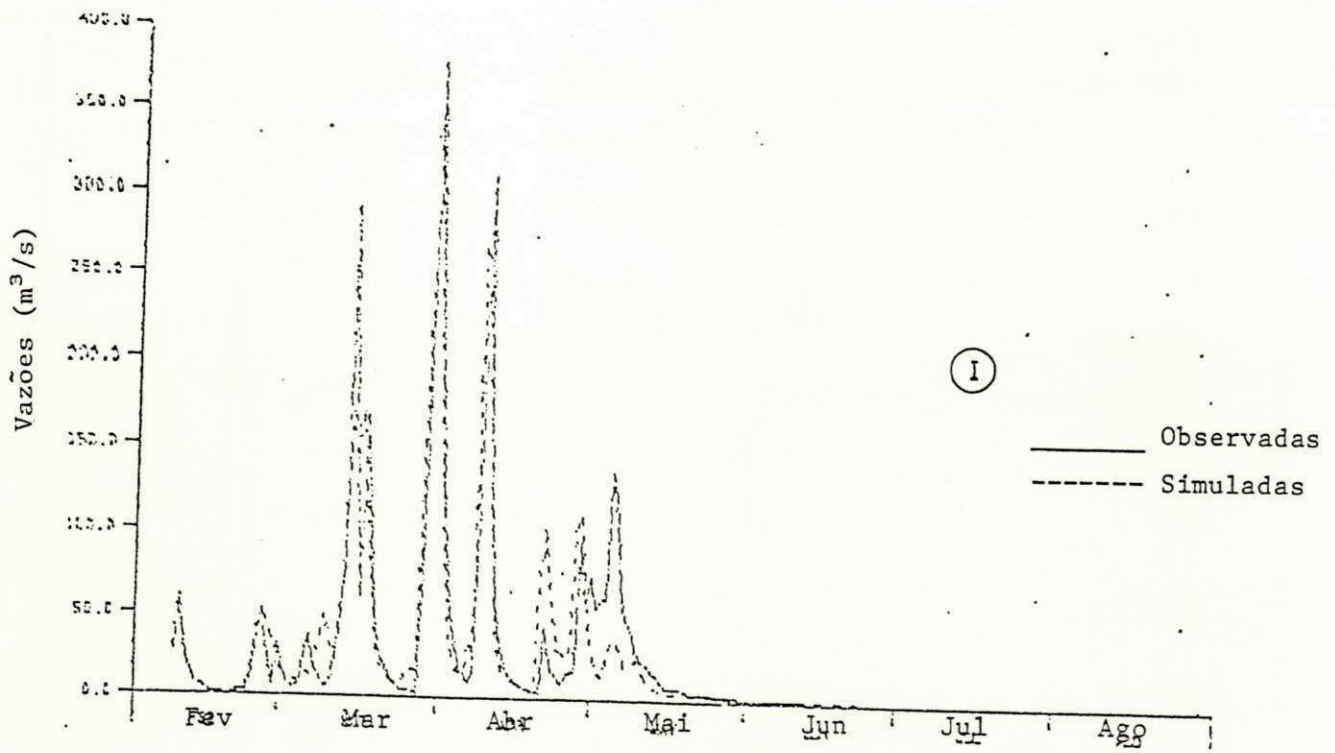


Fig.5.3 - Simulação Hidrológica para a 1ª Etapa de Calibração.
Ano 1979.

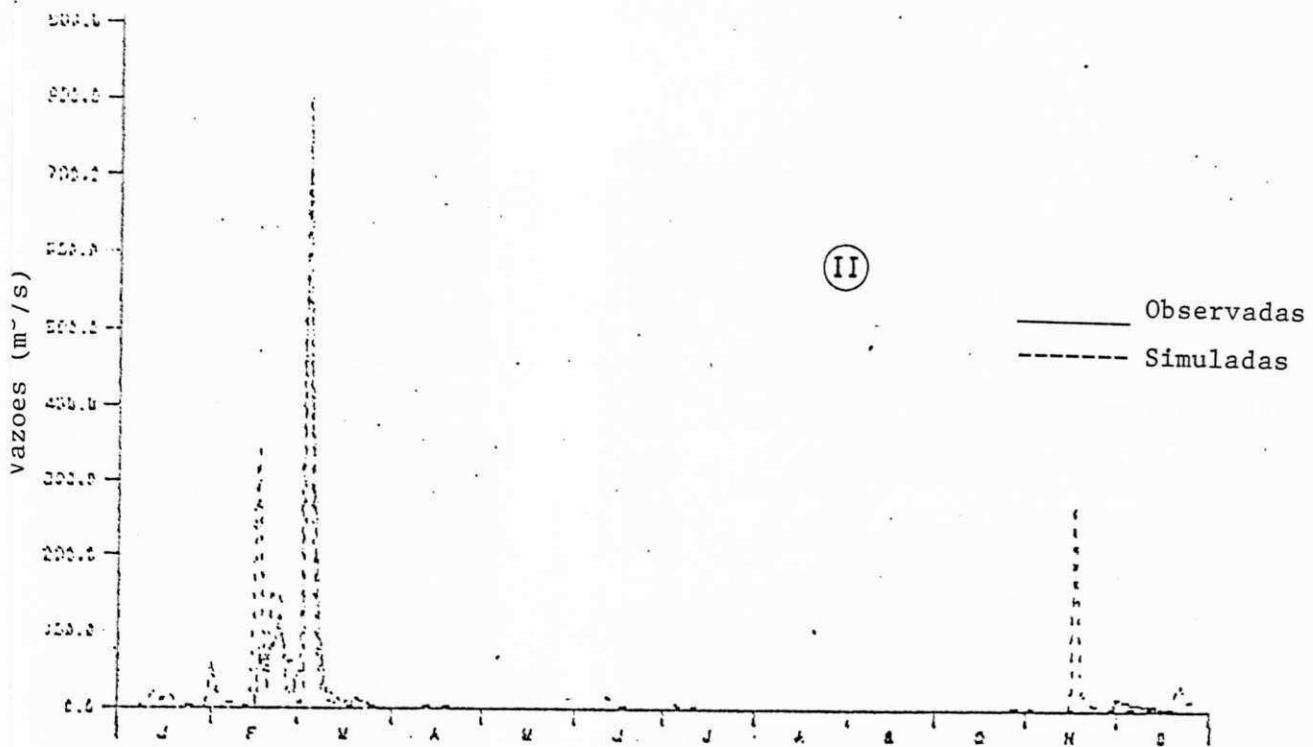
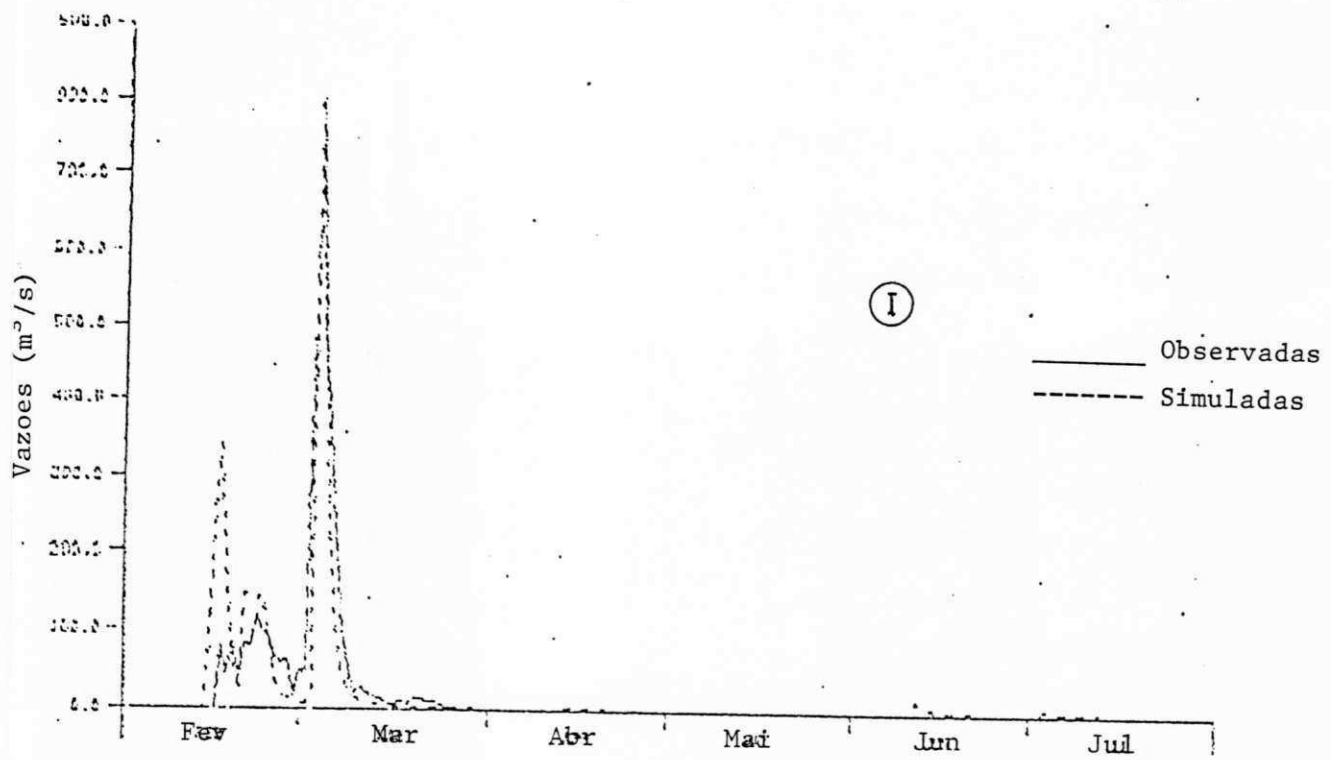


Fig. 5.4 - Simulação hidrológica para a 1ª Etapa de Calibração.
Ano 1980.

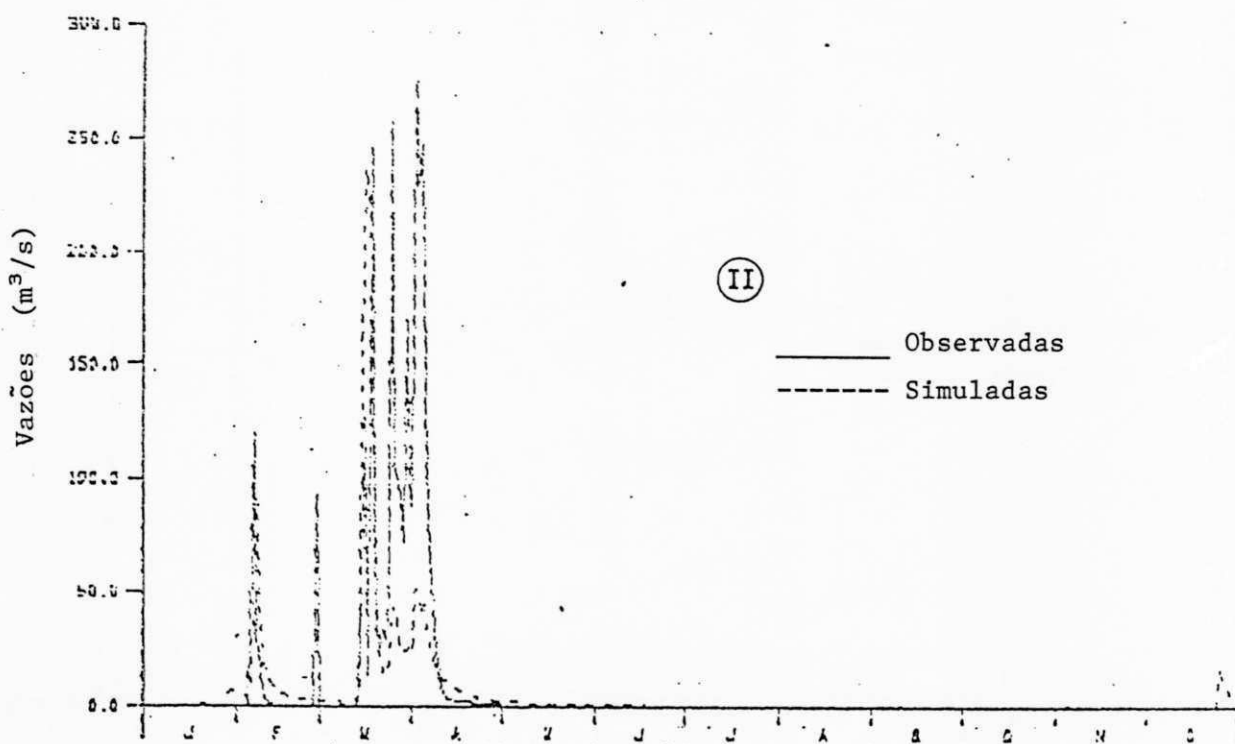
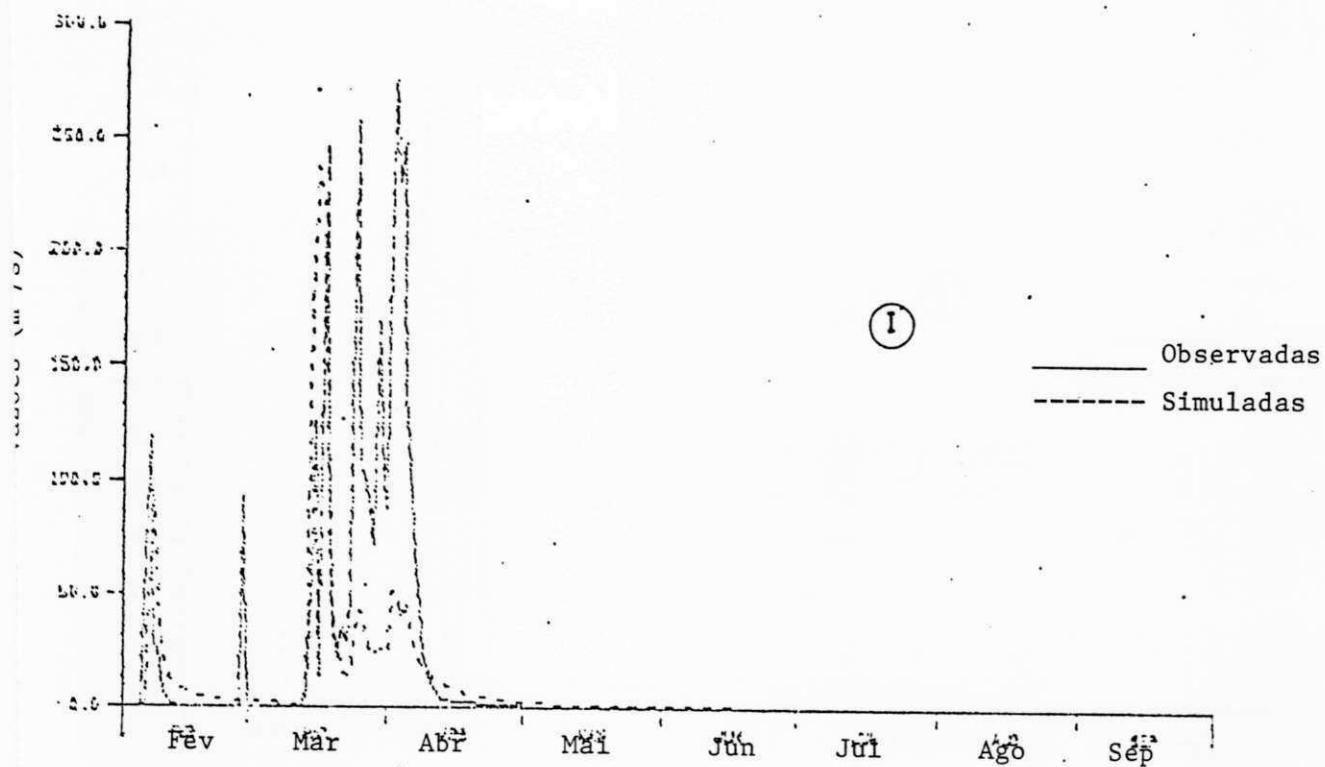


Fig. 5.5 - Simulação Hidrológica para a 1ª Etapa de Calibração.
Ano 1981.

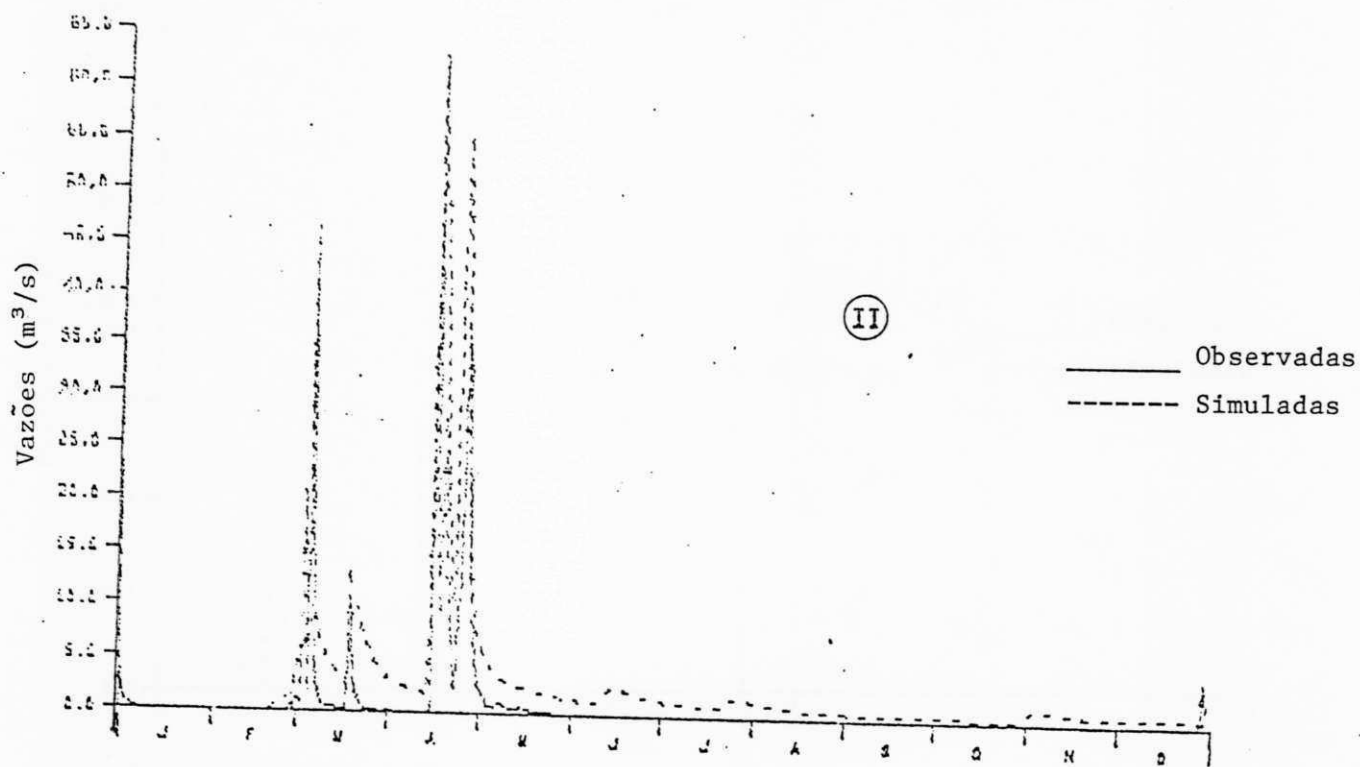
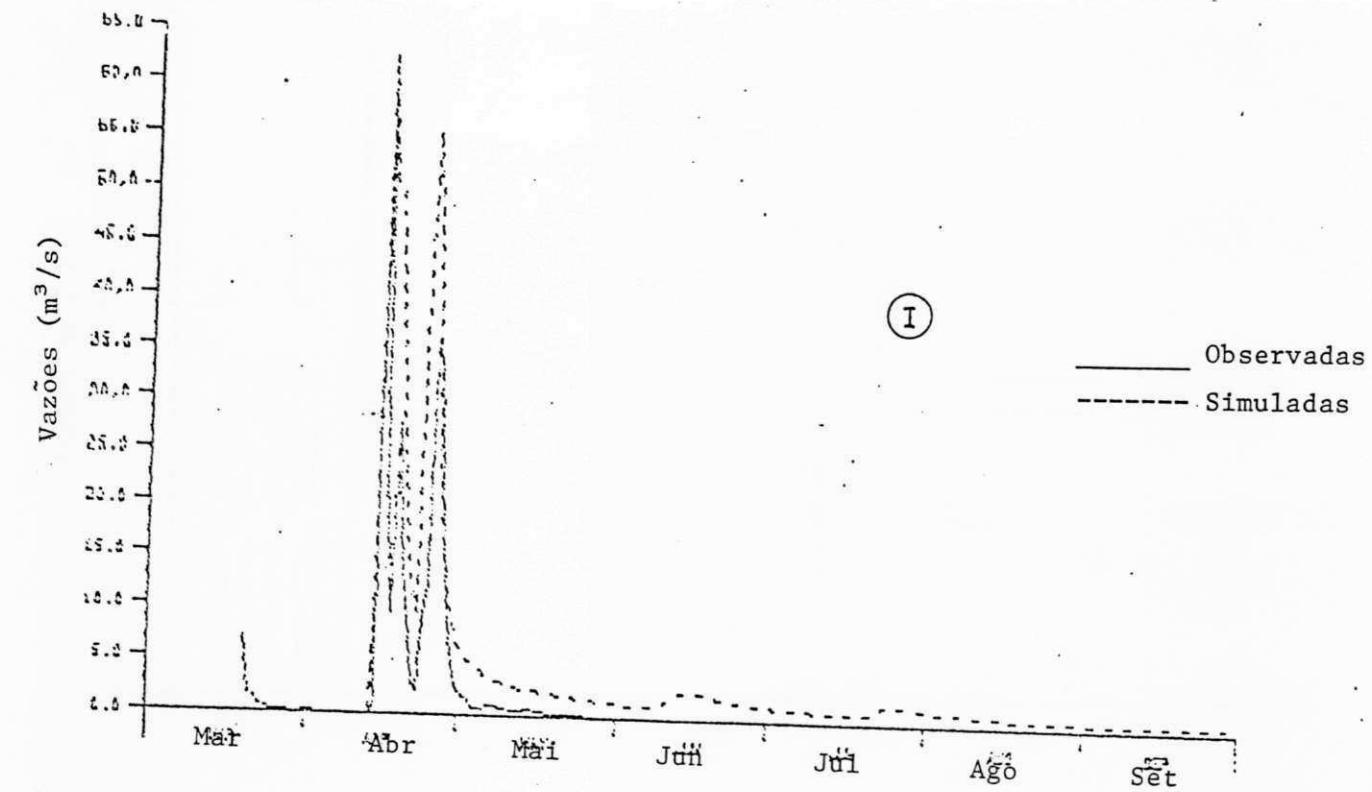


Fig. 5.6 - Simulação Hidrológica para a 1ª Etapa de Calibração.
Ano 1982.

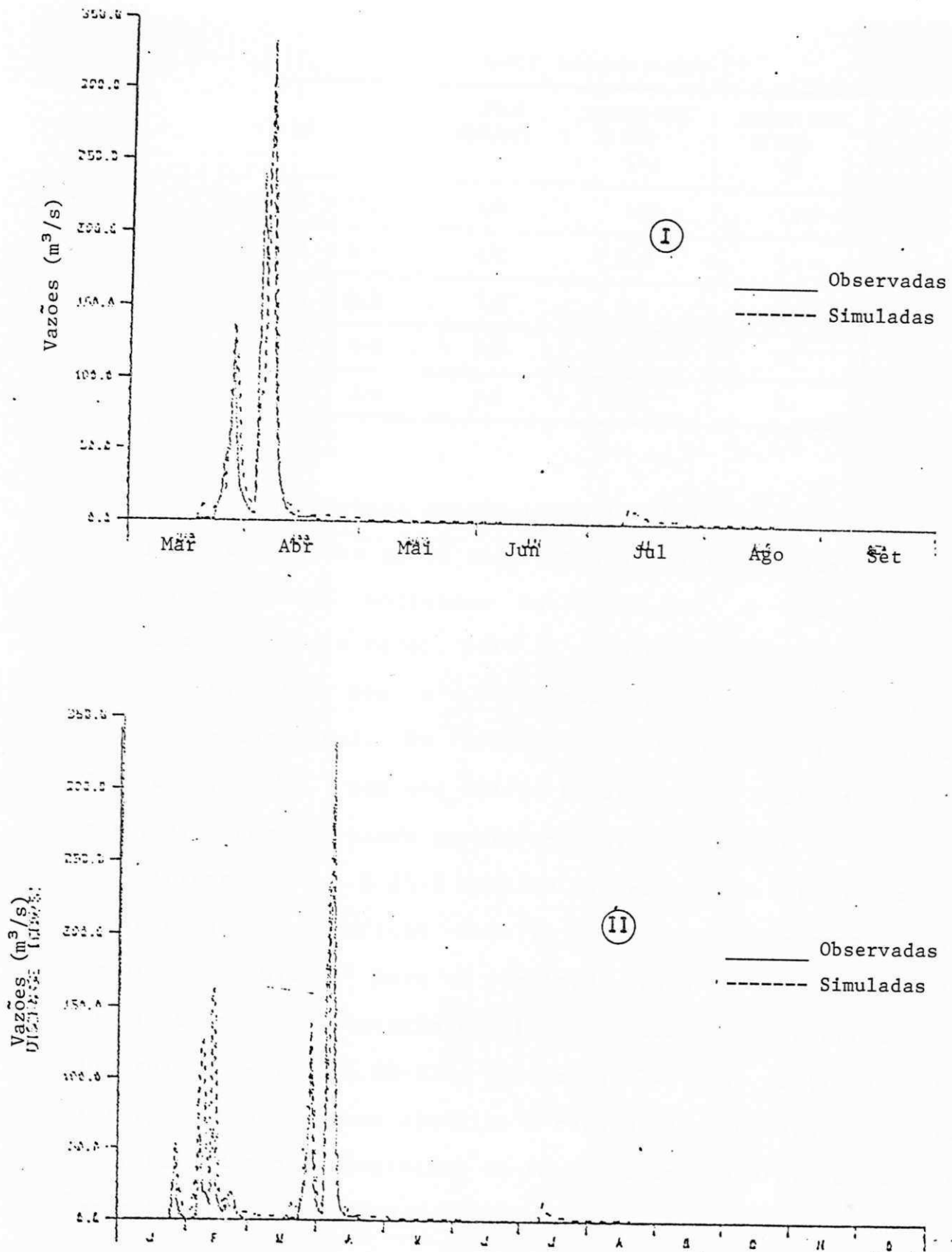


Fig. 5.7 - Simulação Hidrológica para a 1ª Etapa de Calibração.
Ano 1983.

Quadro 3 - Indicadores de ajuste.

ANO	desvio (-)	DESVIO HIDROLÓGICO (-)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (m³/s)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (%)
1979	57,23	1,54	3,45	1,1
1980	56,45	0,70	24,68	3,4
1981	136,30	3,82	34,4	13,1
1982	45,05	0,79	-0,70 (+)	1,2
1983	23,43	0,65	20,5	6,4

A segunda etapa de simulação foi feita de modo global, ou seja, simulou-se os 20 anos (1964 a 1983) utilizando-se os parâmetros médios indicados na Tabela 5.4. O processo foi repetido para dois casos, isto é: simulação apenas no período chuvoso de cada ano e a simulação durante o ano inteiro (janeiro a dezembro). Os resultados são mostrados nas Figuras 5.8 a 5.20. Em cada uma destas figuras são mostrados três gráficos representando os hidrogramas calculado e observado. Os gráficos 5.8-I a 5.20-I mostram os resultados obtidos com a calibração, os gráficos 5.8-II a 5.20-II, representam os resultados obtidos para a simulação para o mesmo período utilizado para a simulação (período chuvoso), e os gráficos das figuras 5.8-III a 5.20-III, mostram a simulação contínua para todos os meses do ano (janeiro a dezembro). O Quadro 4 mostra os resultados das simulações na forma de indicadores de ajuste ao hidrograma observado.

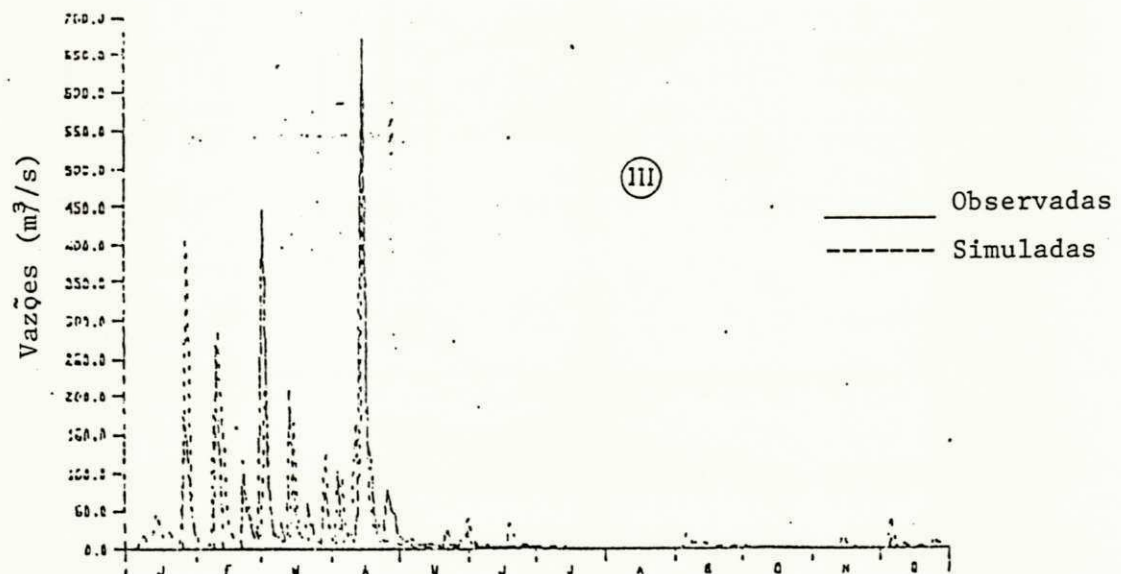
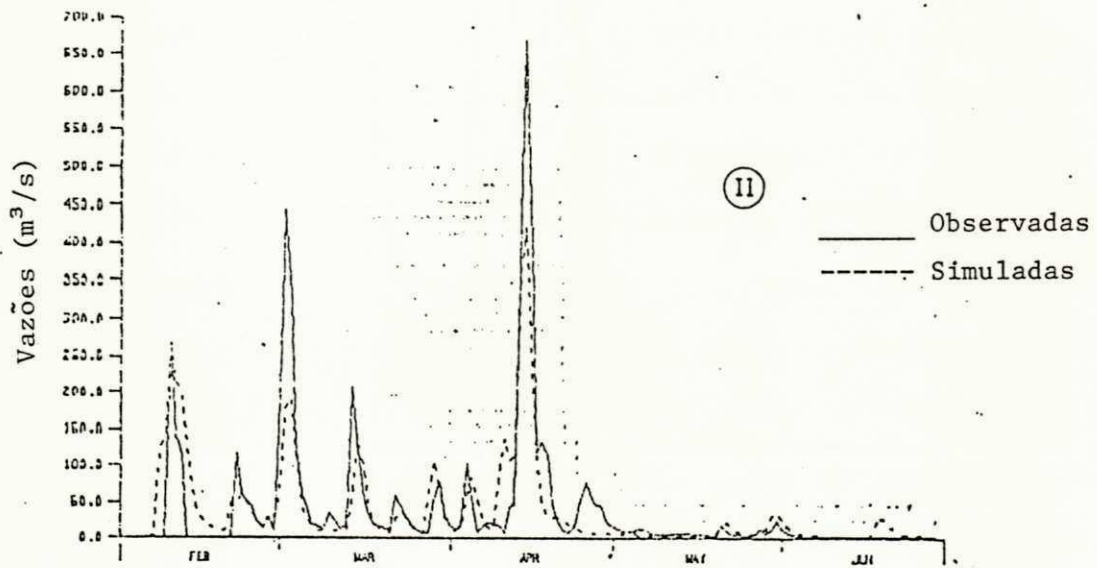
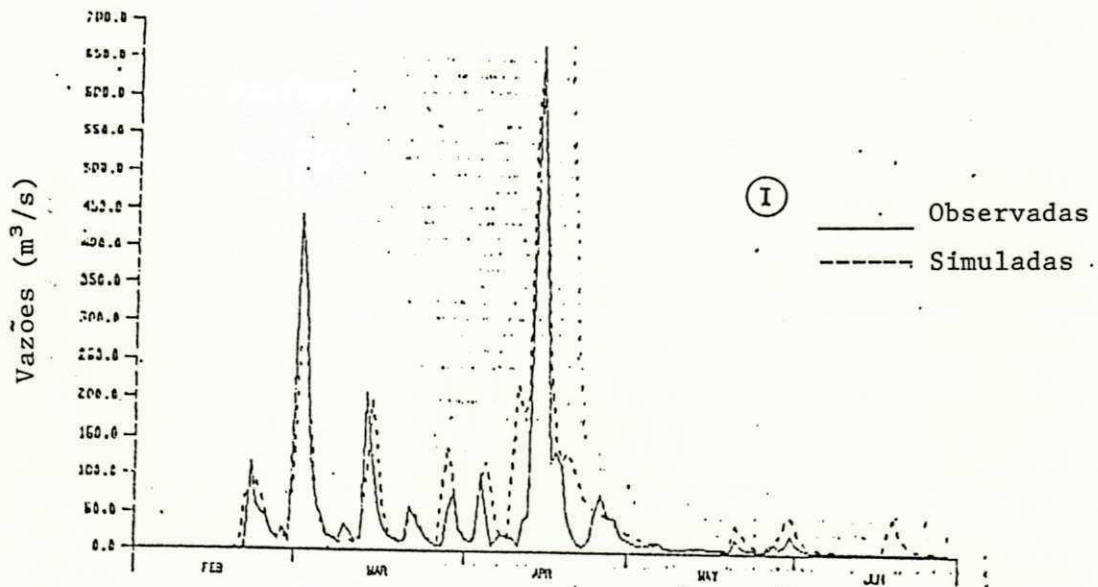


Fig. 5.8 - Simulação hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração. Ano 1964.

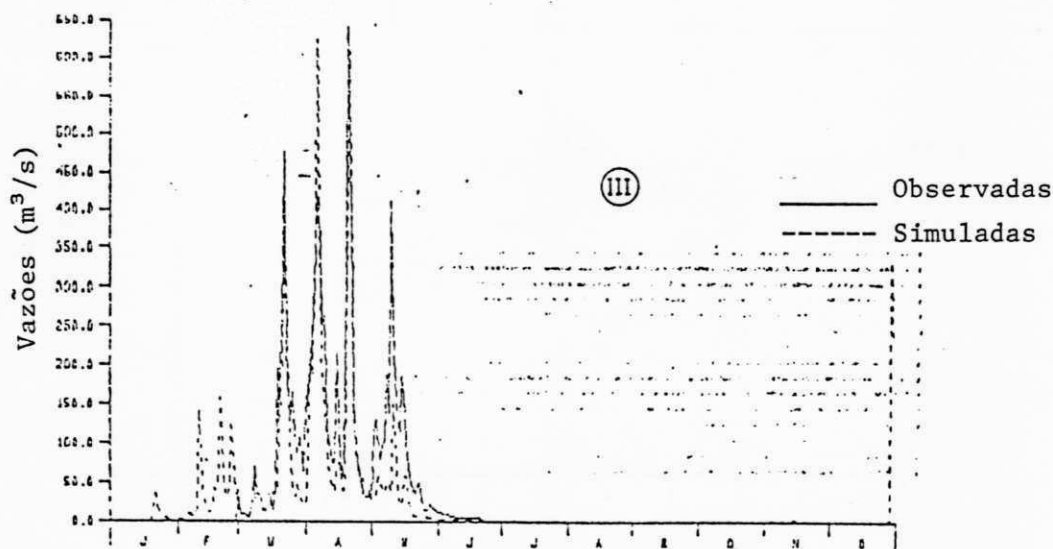
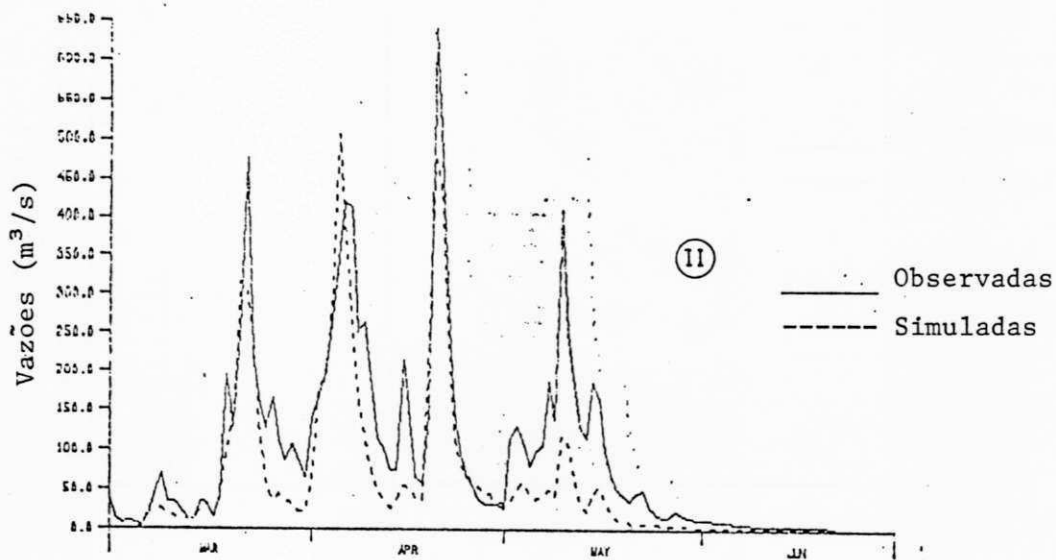
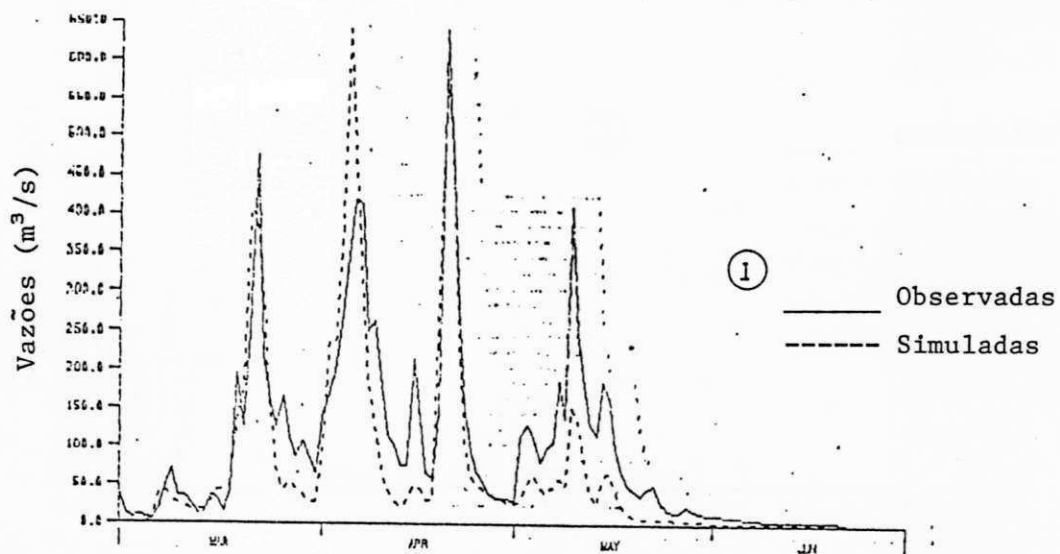


Fig. 5.9 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de calibração.
Ano 1967.

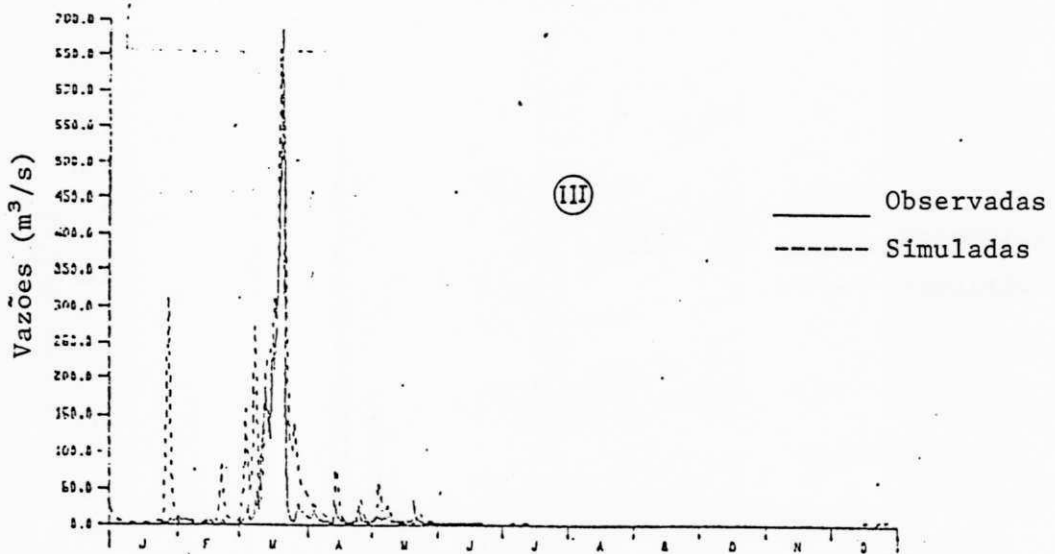
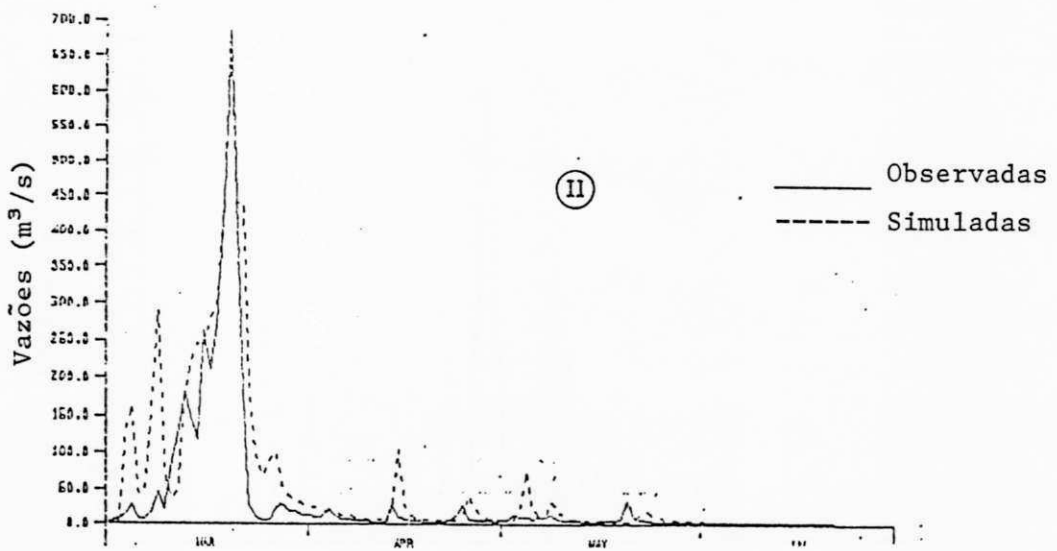
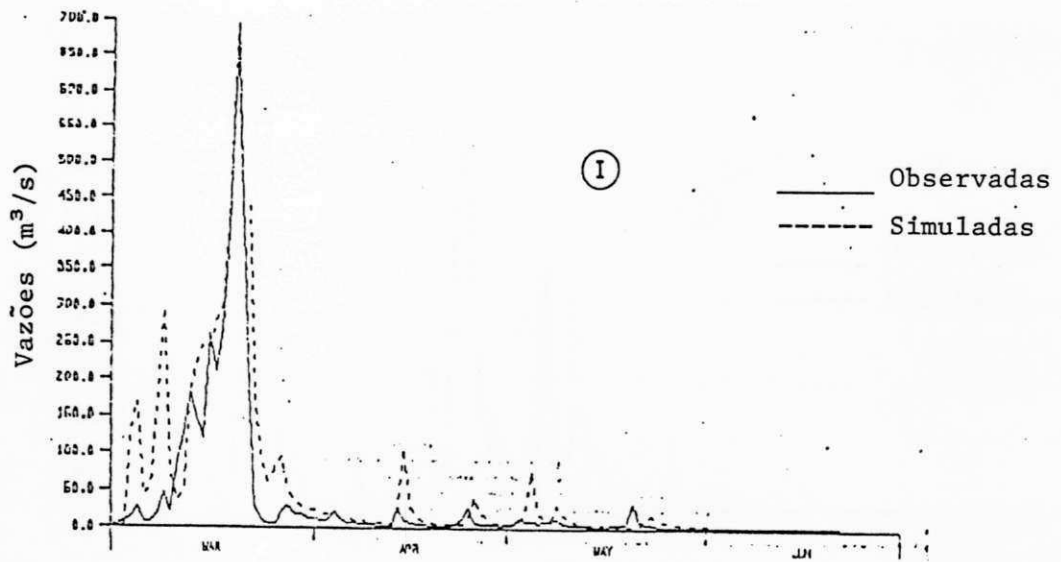


Fig. 5.10 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração. Ano 1968.

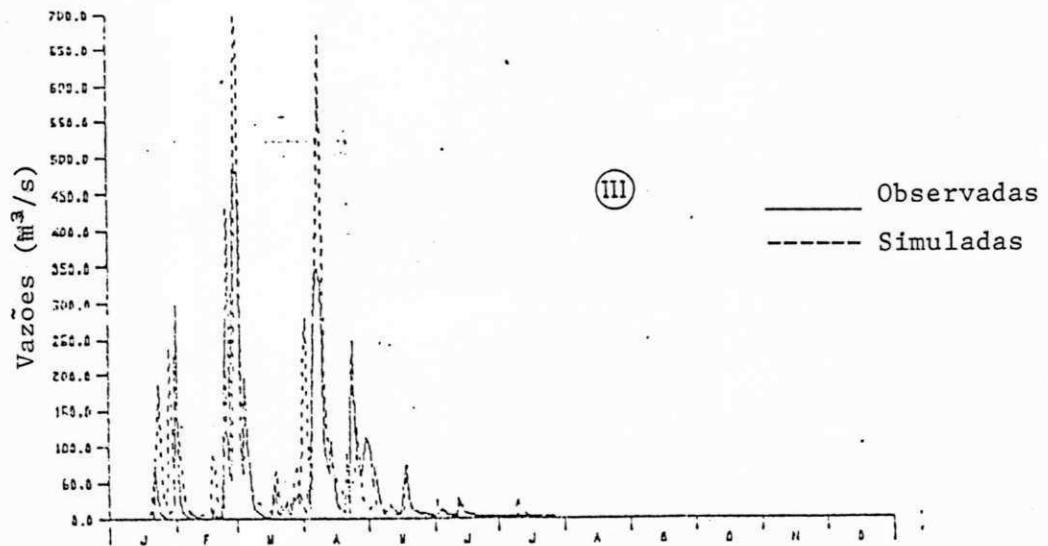
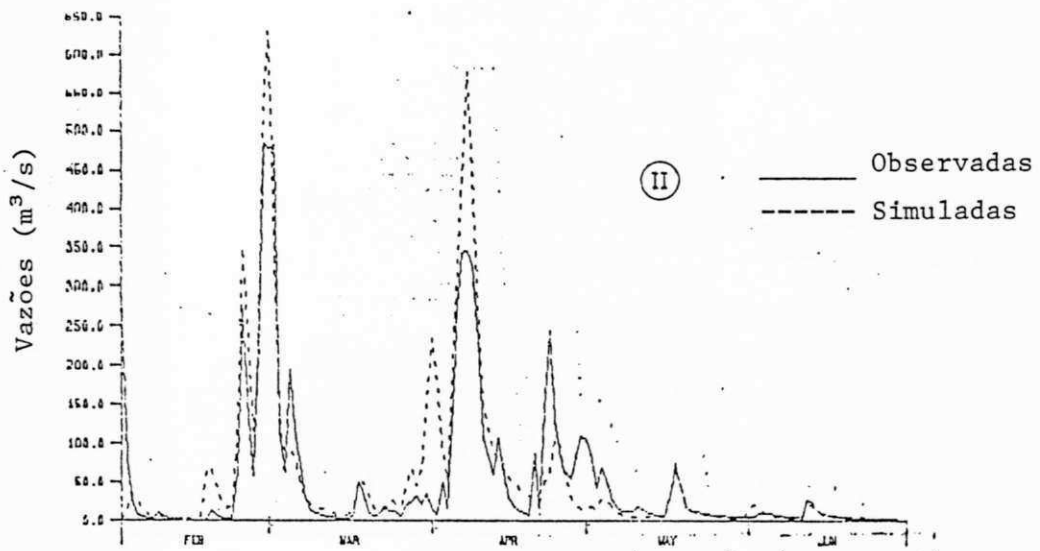
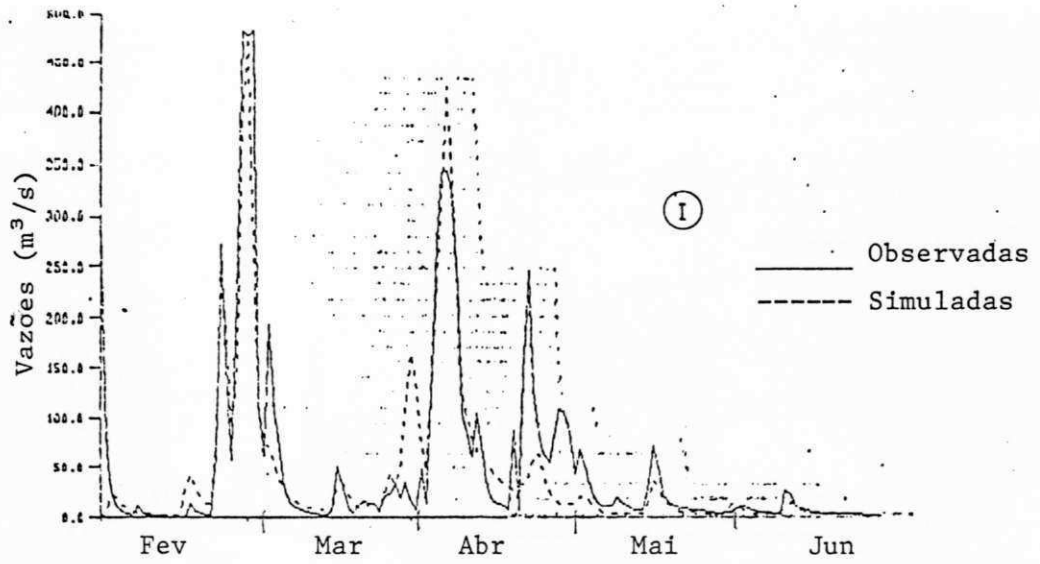


Fig. 5.11 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração.
Ano 1971

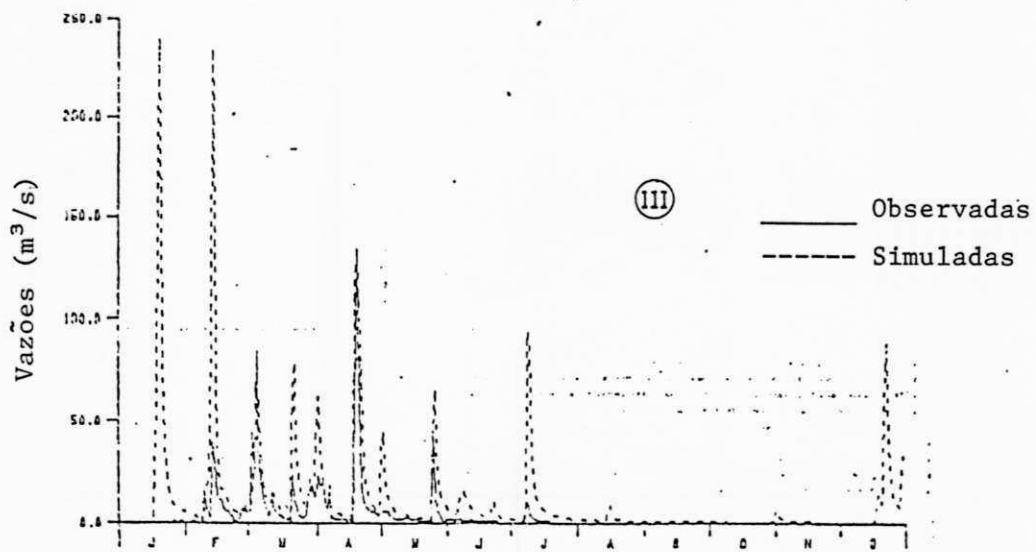
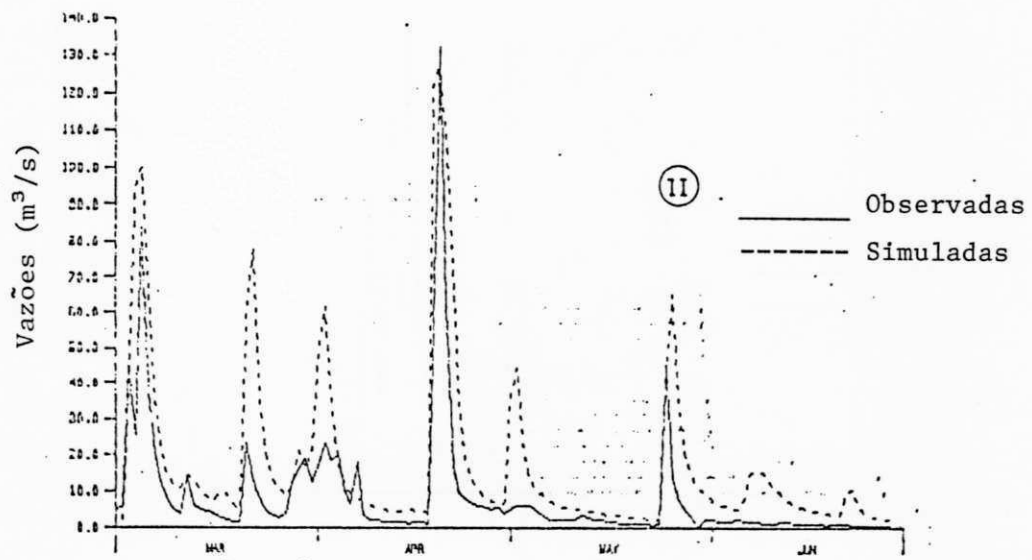
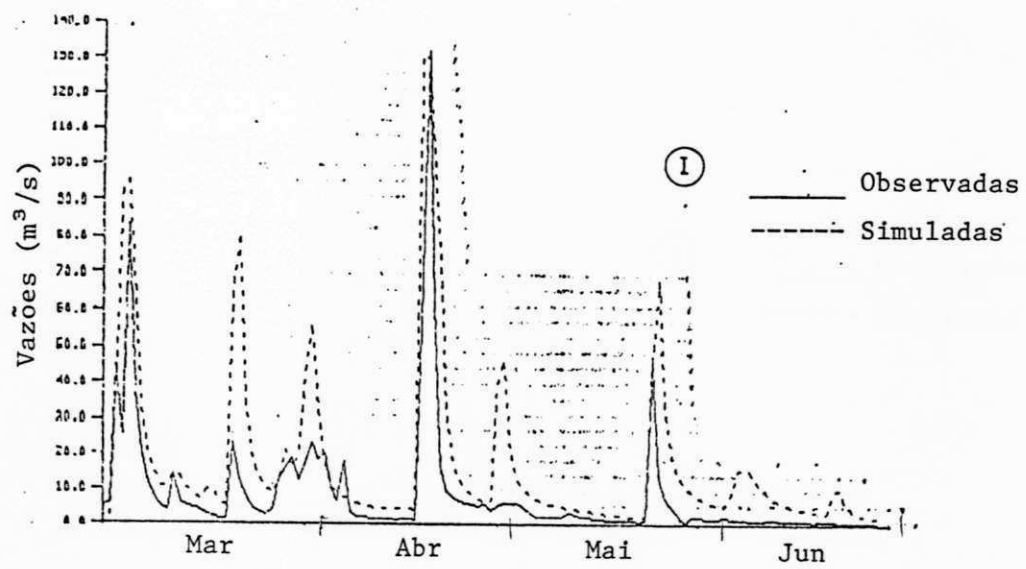


Fig. 5.12 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração. Ano 1972.

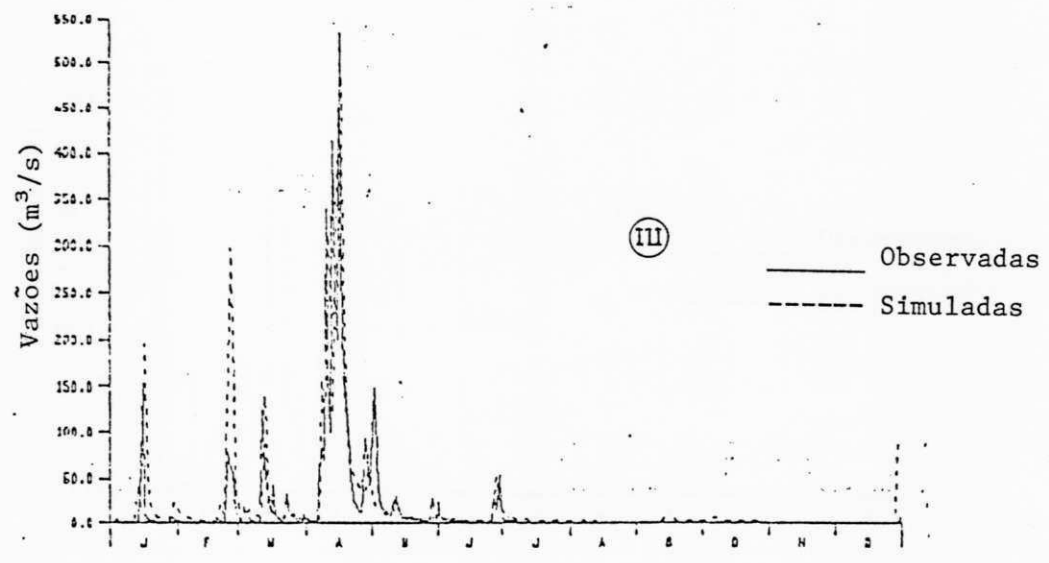
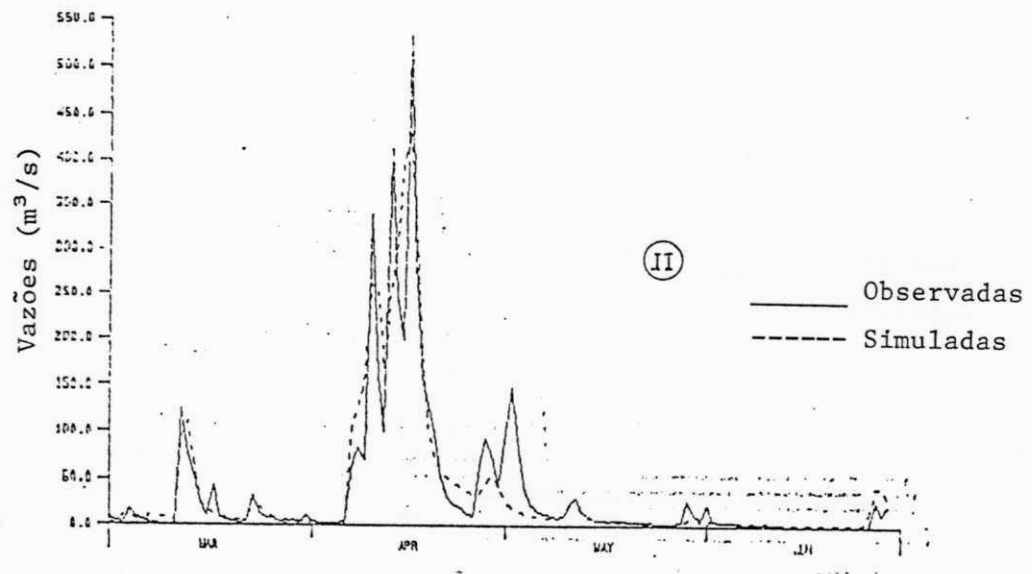
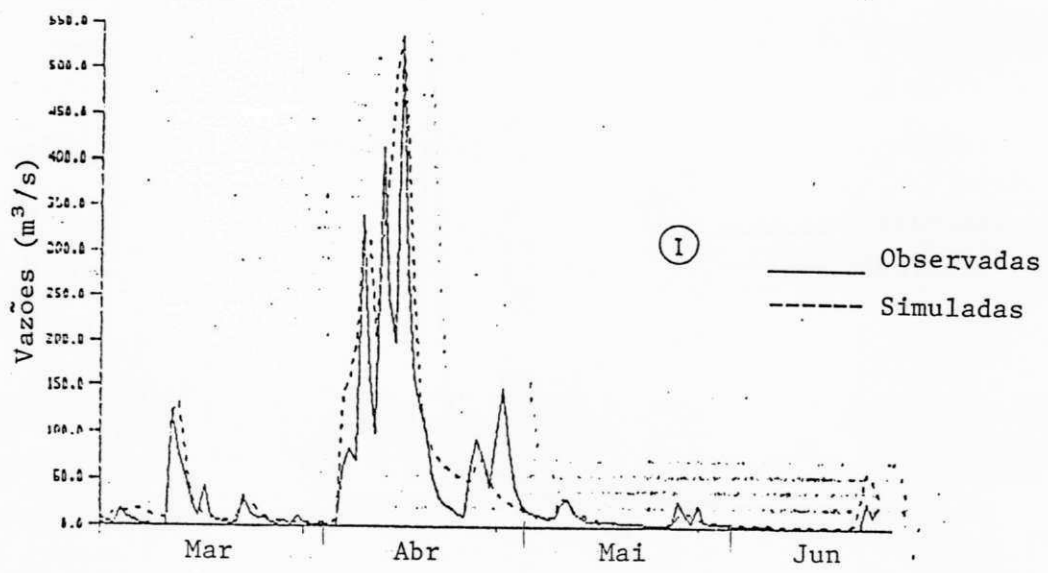


Fig. 5.13 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração. Ano 1973.

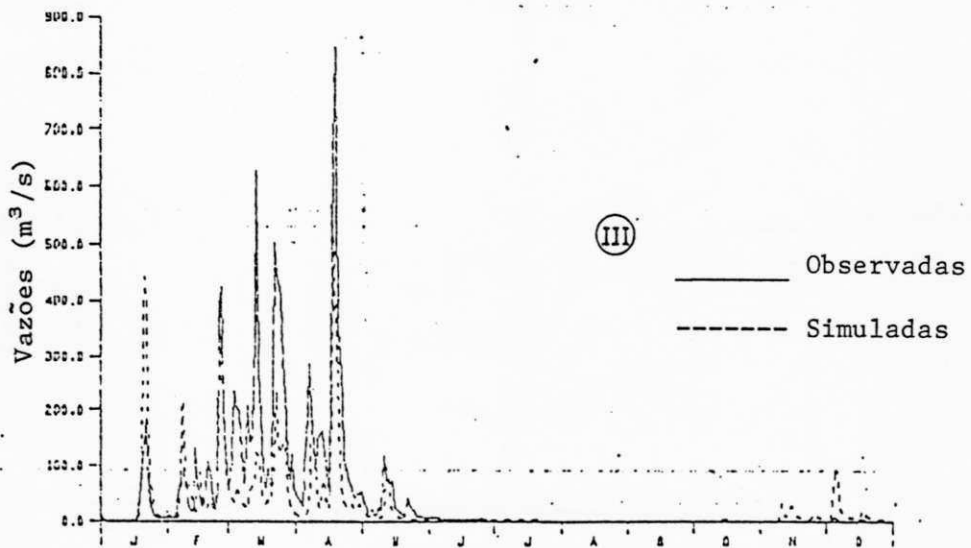
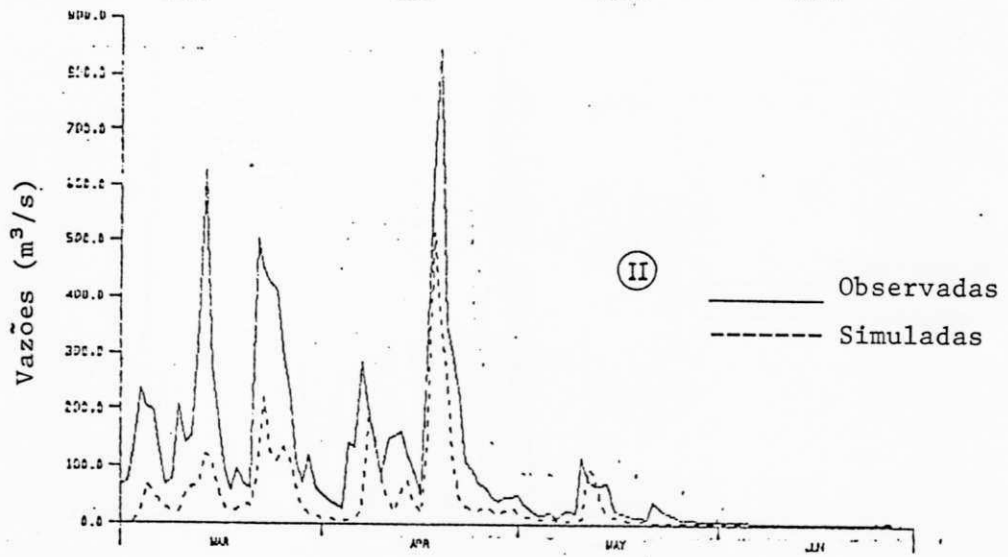
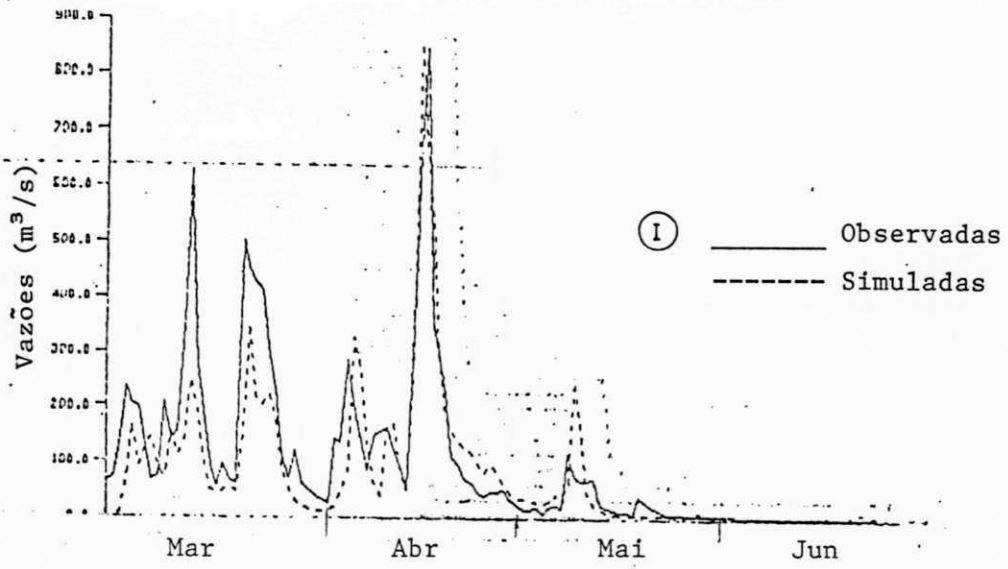


Fig. 5.14 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração. Ano 1974

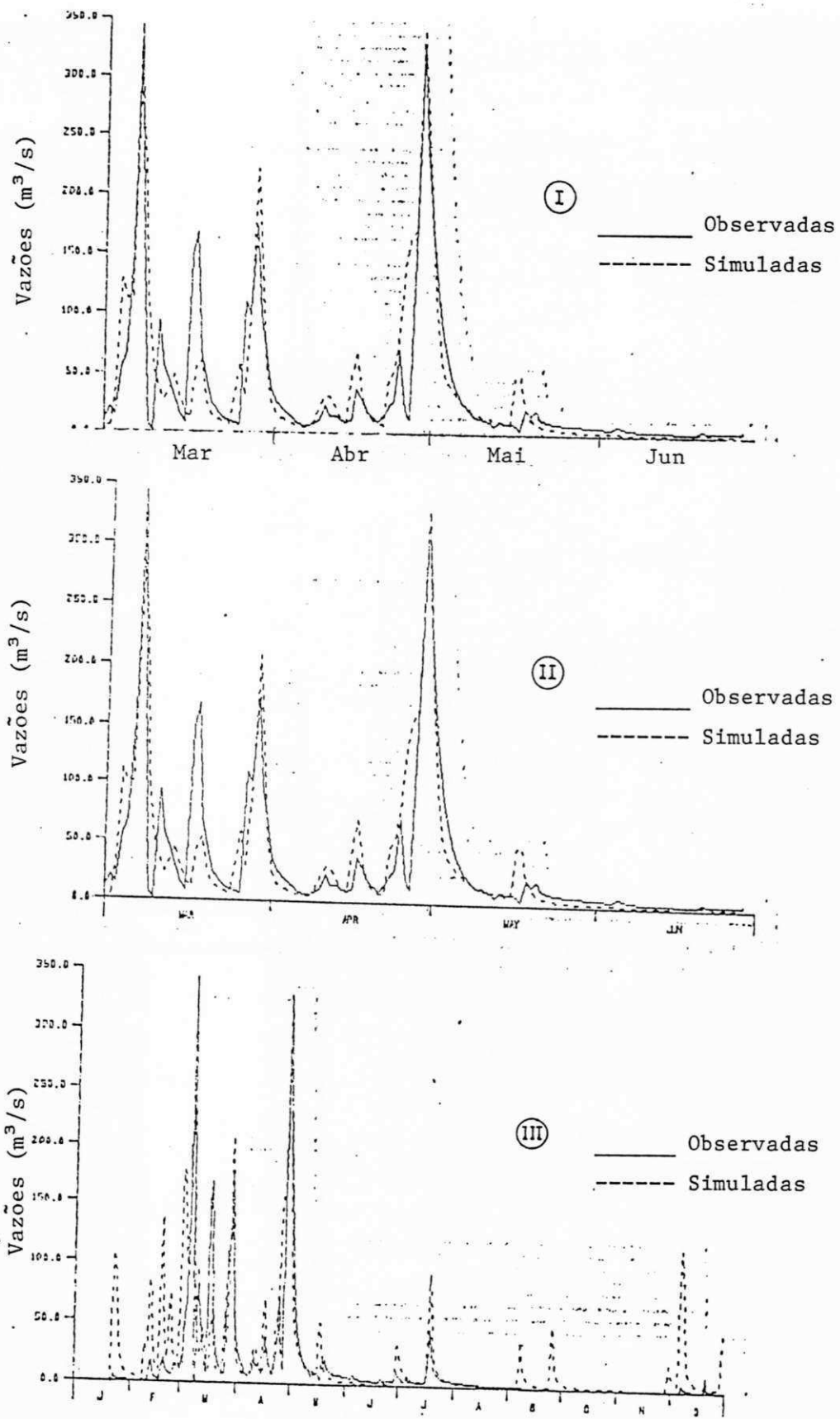


Fig. 5.15 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração. Ano 1975.

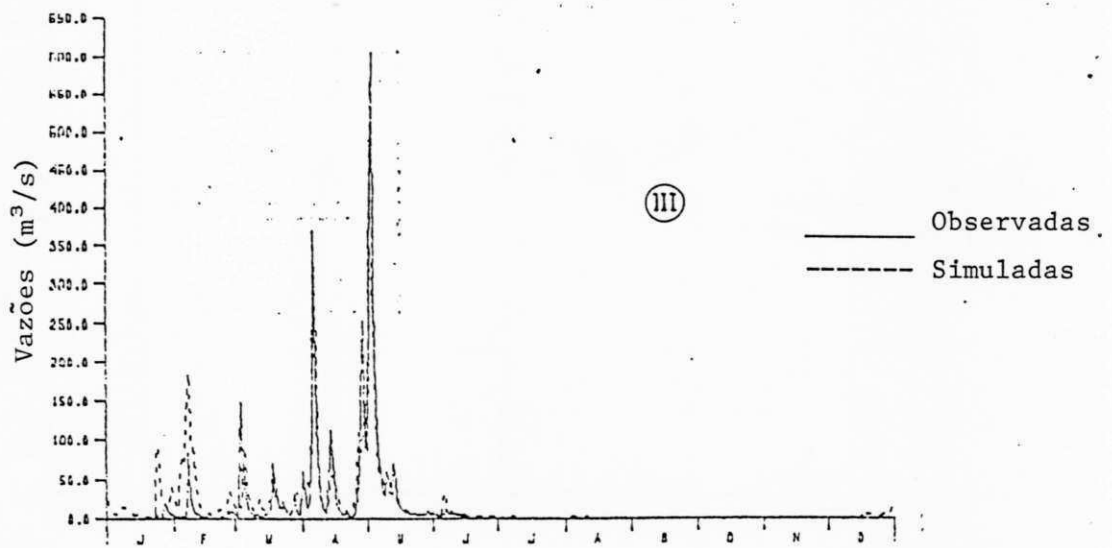
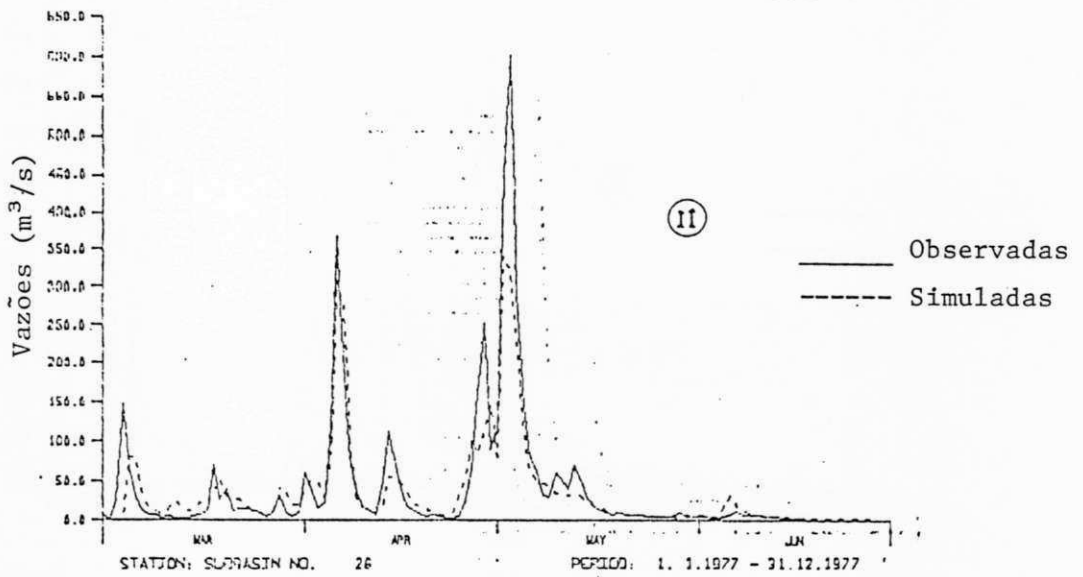
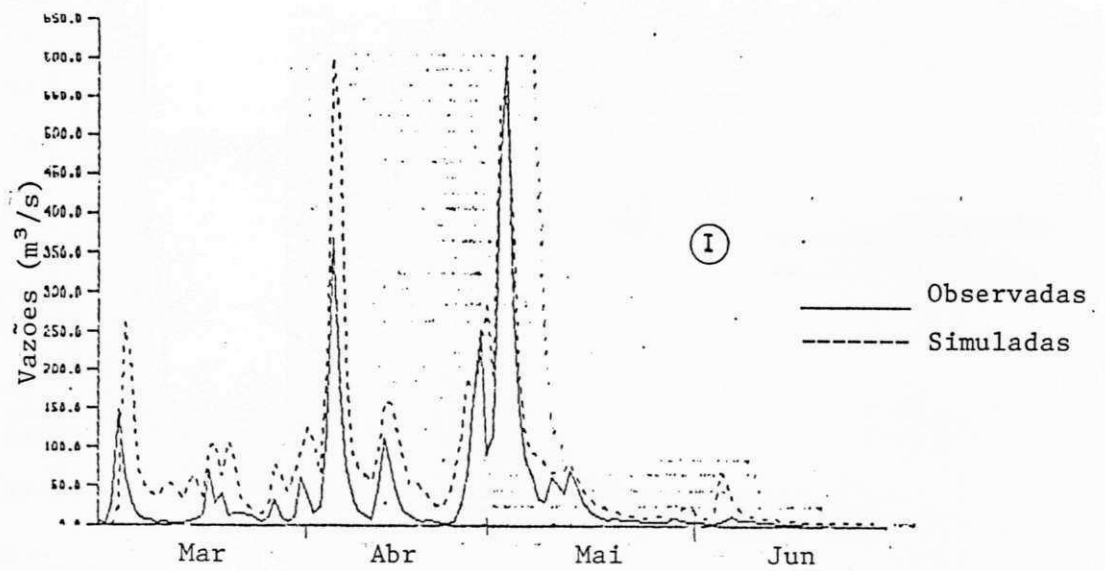


Fig. 5.16 - Simulação hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração. Ano 1977.

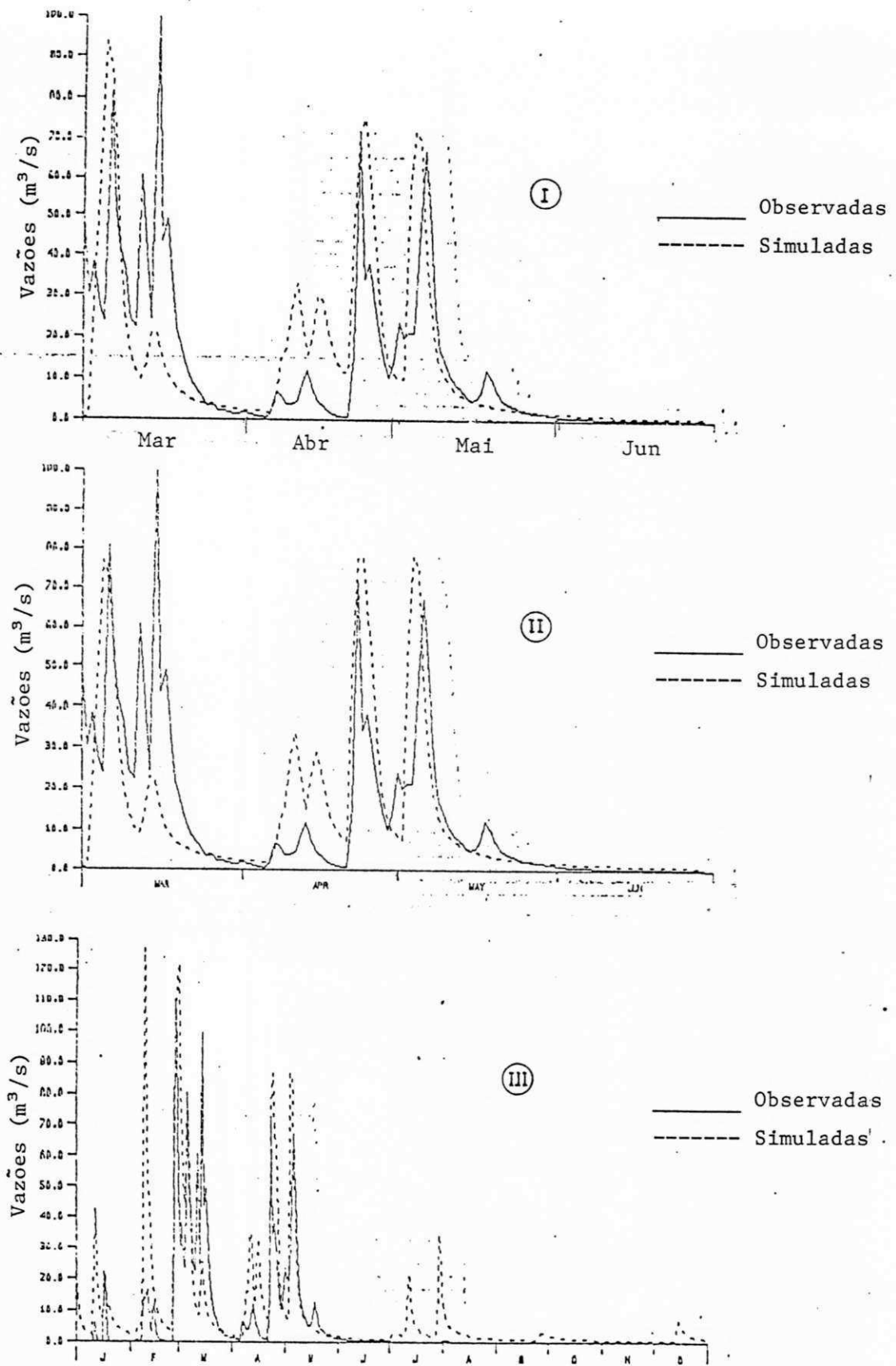


Fig. 5.17 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração Ano 1978.

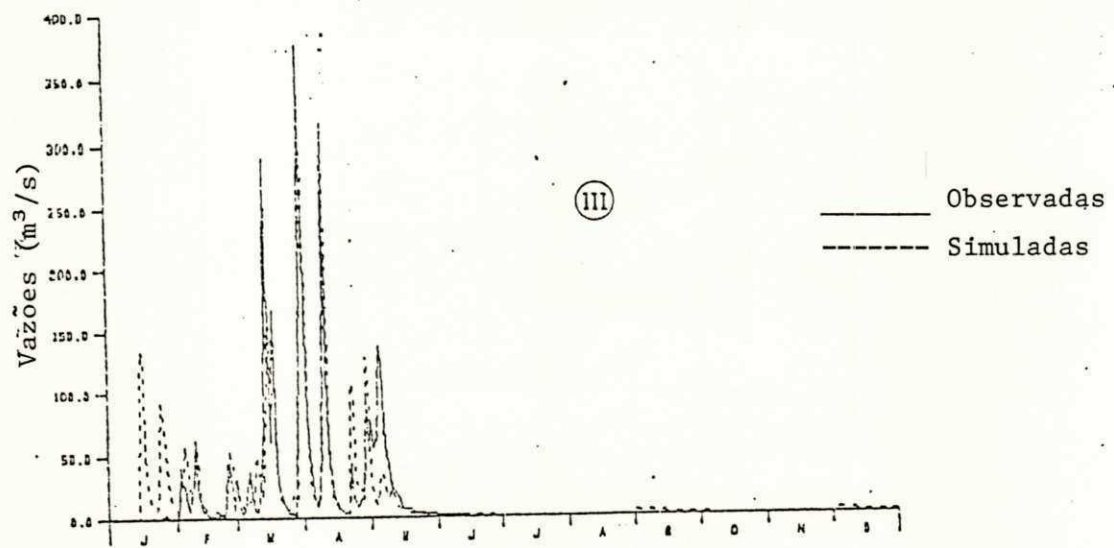
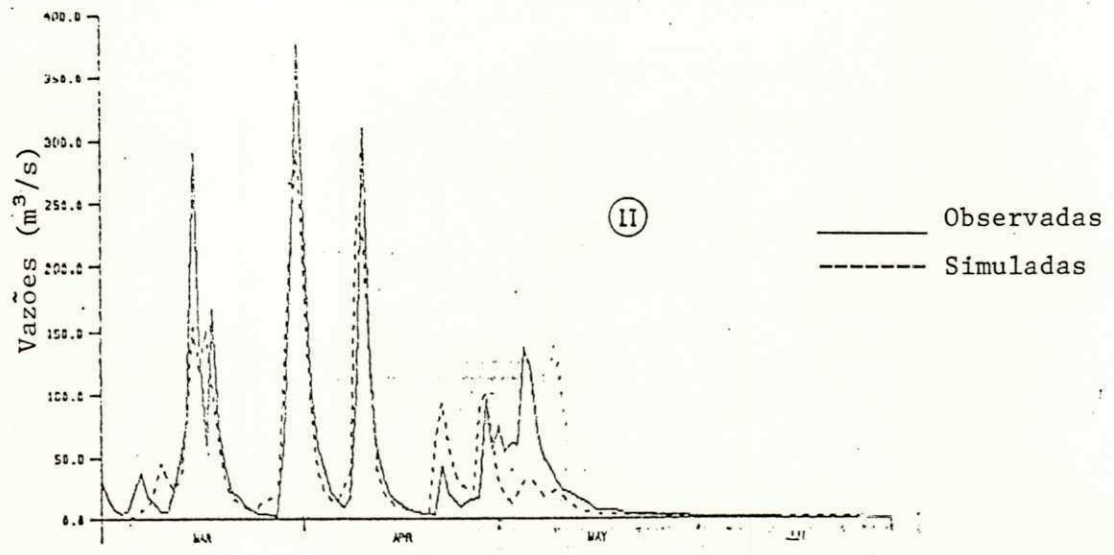
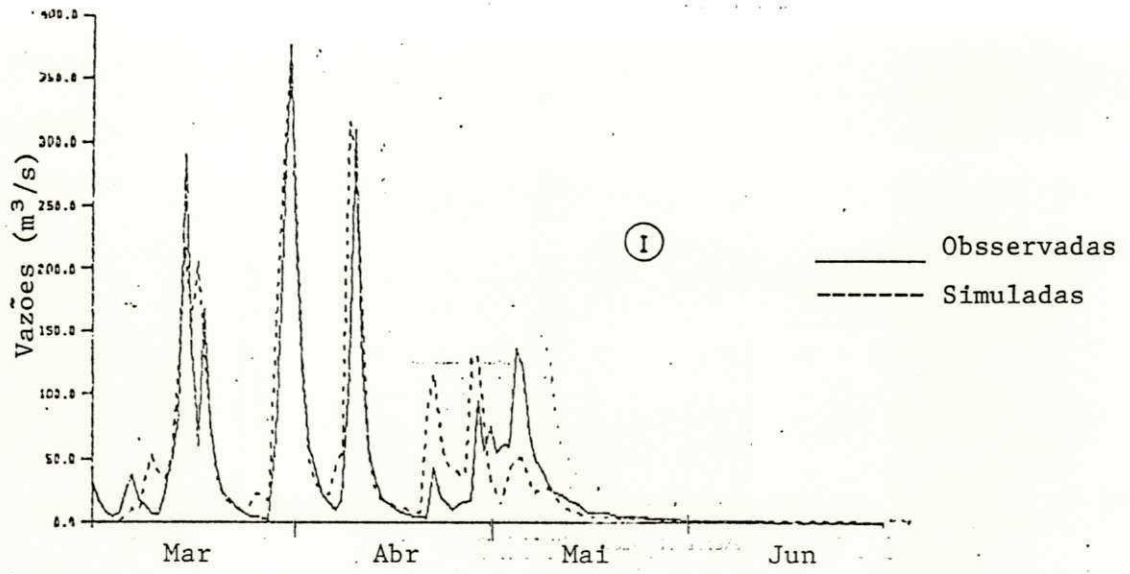


Fig. 5.18 - Simulação hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração
 — Ano 1979.

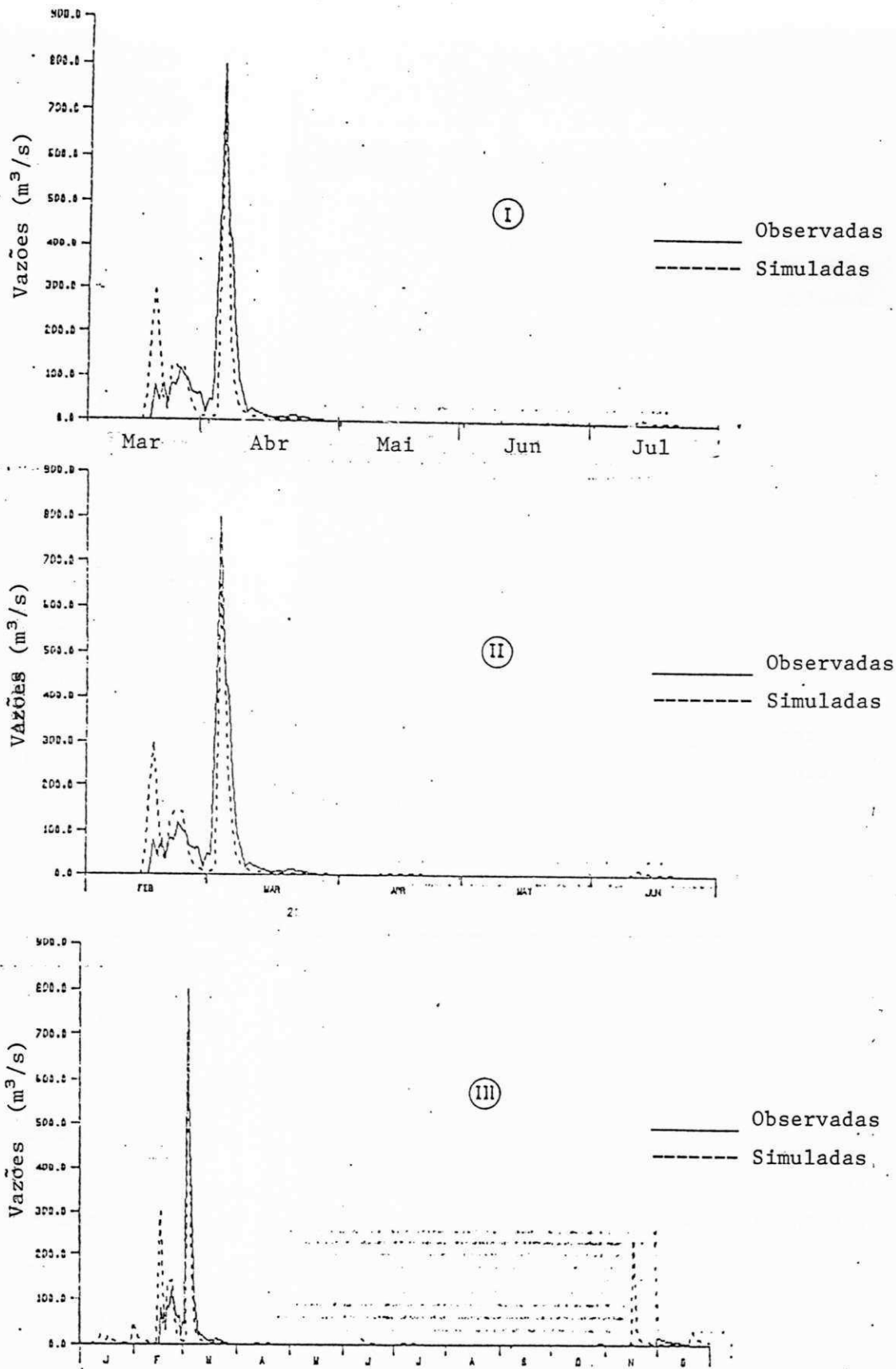


Fig. 5.19 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de Calibração.
 Ano 1980.

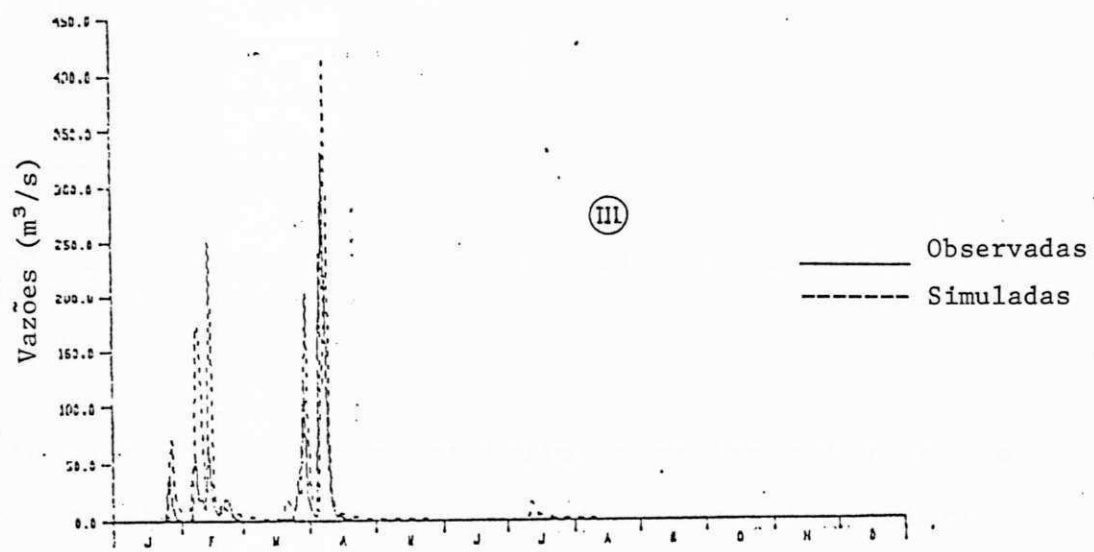
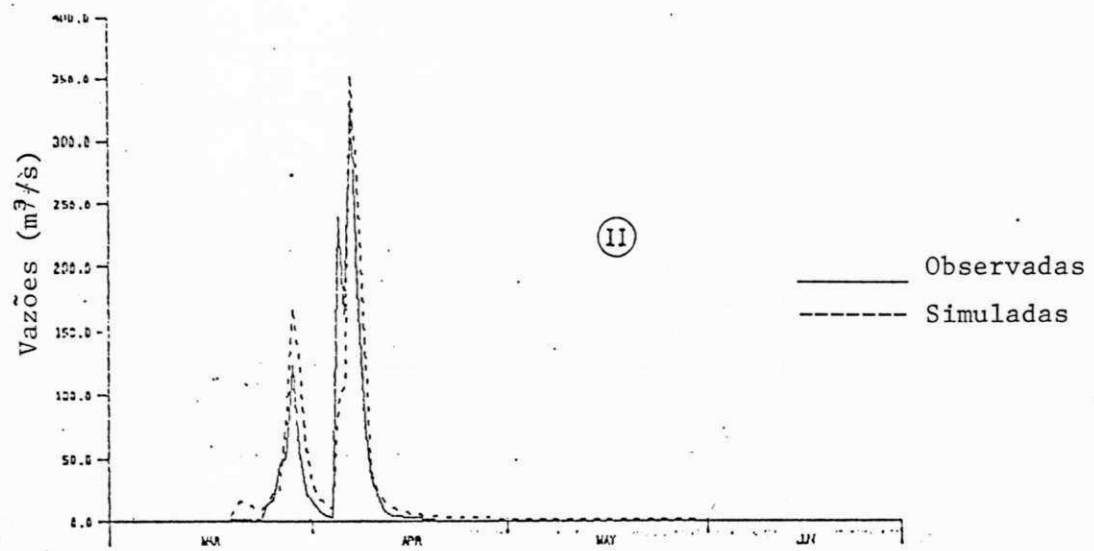
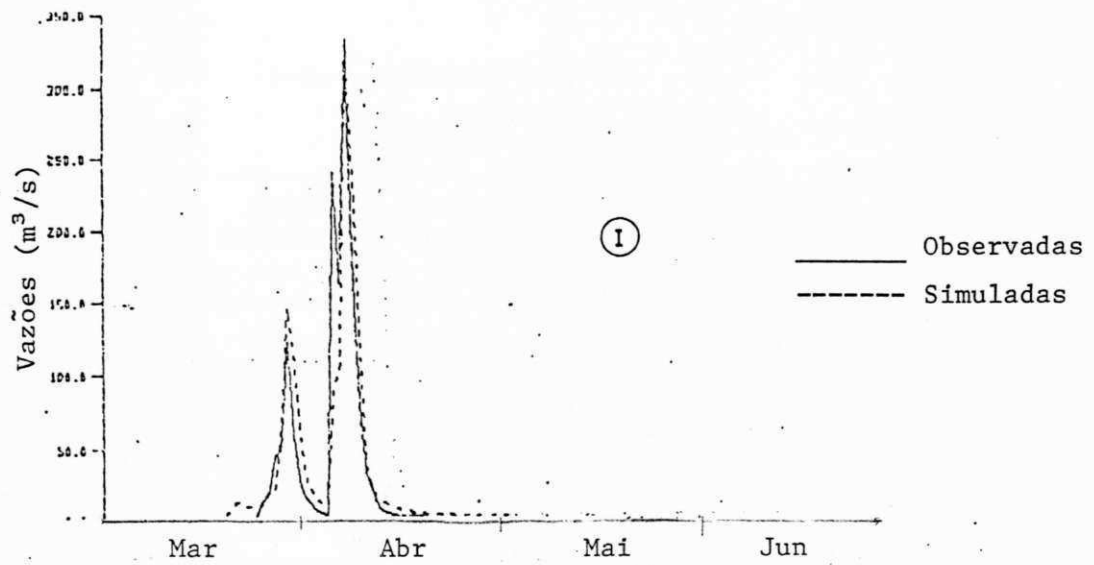


Fig. 5.20 - Simulação Hidrológica para a 2ª Etapa de calibração. Ano 1983.

Quadro 4 - Indicadores de ajuste

(Simulação Global)

ANO	desvio (-)	DESVIDO HIDROLOGICO (-)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (m³/s)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (%)
1964	89,42	1,11	12,4	4,2
1965	16,4	3,20	-25,4 (*)	18,2
1967	30,40	2,20	-17,6 (*)	4,7
1968	152,4	0,56	-10,6 (*)	3,8
1971	40,43	1,58	-18,2 (*)	10,1
1972	182,4	2,36	-16,2 (*)	10,2
1973	126,4	1,02	-20,4 (*)	4,1
1974	26,50	2,72	36,8	13,2
1975	23,2	1,05	16,40	5,2
1977	115,23	1,08	35,4	13,8
1978	76,4	3,48	-7,42	7,2
1979	50,24	1,06	13,8	4,1
1980	43,5	0,53	7,53	1,2
1981	126,43	3,61	39,4	19,5
1982	436,4	0,92	-5,32 (*)	8,2
1983	226,4	0,72	13,4	4,2

(*) - Os valores negativos indicam uma vazão calculada maior que a observada.

A terceira simulação foi feita numa tentativa de se considerar os efeitos da grande variabilidade pluviométrica inter anual e obter melhores resultados de ajuste no processo de simulação considerando anos secos, úmidos e normais.

Para se encontrar esses conjuntos de anos considerados secos, úmidos ou normais, foi definido um "índice" pluviométrico. Para cada ano estes índices anuais foram enquadrados em três faixas para distinguir entre os anos secos, úmidos e normais.

Inicialmente foram computados os valores totais anuais das precipitações de cada ano e calculada sua média. A tabela 5.6 mostra a média aritmética dos valores totais anuais de chuva da bacia e a média final.

Tabela 5.6 - Pluviometria média na Bacia Piancó

ANO	PRECIPITAÇÃO	ANO	PRECIPITAÇÃO	ANO	PRECIPITAÇÃO
1962	851,4mm	1969	756,0mm	1976	657,8mm
1963	961,7mm	1970	1042,9mm	1977	989,7mm
1964	1126,5mm	1971	1036,6mm	1978	676,7mm
1965	866,8mm	1972	747,8mm	1979	773,5mm
1966	564,9mm	1973	890,2mm	1980	699,5mm
1967	1216,8mm	1974	1335,0mm	1981	608,6mm
1968	845,2mm	1975	1036,6mm	1982	449,7mm
				1983	601,8mm
MÉDIA = 851,4mm.					

No passo seguinte foi feita uma tentativa de encontrar o índice através de uma média ponderada de três anos consecutivos, (com pesos cuja soma fosse sempre igual a unidade), levando em consideração as condições dos anos anteriores, dividida pela precipitação média de todos os anos. Por exemplo: O índice que representaria o ano de 1964 com os pesos 0,4 ; 0,3 e 0,3 seria calculado da seguinte forma:.

Precipitação total anual de 1962 = 851,4 mm.

Precipitação total anual de 1963 = 961,7 mm.

Precipitação total anual de 1964 = 1126,5 mm.

Precipitação média (de 20 anos) = 851,4 mm.

Com os dados acima o índice é calculado abaixo:

$$I_{44} = \frac{(851,4 * 0,4 + 961,7 * 0,3 + 1126,5 * 0,3)}{851,4} = 1,14$$

A utilização desses pesos fará com que a maior ou menor quantidade de chuva observada nos dois anos anteriores sejam utilizados na avaliação da umidade do ano considerado.

Nesse caso, na tentativa de encontrar três faixas distintas, foram testadas várias combinações entre os pesos, sendo dentre elas, as duas opções principais.

I - 0,3; 0,5; 0,2.

II - 0,2; 0,5; 0,3.

Ambas apresentaram os mesmos resultados. Foram encontrados as mesmas faixas para cada ano. Como as duas combinações levaram as mesmas situações optou-se pela primeira (I), observando-se que o maior peso coube ao ano imediatamente anterior ao daquele para que se pretende determinar o índice.

Utilizando o mesmo raciocínio do exemplo anterior, foram calculados os índices indicados na tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Índices de Chuva Anual

ANO	PRECIPITAÇÃO	INDICES	ANO	PRECIPITAÇÃO	INDICES
1962	851.4mm	-	1973	890.2mm	1.01
1963	961.7mm	-	1974	1335.0mm	1.10
1964	1126.5mm	1.13	1975	1036.6mm	1.34
1965	866.8mm	1.20	1976	657.8mm	1.23
1966	564.9mm	1.04	1977	989.7mm	0.98
1967	1216.8mm	0.97	1978	676.7mm	0.97
1968	845.2mm	1.11	1979	773.5mm	0.93
1969	756.0mm	1.10	1980	699.5mm	0.86
1970	1042.9mm	0.99	1981	608.6mm	0.83
1971	1036.6mm	1.12	1982	449.7mm	0.71
1972	747.8mm	1.15	1983	601.8mm	0.62

Os índices variaram de 0,62 a 1,34. Escolheu-se então, três faixas de variações: "A" ; "B"; "C", correspondentes aos anos secos normais e úmidos pelo valor do referido índice na forma:

Faixa A - $I < 0,90$

Faixa B - $0,90 < I < 1,10$

Faixa C - $I > 1,10$

Com esses resultados, separaram-se os anos pertencentes a cada faixa e foi feita a simulação de cada ano utilizando o mesmo procedimento das etapas anteriores a partir dos parâmetros médios mostrados nas tabelas 5.8a, 5.8b e 5.8c. para cada faixa do índice.

Tabela 5.8-a) - Seleção dos Anos conforme a Faixa do Índice I

a) FAIXA "A" $I < 0.90$

ANO	NET-1	NET-2	MAX-1	MAX-2	K6	EET	EKM	EKL	EKR	ALFA	BETA	DFD	QBSP
1980	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	6,8	60	60	60	0,42	0,10	95	0,0
1981	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	7,5	60	60	60	0,16	0,10	95	0,0
1982	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	6,6	60	60	60	0,24	0,10	95	0,0
1983	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	6,7	60	60	60	0,34	0,10	95	0,0
MEDIA	0,4(5)	1,0	2,0	7,0	1250	6,9	60	60	60	0,30	0,10	95	0,0

Tabela 5.8 - b) FAIXA "B" $0.90 \leq I < 1.10$

ANO	NET-1	NET-2	MAX-1	MAX-2	K6	EET	EKM	EKL	EKR	ALFA	BETA	DFD	QBSP
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	5,3	60	60	60	0,44	0,10	95	0,0
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	4,0	60	60	60	0,41	0,10	95	0,0
1977	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	2,5	60	60	60	0,46	0,10	95	0,0
1978	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	3,5	60	60	60	0,29	0,10	95	0,0
1979	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	3,6	60	60	60	0,40	0,10	95	0,0
MEDIA	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	4,3	60	60	60	0,40	0,10	95	0,0

Tabela 5.8 - c) FAIXA "C" $I \geq 1.10$

ANO	NET-1	NET-2	MAX-1	MAX-2	KG	EET	EKA	EEL	EER	ALFA	BETA	BFD	DBSP
1964	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	3,8	60	60	60	0,44	0,10	95	0,0
1965	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	7,5	60	60	60	0,20	0,10	95	0,0
1968	1,0	1,0	2,0	7,0	1250	6,2	60	60	60	0,36	0,10	95	0,0
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	0,4	1,0	2,0	7,0	1250	6,8	60	60	60	0,28	0,10	95	0,0
1972	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	6,6	60	60	60	0,37	0,10	95	0,0
1974	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	2,5	60	60	60	0,48	0,10	95	0,0
1975	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	4,6	60	60	60	0,35	0,10	95	0,0
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEDIA	0,5	1,0	2,0	7,0	1250	5,7	60	60	60	0,40	0,10	95	0,0

As figuras 5.21 a 5.36, mostram os hidrogramas calculados e observados, sendo: as figuras 5.21 a 5.24 correspondentes aos anos sêcos as figuras 5.25 a 5.29 correspondentes aos anos normais as figuras 5.30 a 5.36 correspondentes aos anos úmidos. Os Quadros 5a, 5b e 5c mostram os indicadores de ajuste para cada tipo de ano.

Nas figuras, como nos casos anteriores, apresentam-se três situações: Simulação com parâmetros do próprio ano, período chuvoso (I), simulação com parâmetros médios do tipo do ano (II) e simulação para todo ano também com os parâmetros médios do tipo do ano (III).

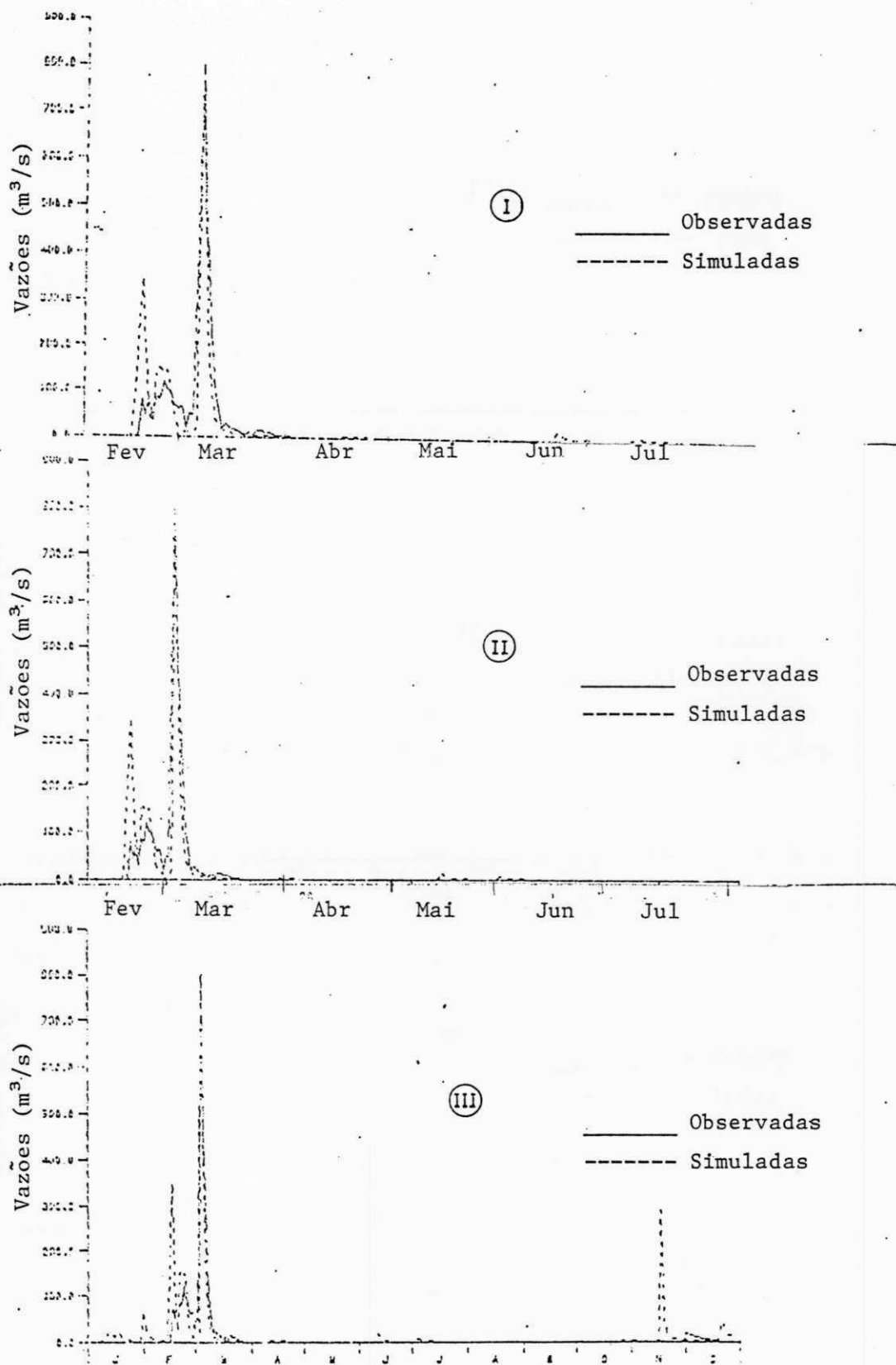


Fig. 5.21 - Simulação hidrológica para 3ª Etapa de Calibração.
Ano 1980, Faixa A.

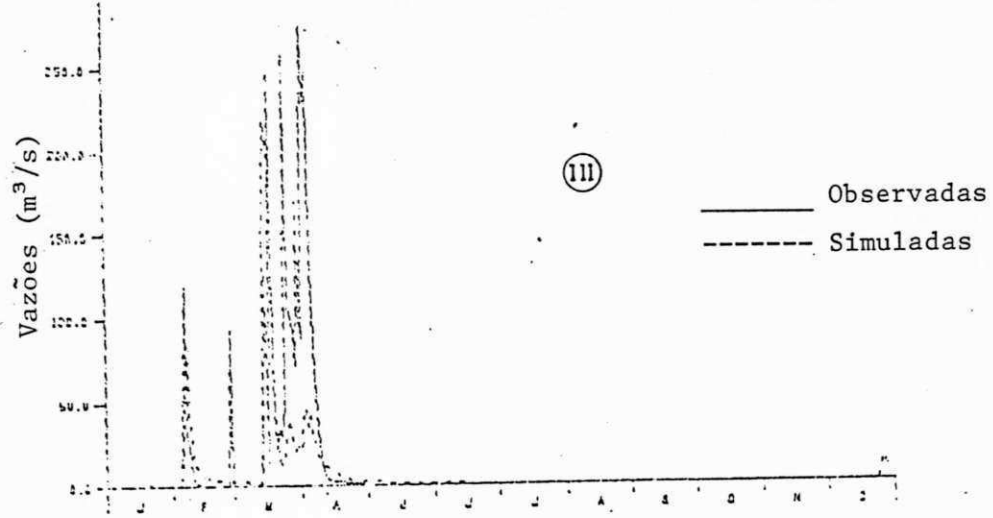
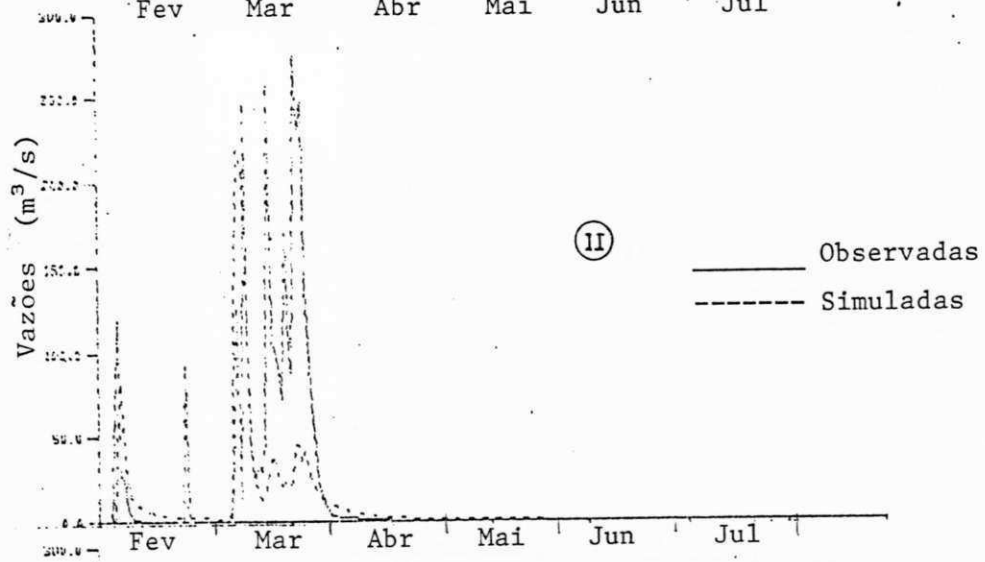
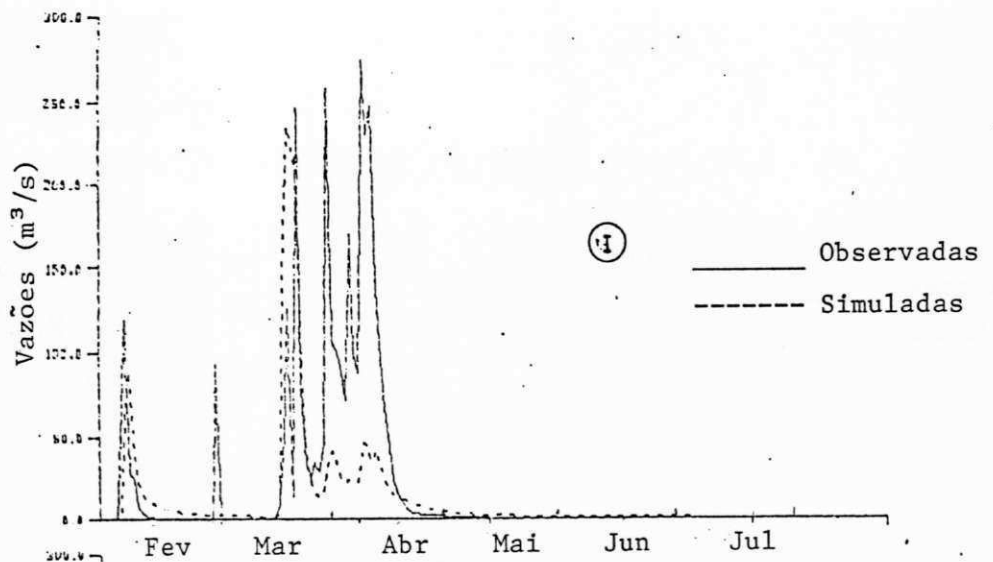


Fig. 5.22 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração. Ano 1984, Faixa A.

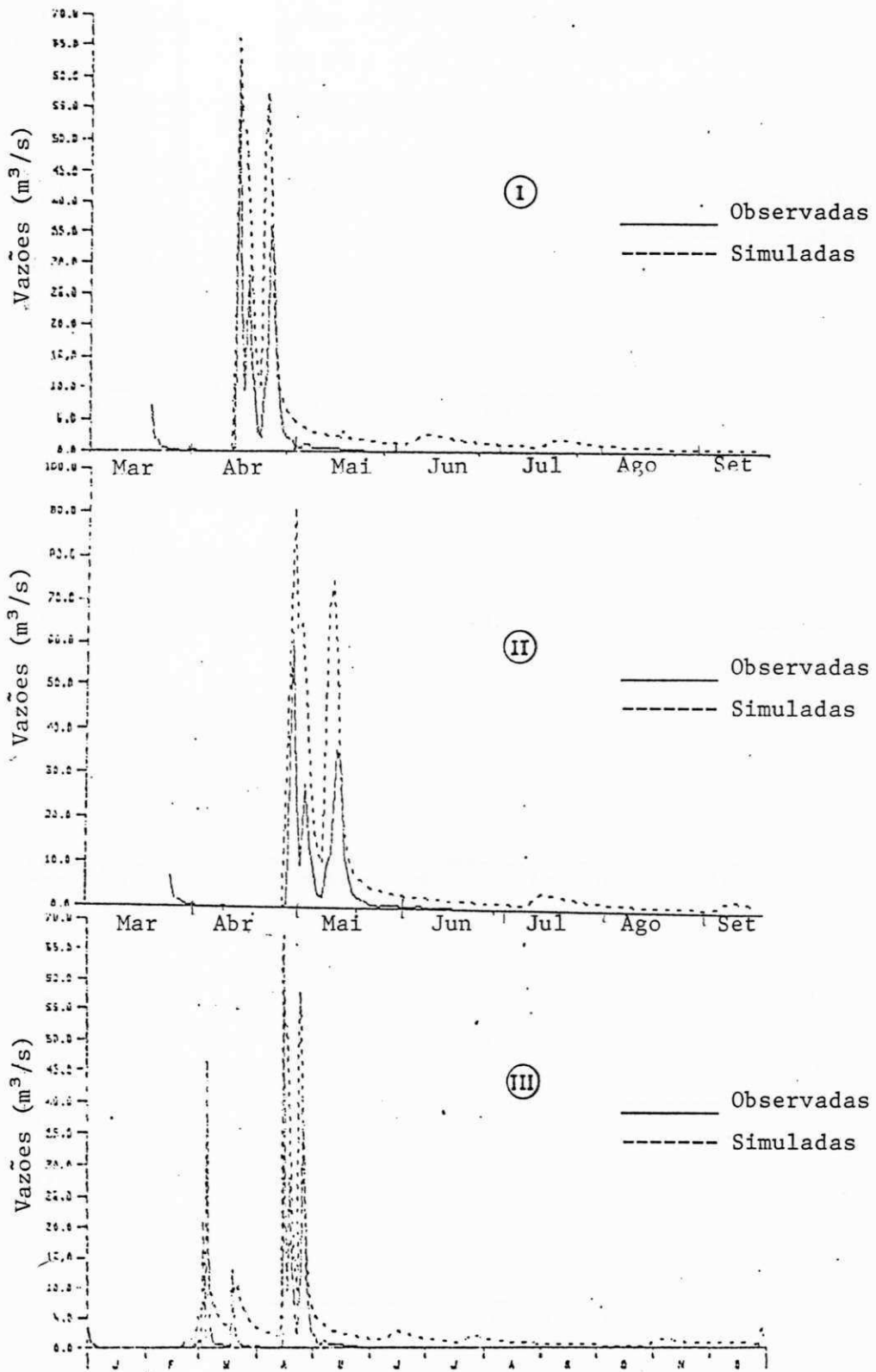


Fig. 5.23 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração. Ano 1982, Faixa A.

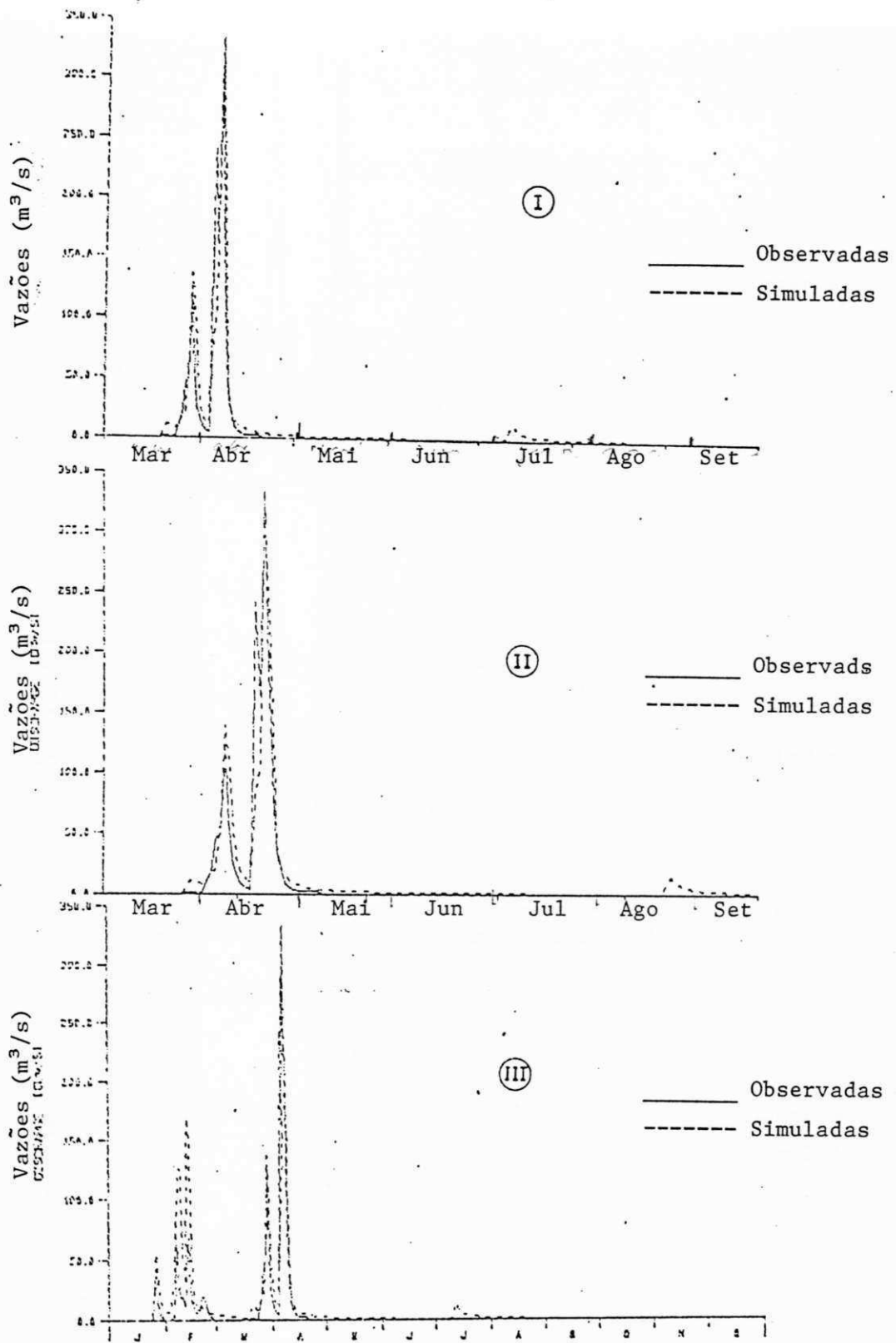


Fig. 5.24 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
 Ano 1983, Faixa A.

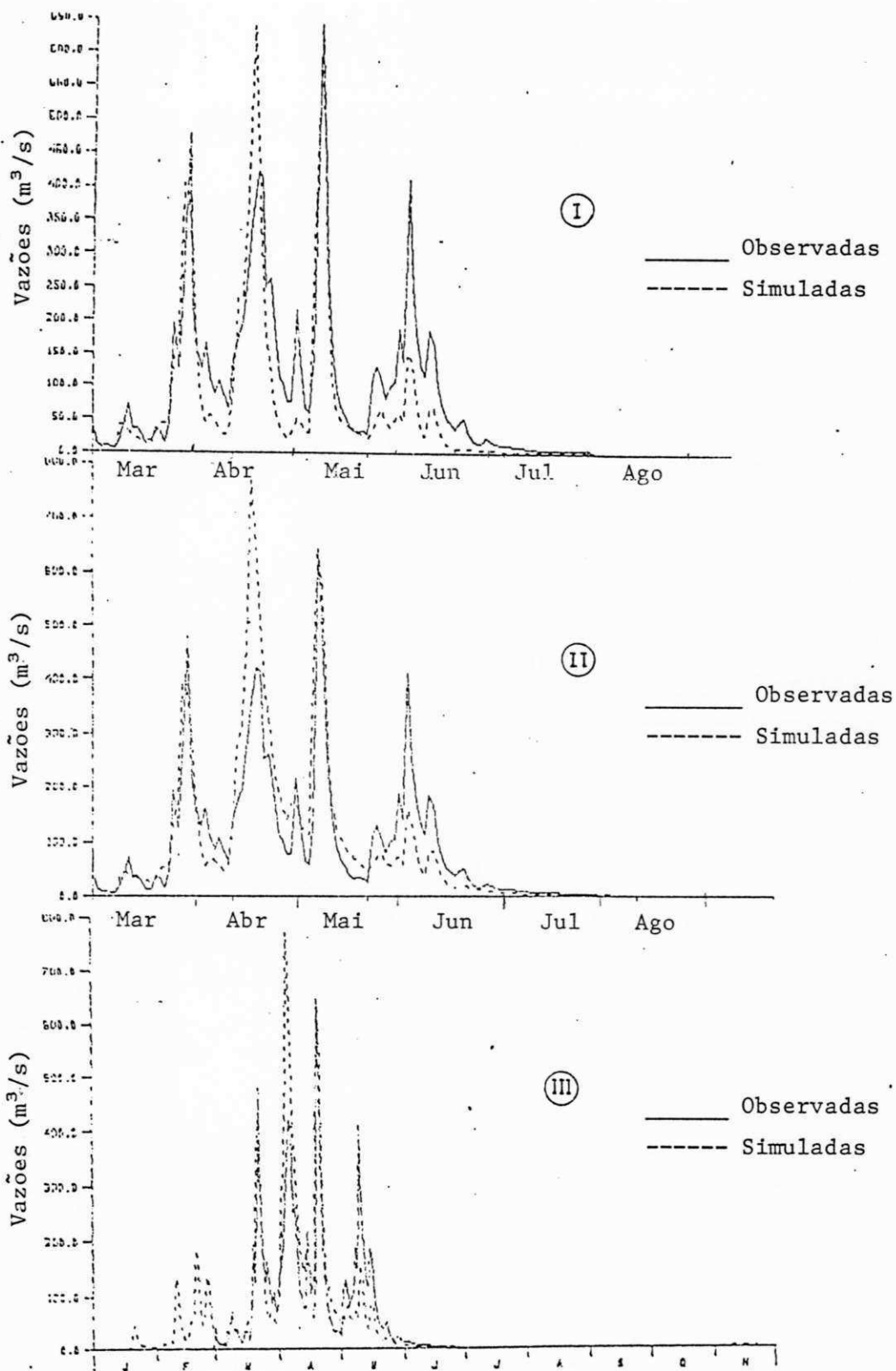


Fig. 2.25 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
Ano 1967, Faixa B.

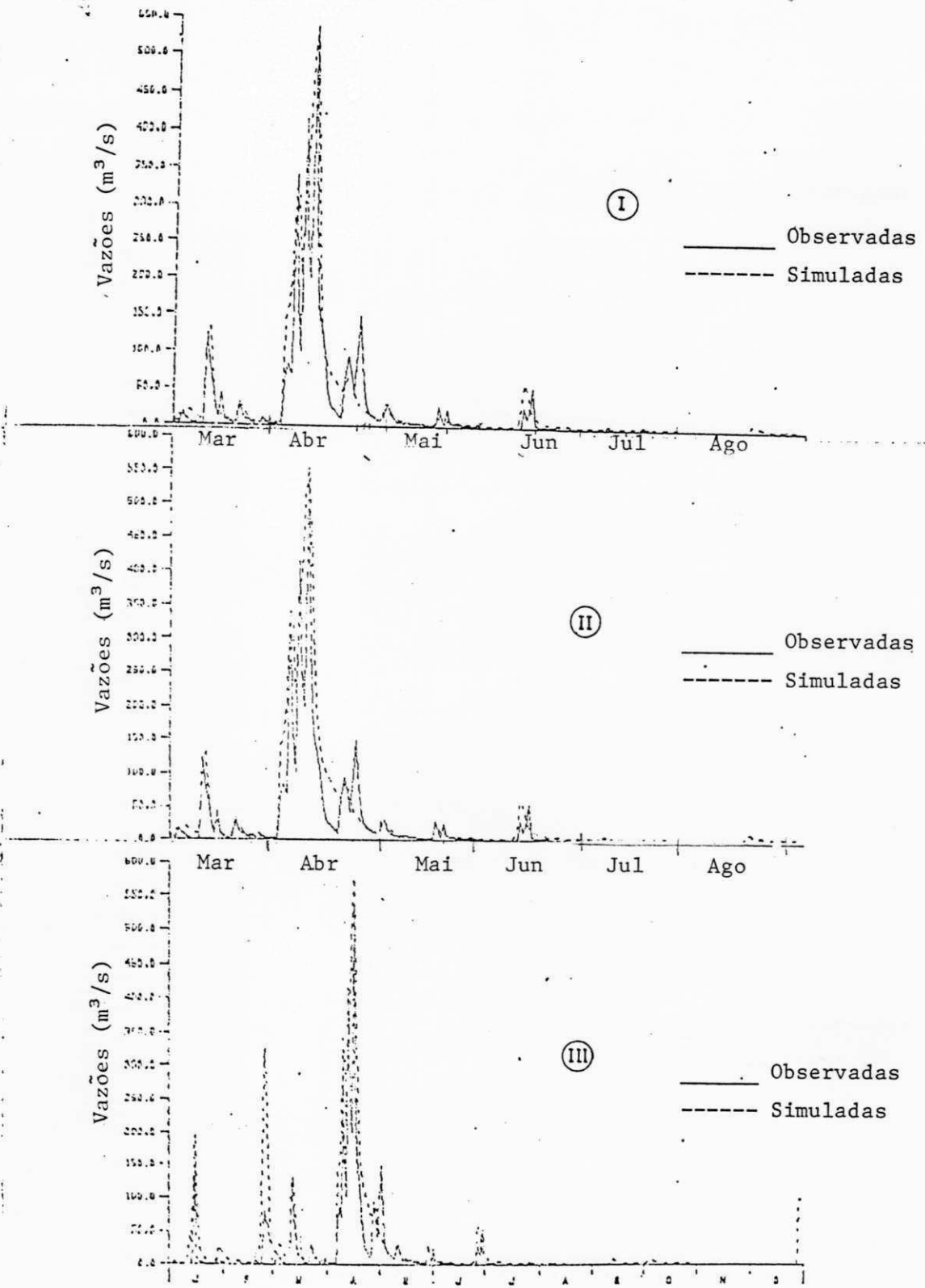


Fig. 5.26 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
Ano 1973, Faixa B.

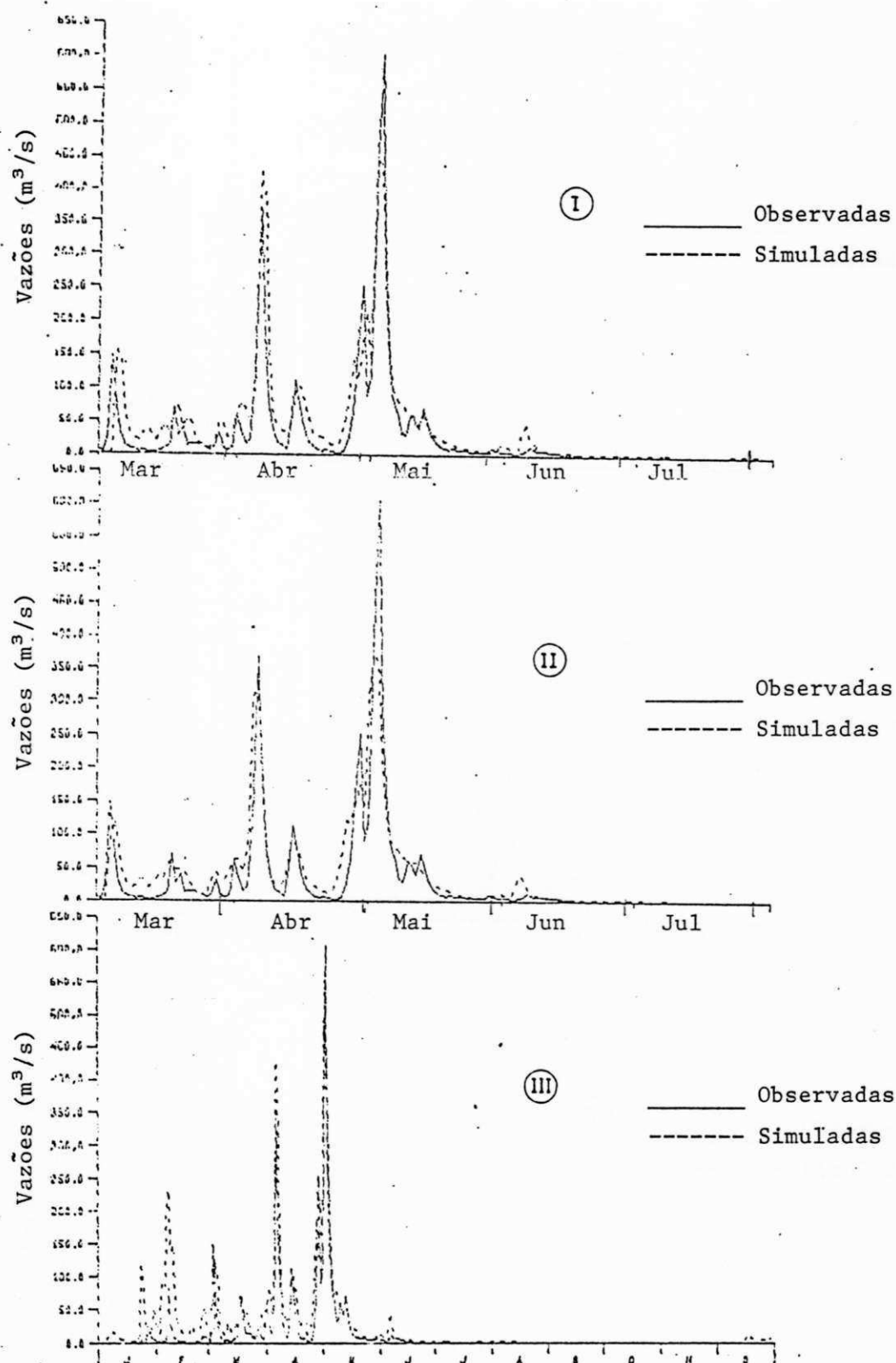


Fig. 5.27 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
Ano 1977, Faixa B.

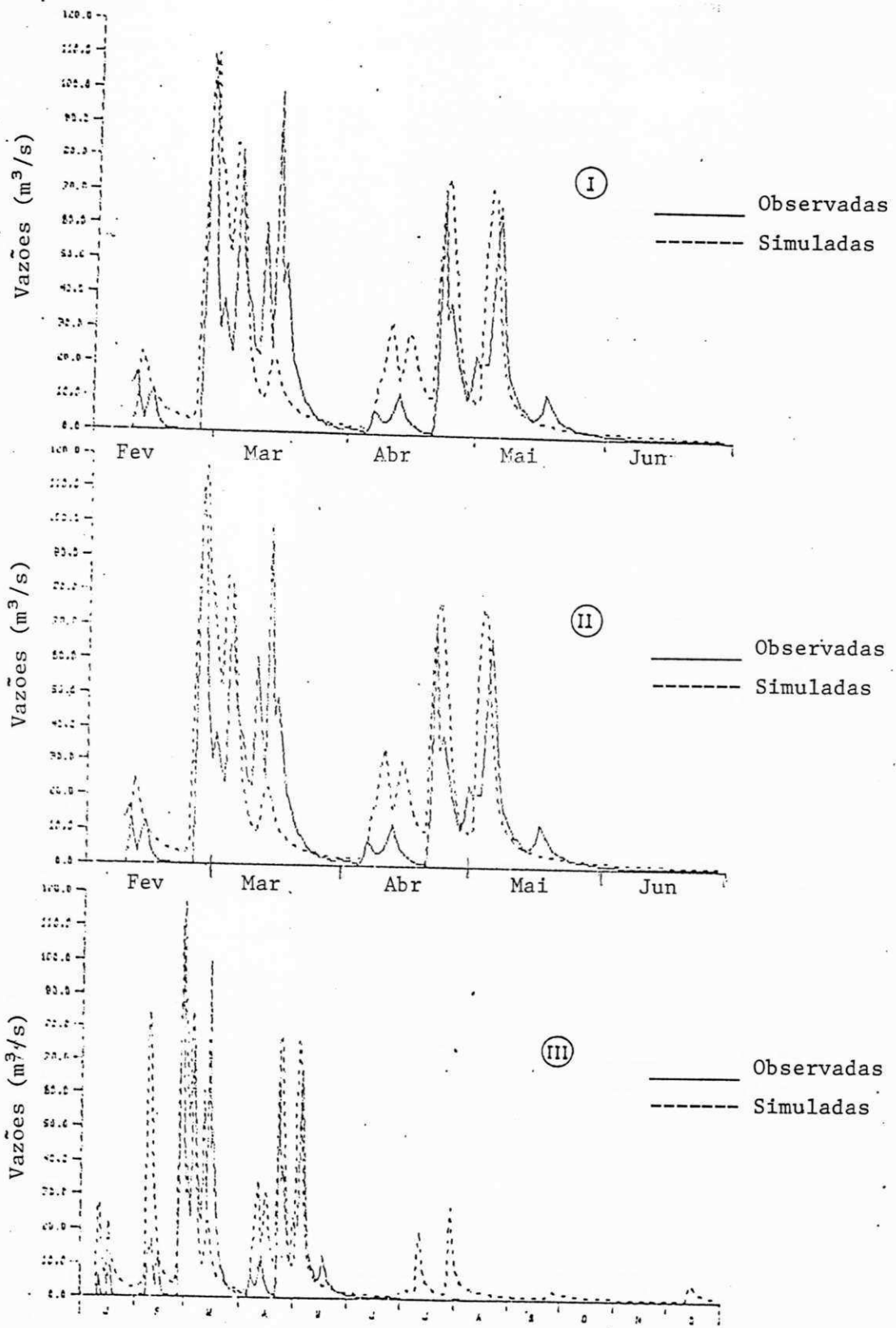


Fig. 5.28 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
Ano 1978, Faixa B

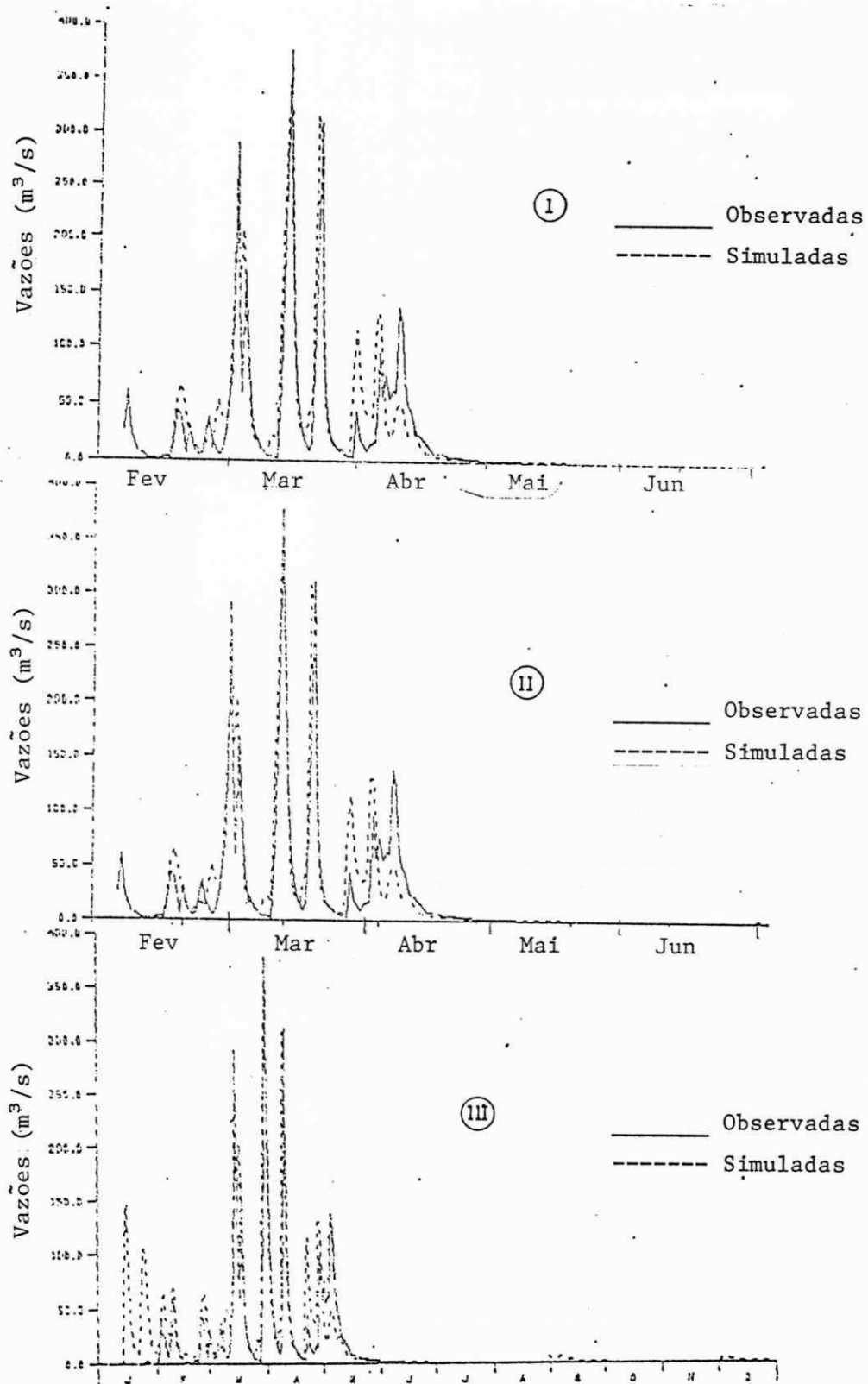


Fig. 2.59 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
Ano 1979, Faixa B.

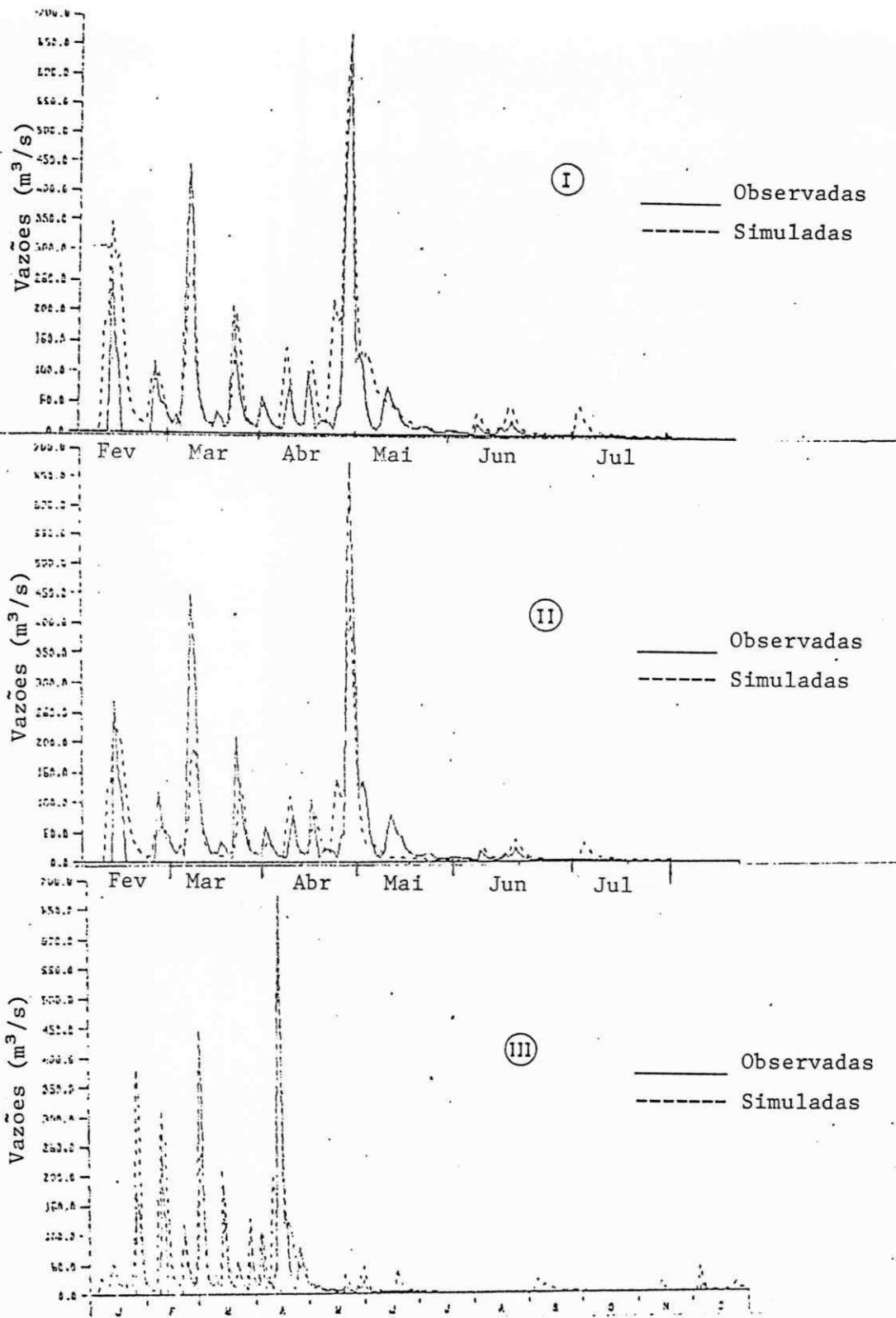


Fig. 5.30 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
Ano 1964, Faixa C.

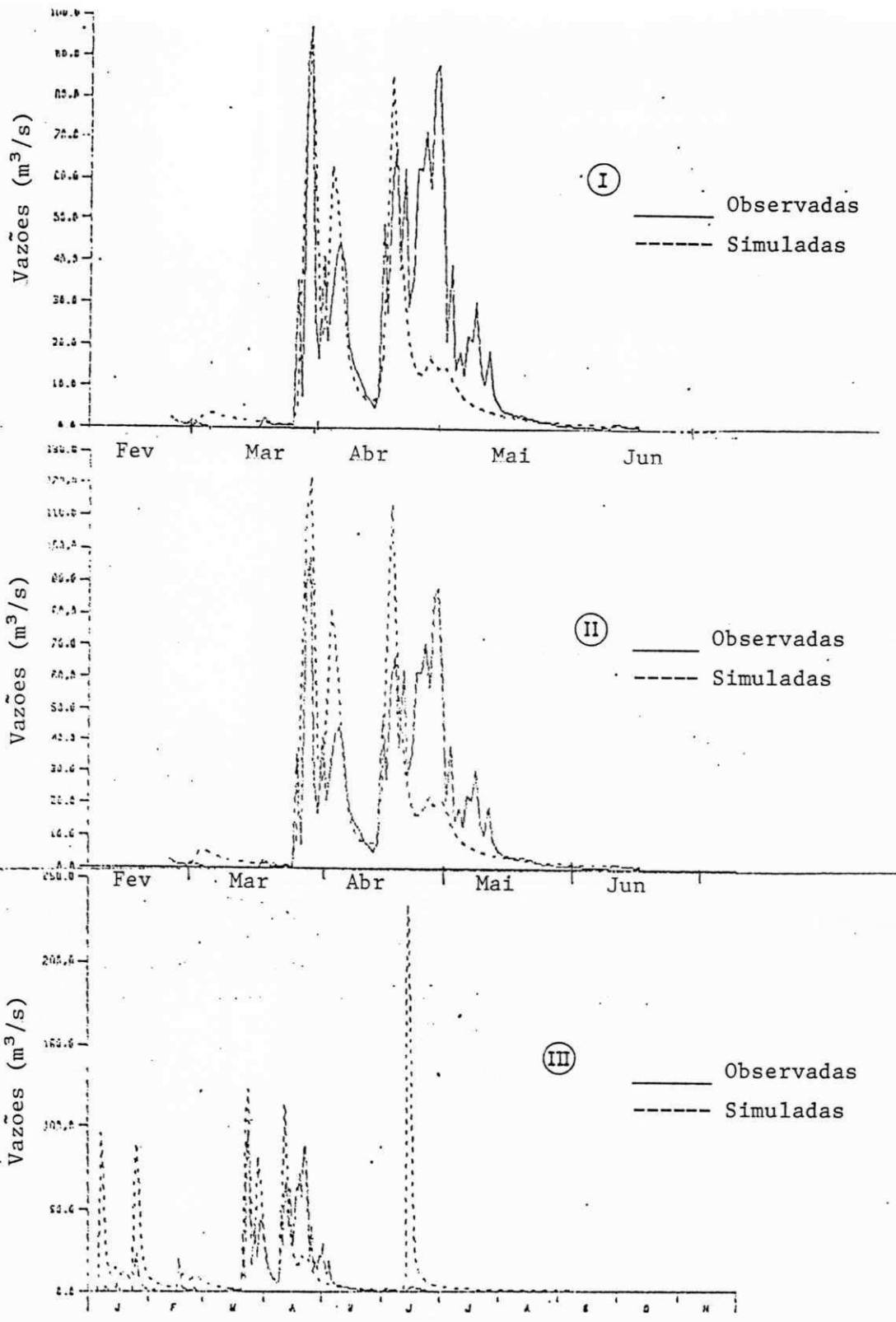


Fig. 5.31 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
 Ano 1965, Faixa C.

F

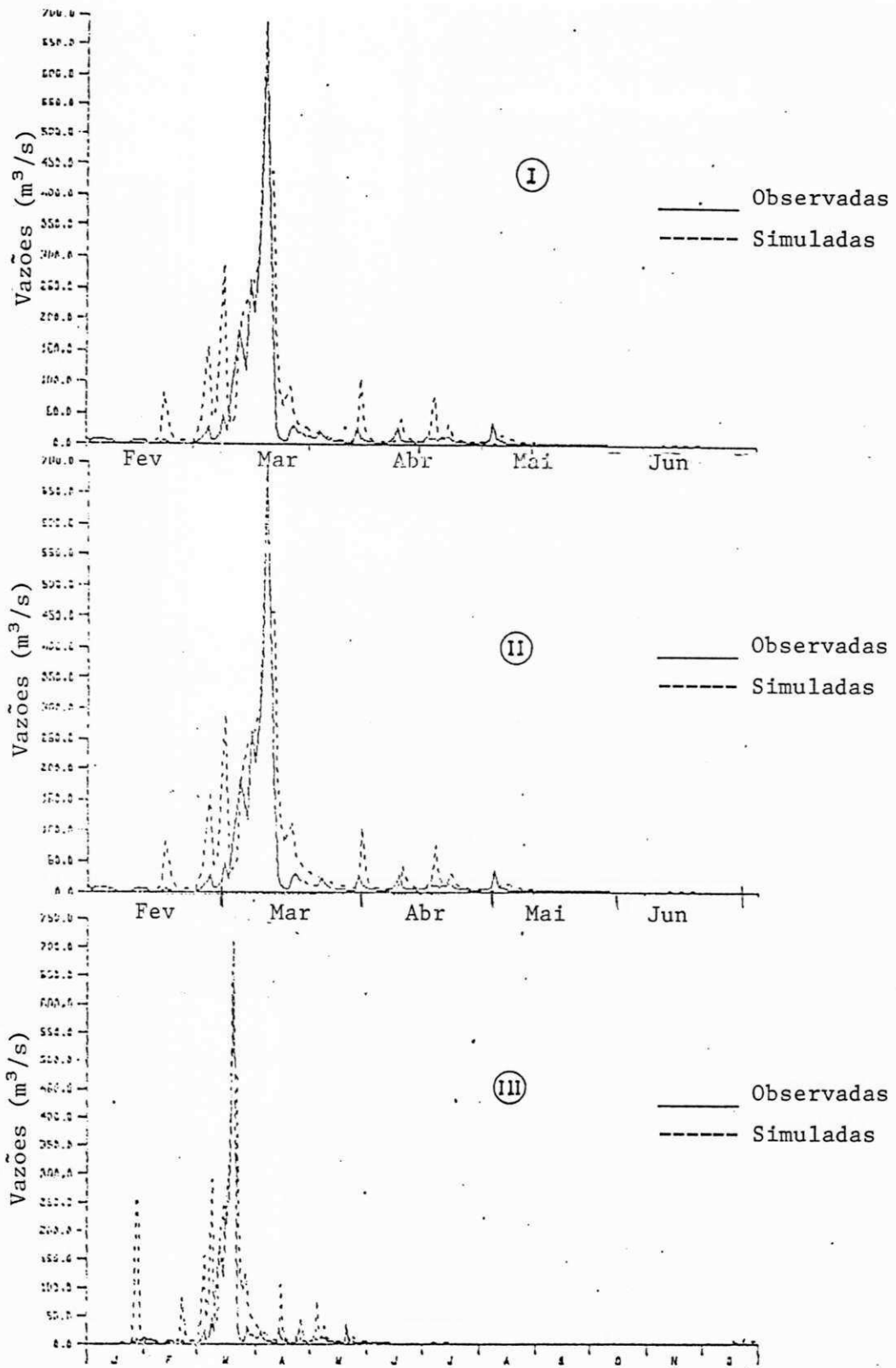


Fig. 5.32 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração. Ano 1968, Faixa C.

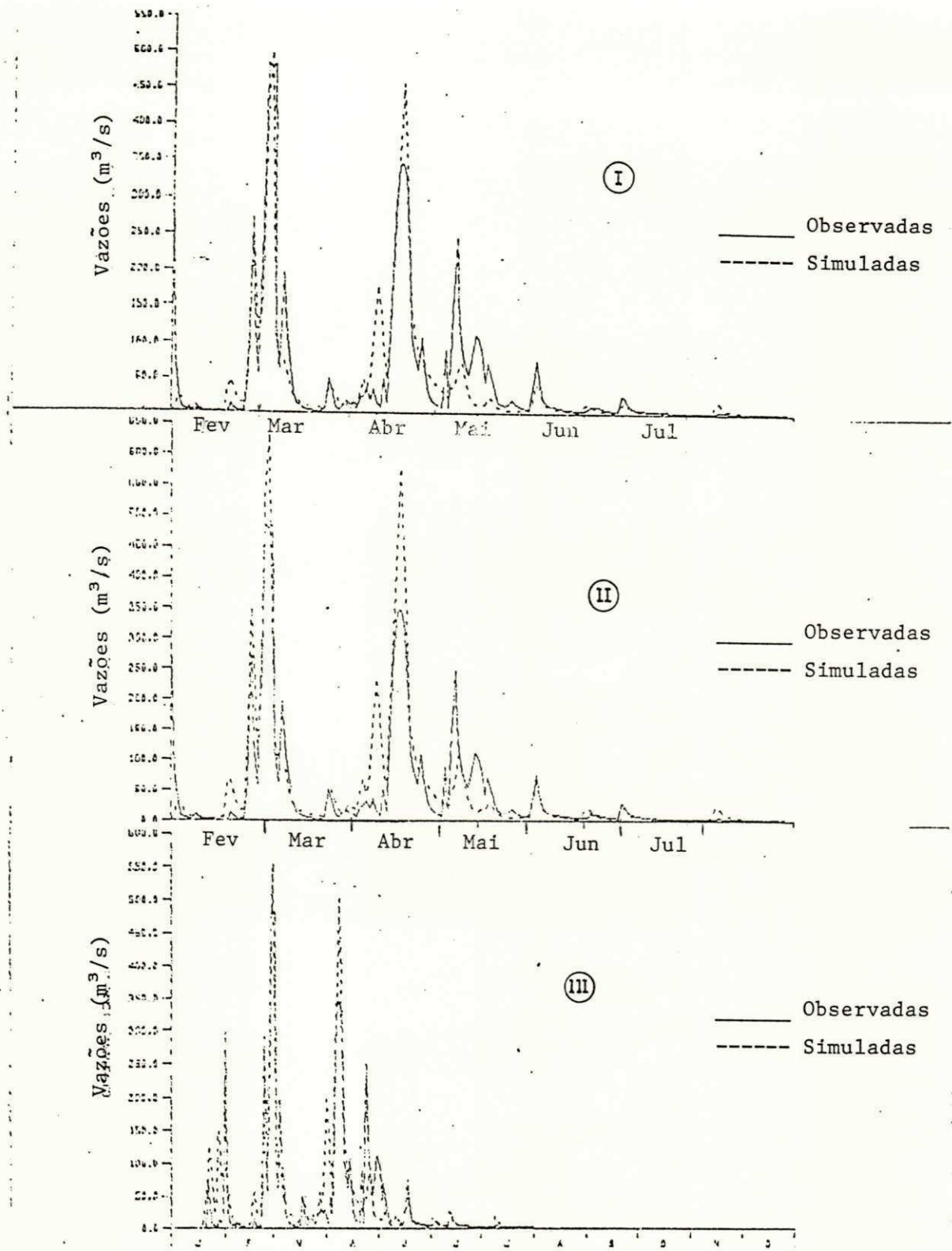


Fig. 5.33 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
Ano 1971, Faixa C.

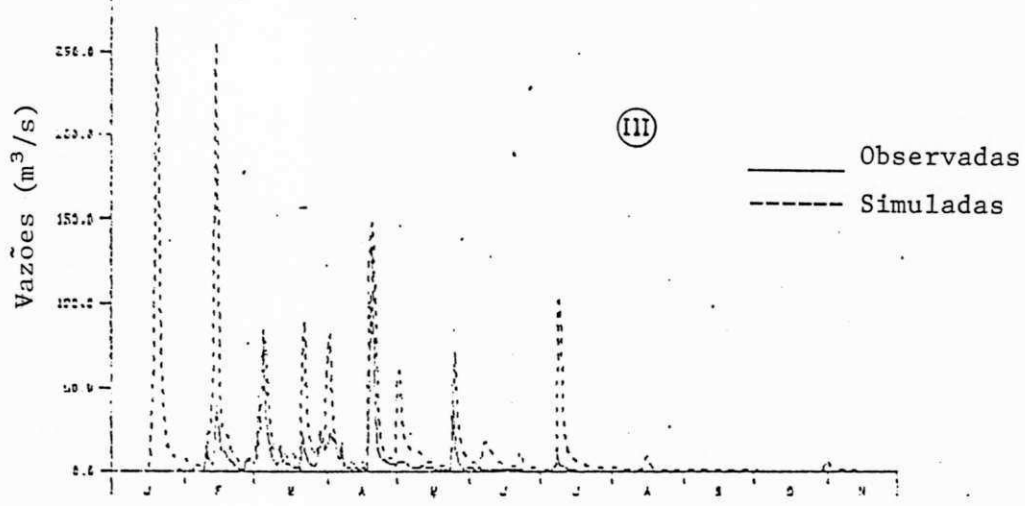
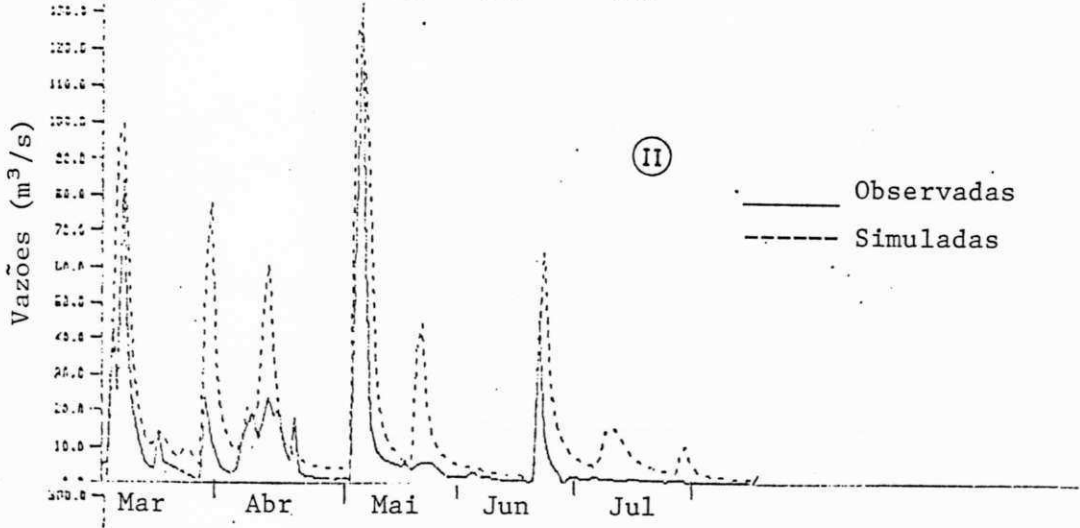
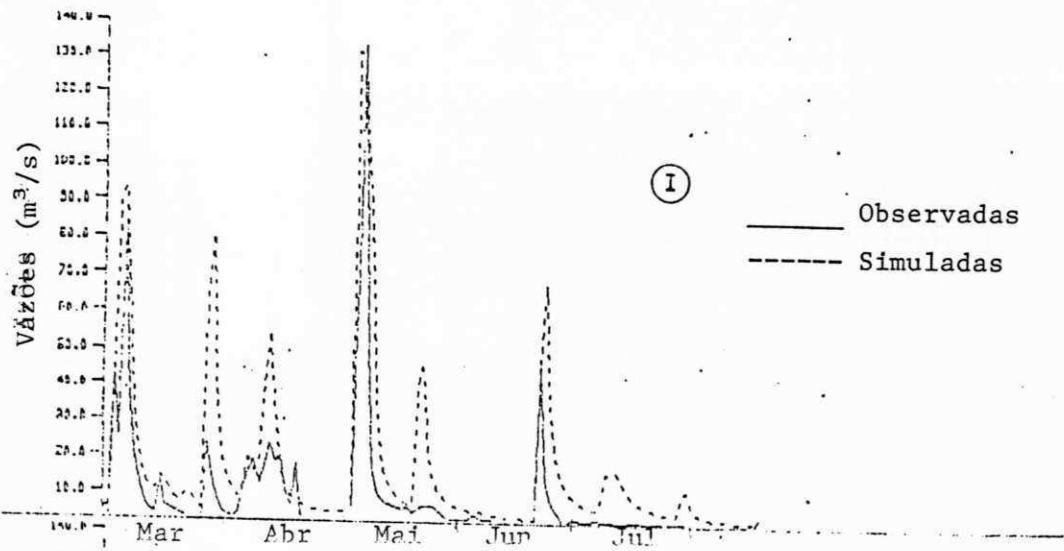


Fig. 5.34 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração. Ano 1972, Faixa C.

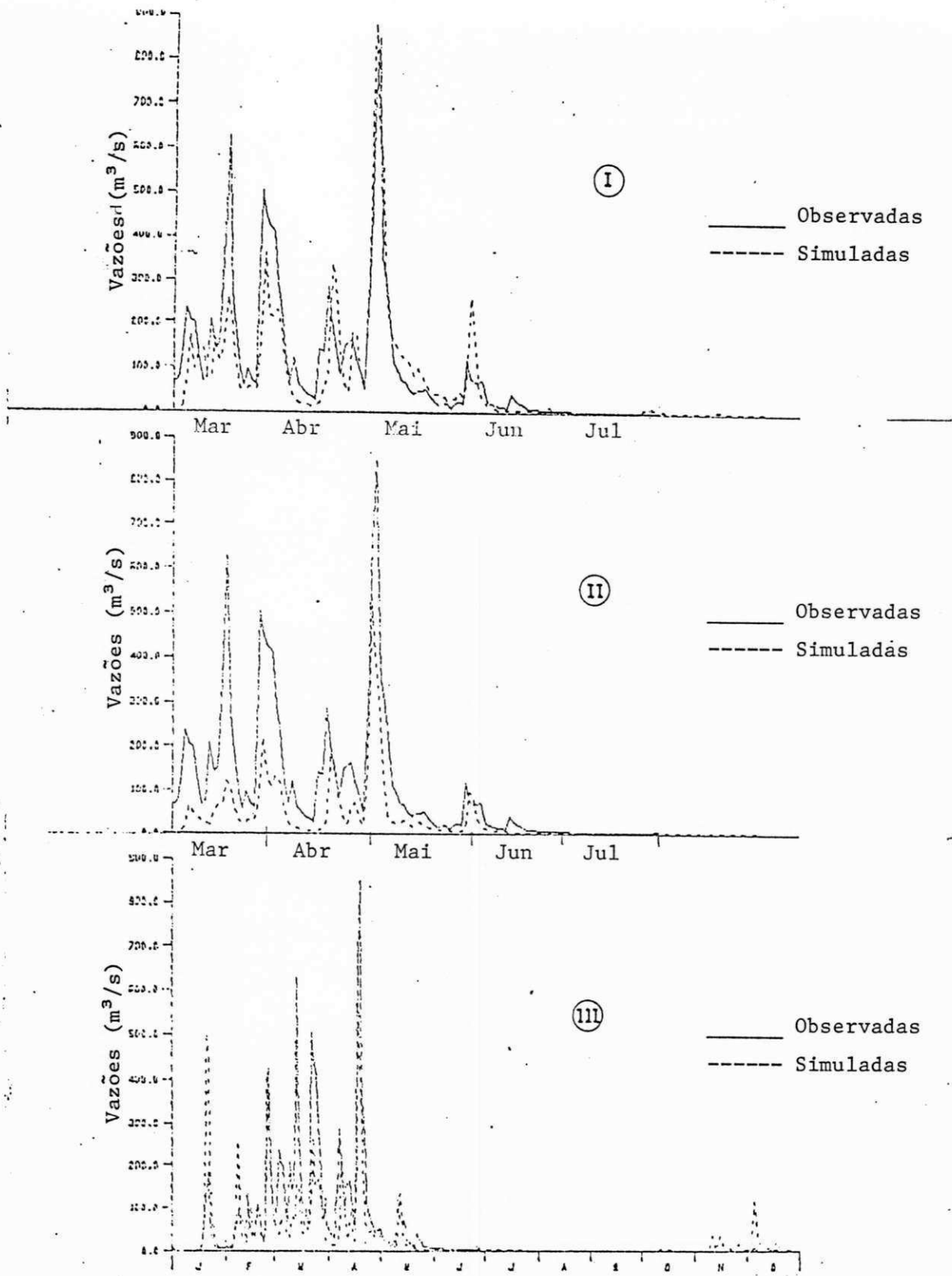


Fig. 5.35 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
Ano 1974, Faixa C.

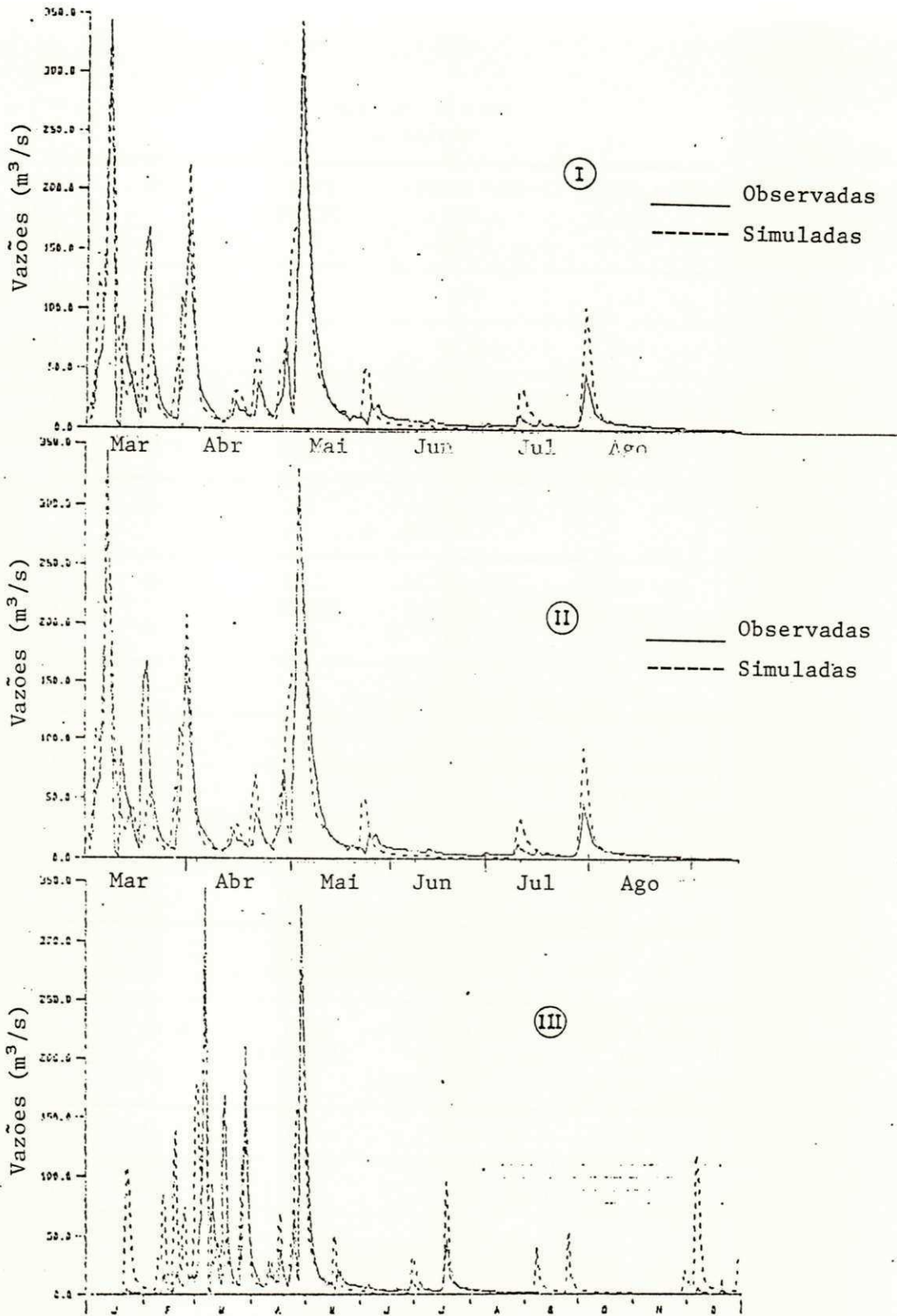


Fig. 5.36 - Simulação Hidrológica para a 3ª Etapa de Calibração.
 Ano 1975, Faixa C.

(simulação por tipo de ano)

a) FAIXA "A"

ANO	desvio (-)	DESVIO HIDROLÓGICO (-)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (m ³ /s)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (Z)
1980	44,52	0,34	6,76	0,8
1981	143,70	2,63	36,25	18,3
1982	161,20	0,85	-4,44 (≠)	7,1
1983	134,70	0,63	12,38	3,7

b) FAIXA "B"

ANO	desvio (-)	DESVIO HIDROLÓGICO (-)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (m ³ /s)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (Z)
1967	32,43	3,31	-14,84 (≠)	3,8
1973	130,85	1,11	-15,68 (≠)	3,6
1977	111,12	1,03	51,38	13,2
1978	77,15	4,76	-6,55 (≠)	6,0
1979	52,69	1,15	11,94	3,1

c) FAIXA "C"

ANO	desvio (-)	DESVIO HIDROLÓGICO (-)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (m ³ /s)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÃO (Z)
1965	83,92	9,61	-22,01 (≠)	19,0
1968	163,16	0,43	-8,56 (≠)	1,2
1972	231,89	2,68	-12,25 (≠)	9,7
1964	71,13	0,92	14,11	9,5
1971	41,73	2,59	-27,56 (≠)	9,8
1974	29,54	3,75	24,43	12,4
1975	24,30	1,40	15,21	4,6

(≠) - Valores negativos indicam uma vazão calculada maior que a observada

A quarta etapa de simulação consistiu de uma verificação da resposta do modelo ao processo de sub-divisão da bacia, que está limitada ao máximo de 55 sub-bacias no algoritmo do modelo. A sub-divisão considerada para a Bacia de Piancó foi de 26 sub-bacias. Duas outras alternativas foram testadas: Uma com 15 sub-bacias e uma outra com 28 sub-bacias. Para a simulação nestas condições, consideraram-se os parâmetros já calibrados para cada um dos anos individualmente. Nove anos foram escolhidos arbitrariamente para a simulação: 1964, 1973, 1975, 1977, 1978, 1979, 1980, 1982 e 1983. Os gráficos das Figuras 5.38 a 5.46 mostram os hidrogramas das vazões simuladas e observadas em sua calibração original (Figuras 5.38 - I a 5.46 - I), com 15 sub-bacias (Figuras 5.38 - II a 5.46 - II) e com 28 sub-bacias (Figuras 5.38 - III a 5.46 III).

O Quadro 6 mostra uma comparação entre as vazões de pico calculadas e observadas para as três situações consideradas.

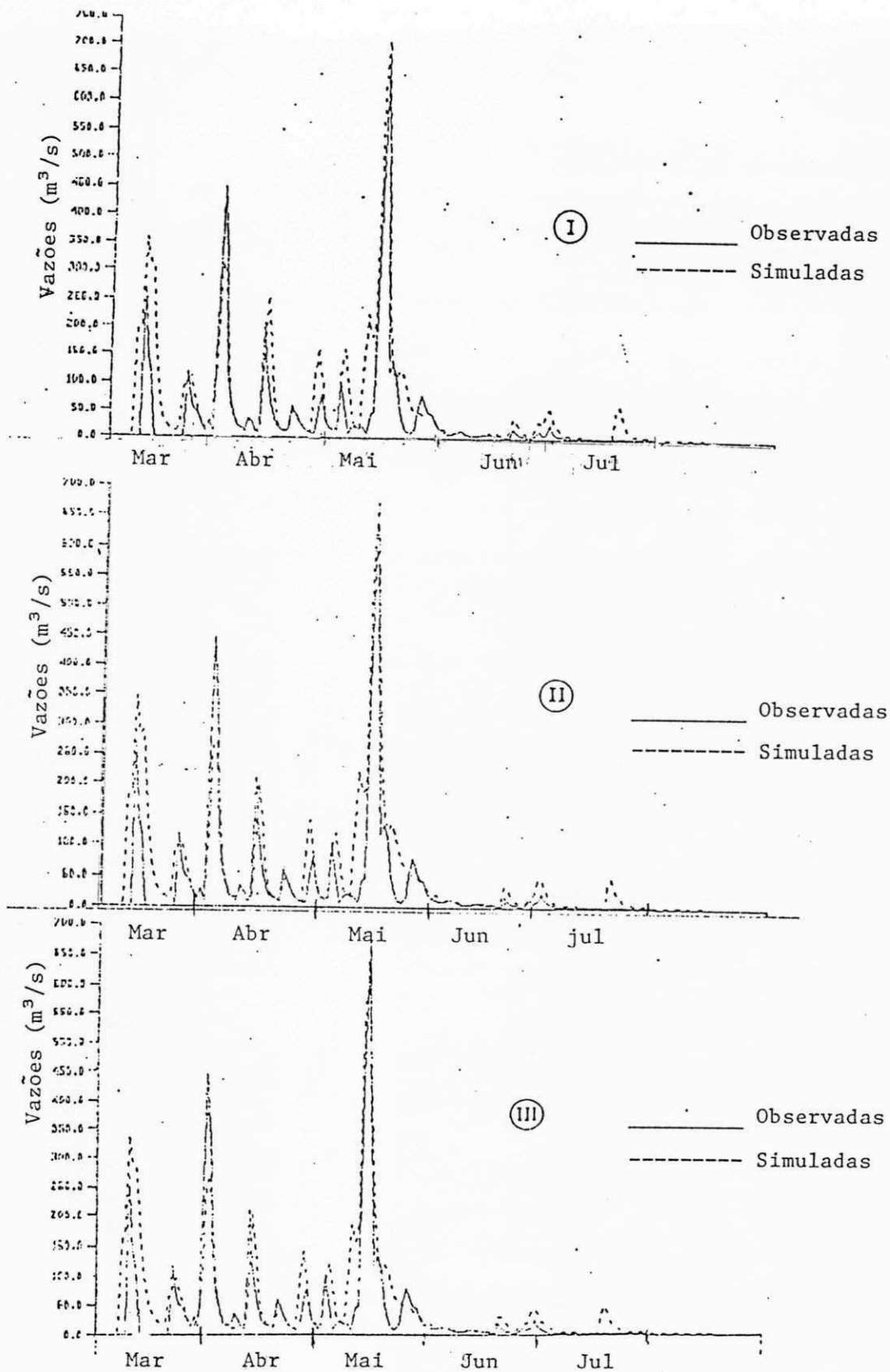


Fig. 5.38 - Simulação de Hidrogramas com Diferentes Número de Sub-Bacias.
 (I) - 28 Sub-Bacias; (II) - 26 Sub-Bacias; (III) - 15 Sub-Bacias,
 ano 1964

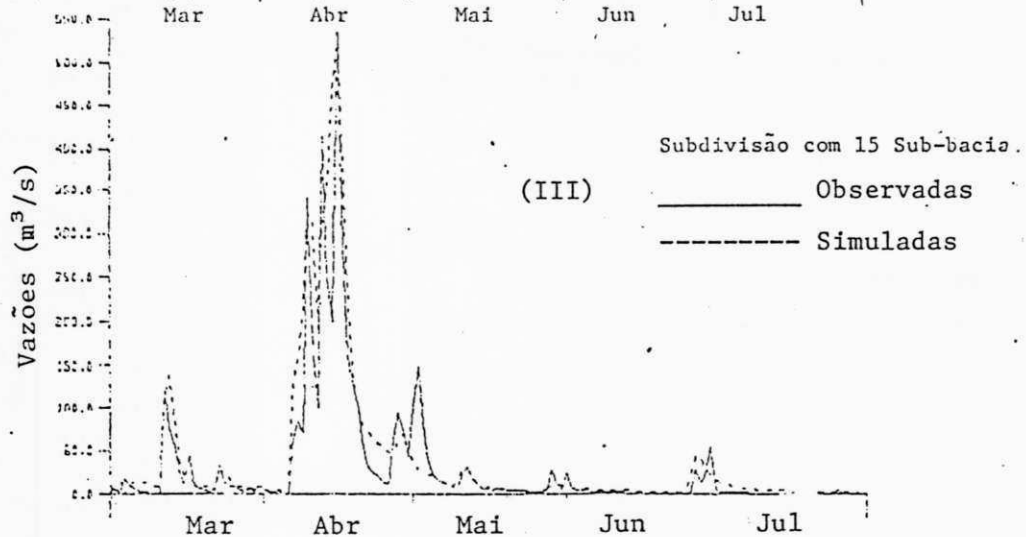
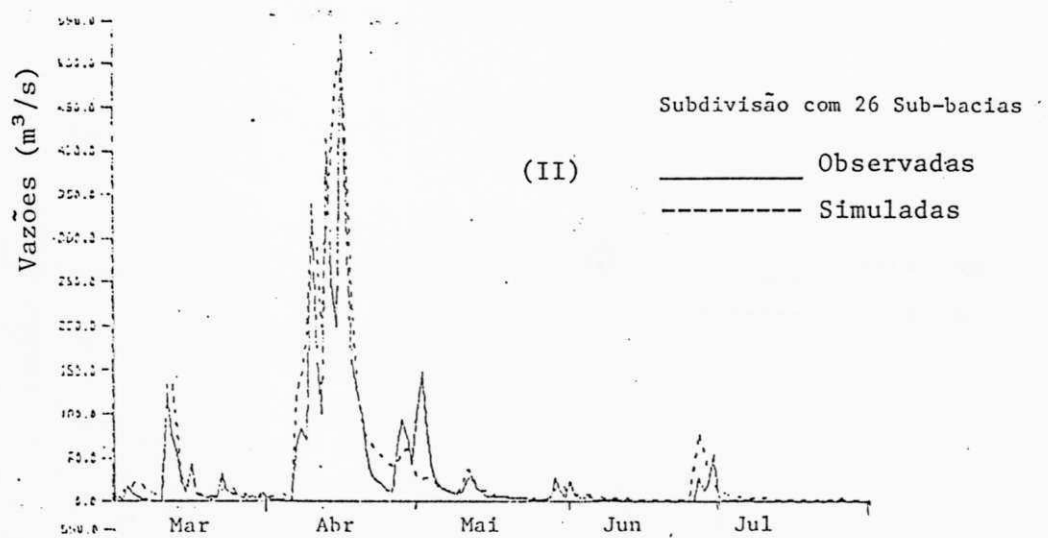
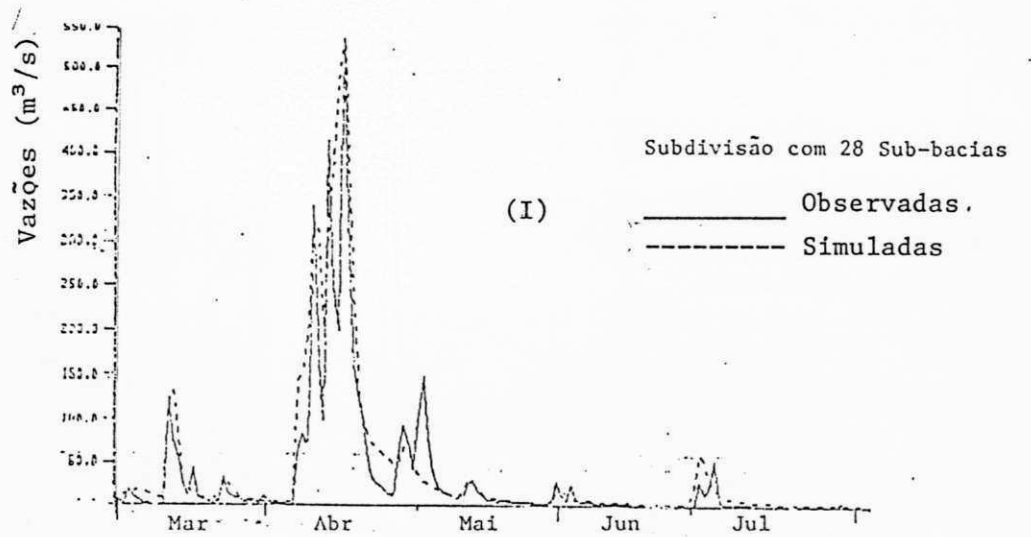


Fig.5.39—Simulação de Hidrogramas com Diferentes Número de Sub-Bacias.
(I) - 28 Sub-Bacias; (II) - 26 Sub-Bacias; (III)-15 Sub-Bacias,
ano 1973.

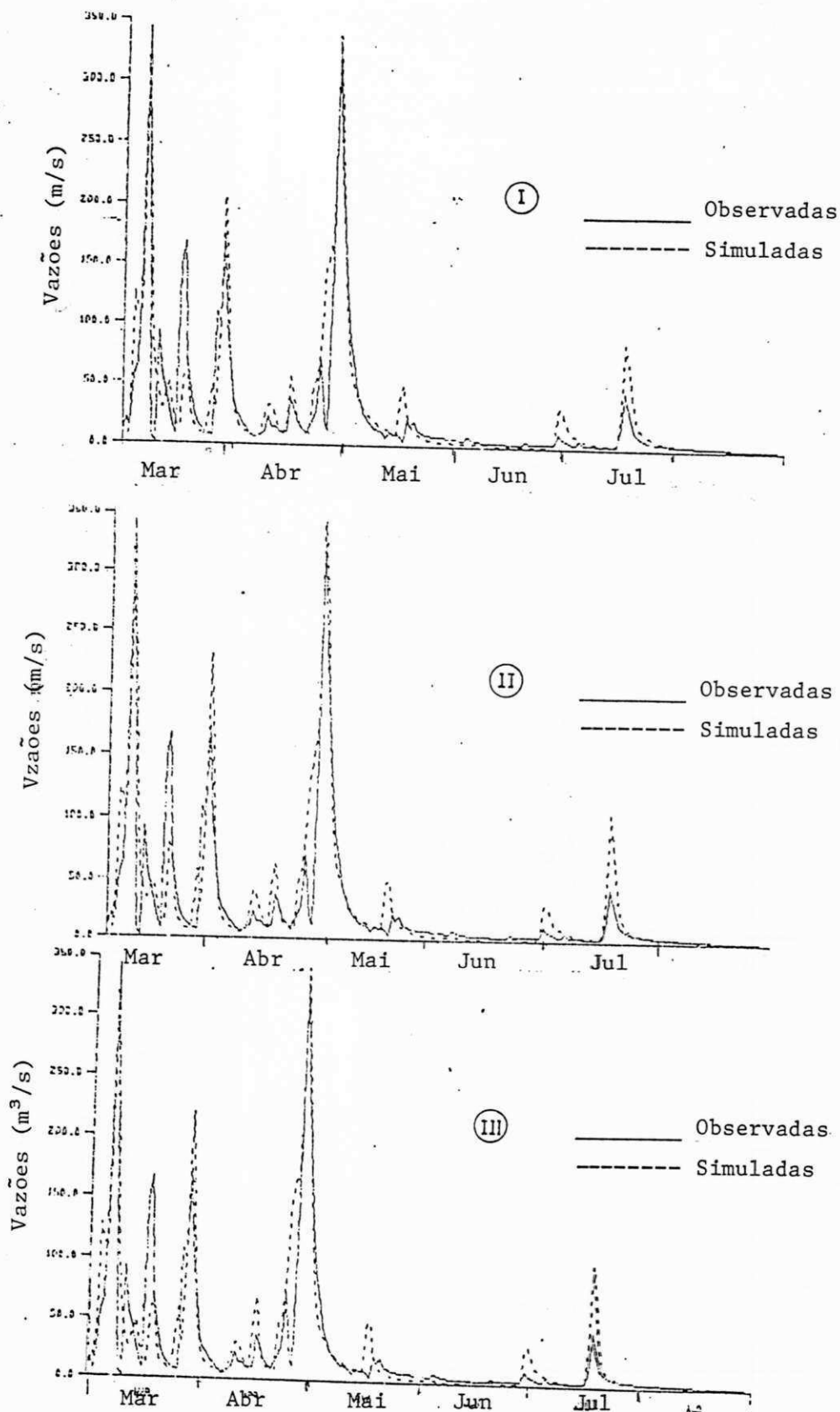


Fig.5.40 - Simulação de Hidrogramas com Diferentes Número de Sub-Bacias.
 (I) 28 Sub-Bacias; (II) 26 Sub-Bacias; (III) 15 Sub-Bacias,
 ano 1975.

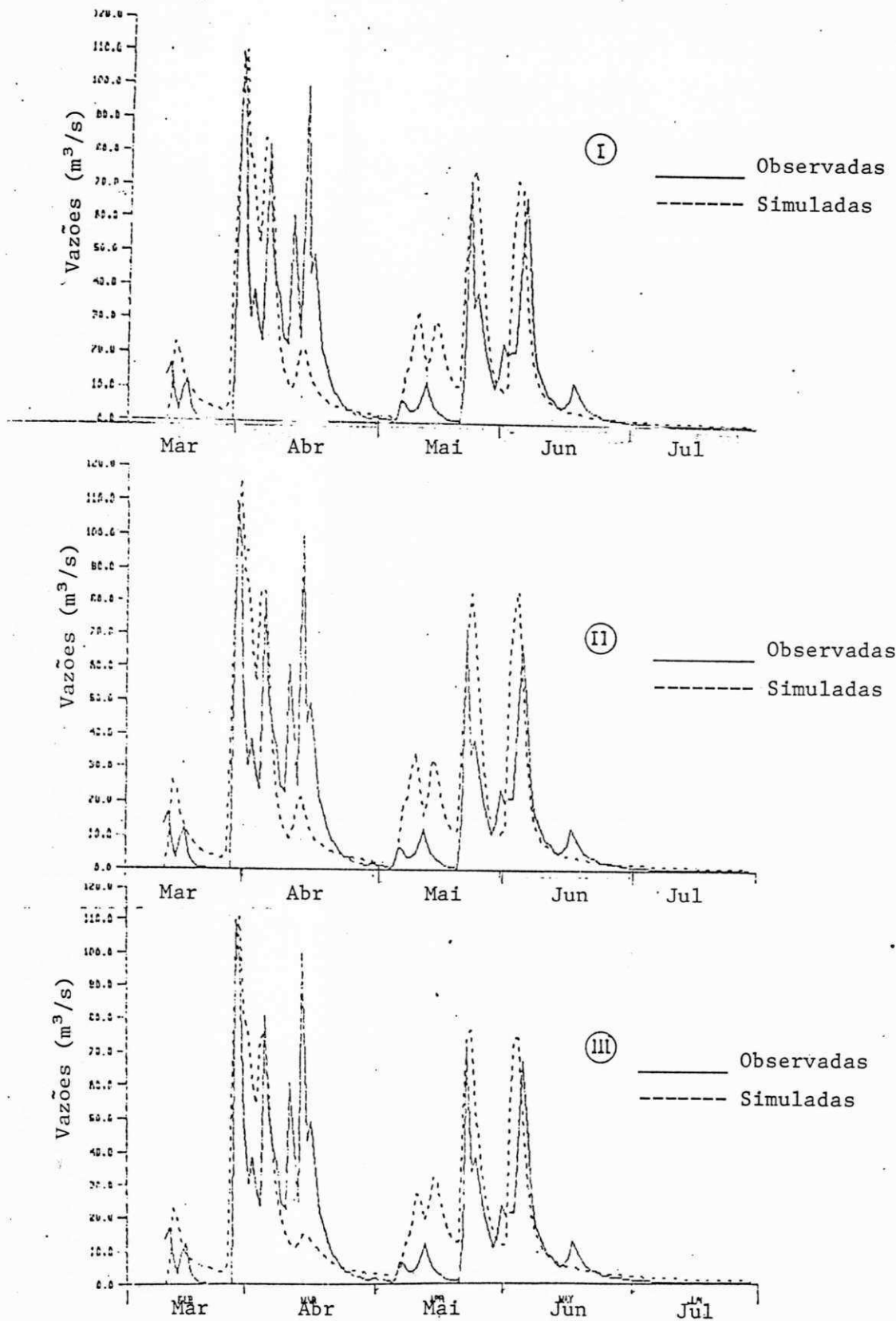


Fig.5.41 - Simulação de Hidrogramas com Diferentes Número de Sub-Bacias (I) 28 Sub-Bacias; (II) 26 Sub-Bacias, (III) 15 Sub-Bacias, ano 1978.

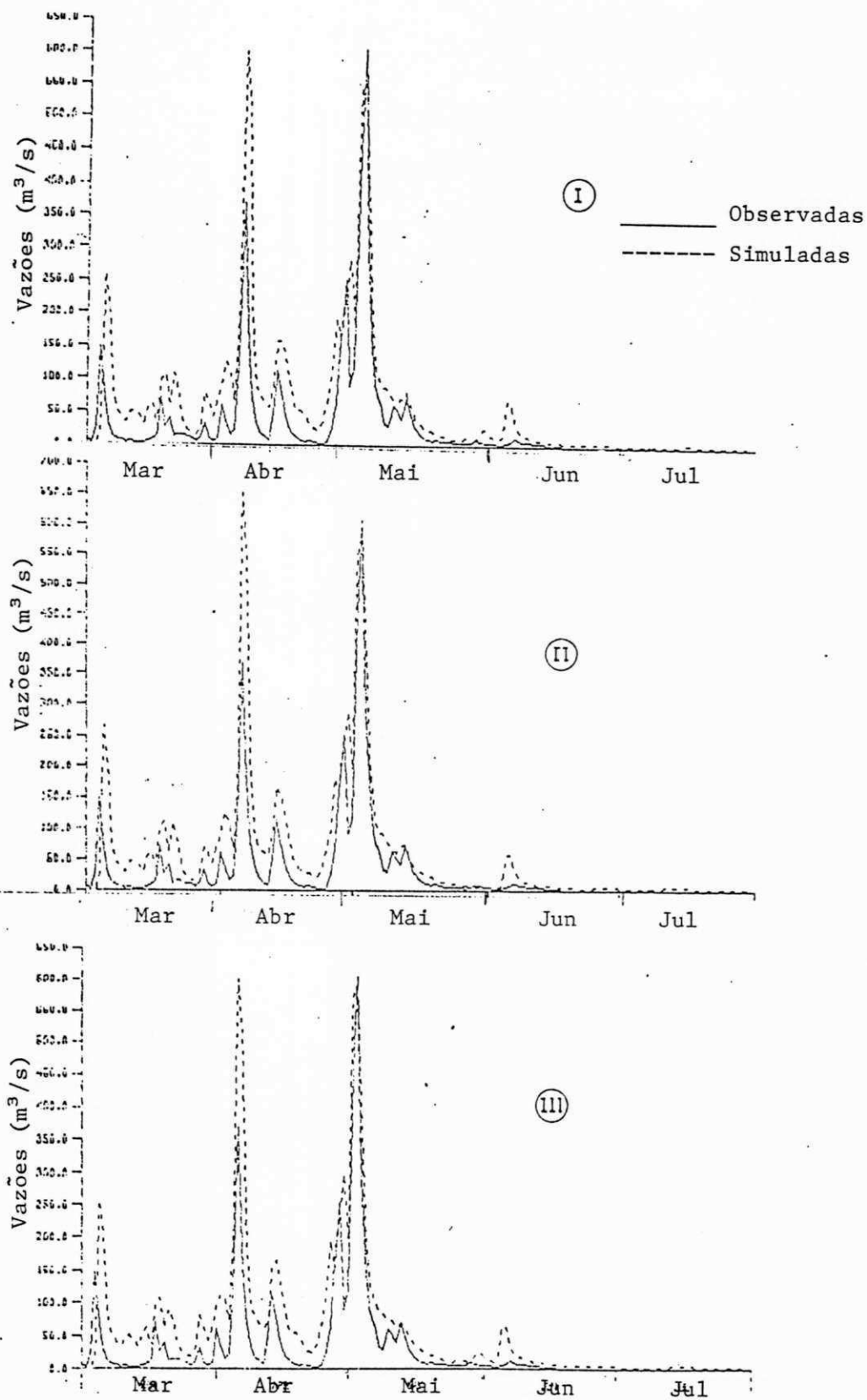


Fig.5.42 - Simulação de Hidrogramas com Diferentes Números de Sub-Bacias
 (I) 28 Sub-Bacias; (II) 26 Sub-Bacias; (III) 15 Sub-Bacias,
 ano 1977,

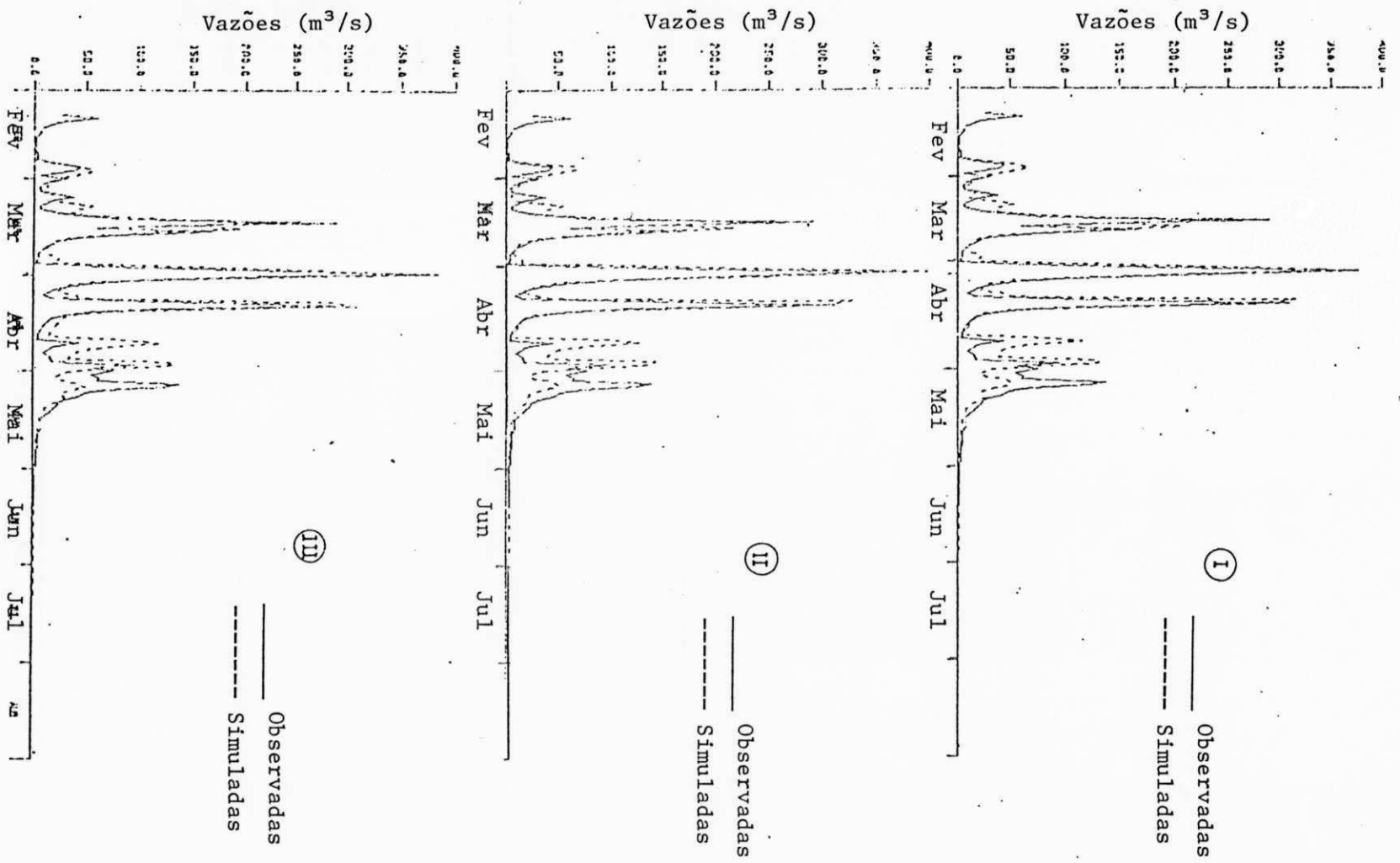


Fig.5.43 - Simulação de Hidrogramas com Diferentes Números de Sub-Bacias
 (I) 28 Sub-Bacias; (II) 26 Sub-Bacias; (III) 15 Sub-Bacias;
 ano 1979.

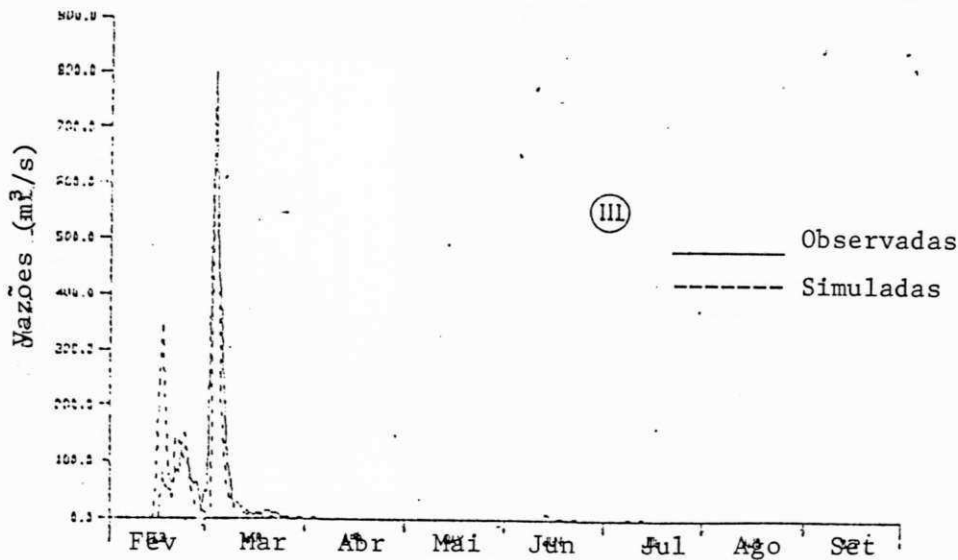
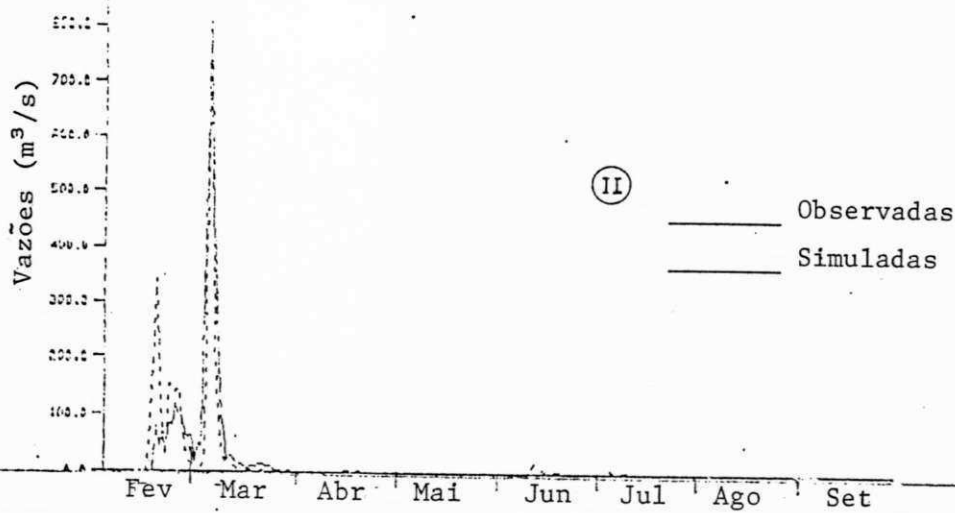
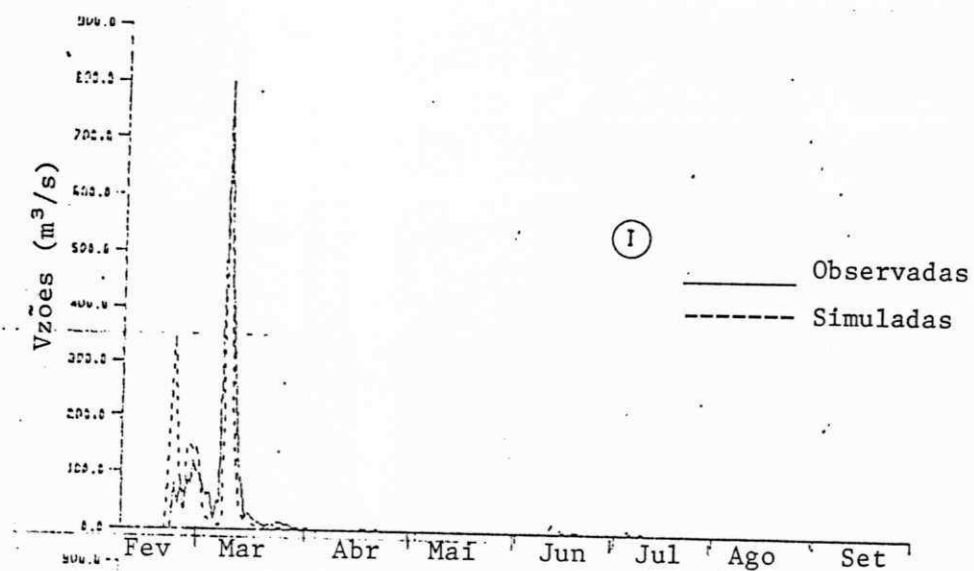


Fig.5.44 - Simulação de Hidrogramas com Diferentes Números de Sub-Bacias
 (I) 28 Sub-Bacias; (II) 26 Sub-Bacias; (III) 15 Sub-Bacias,
 ano 1980.

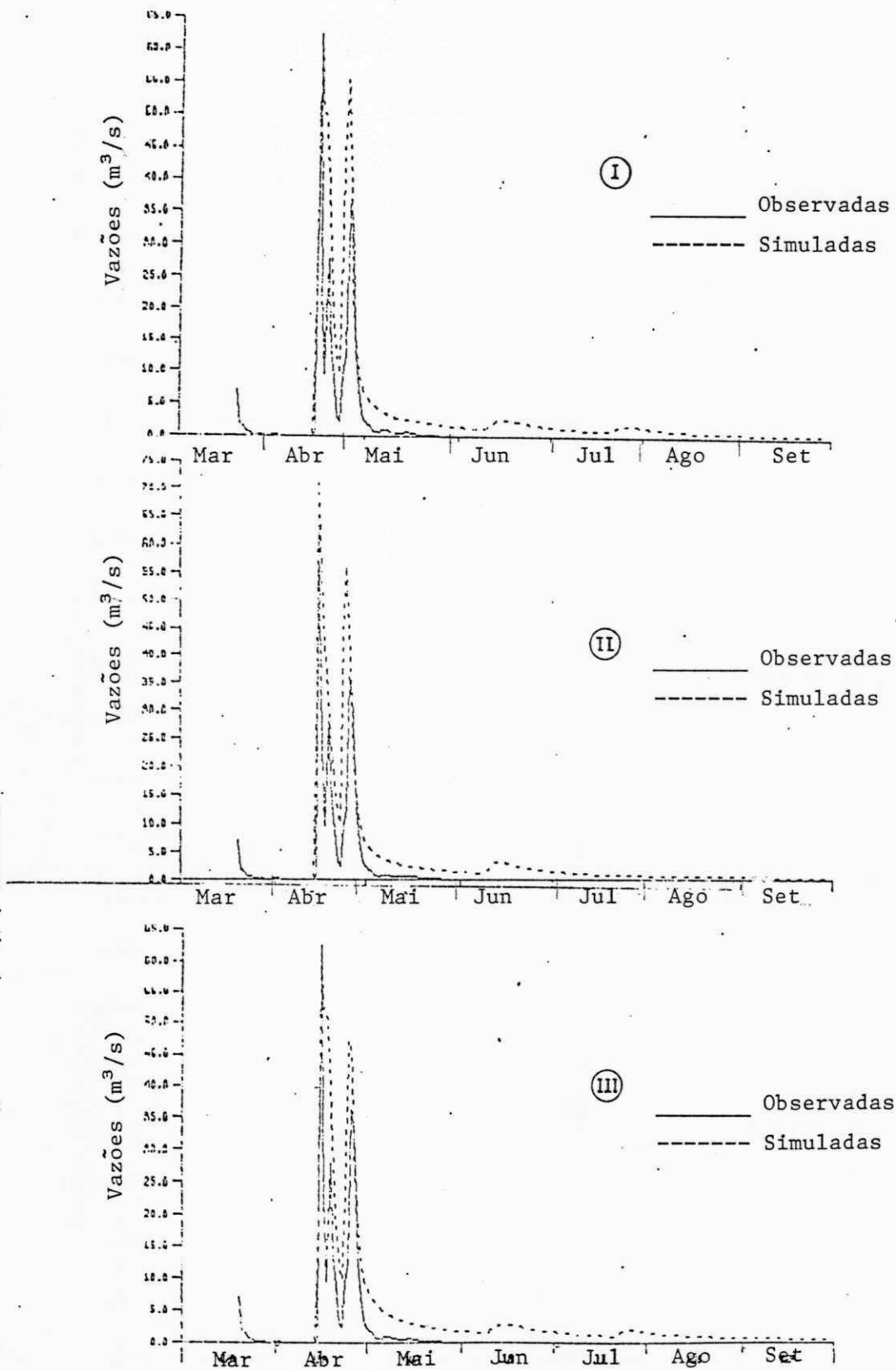


Fig.5.45 - Simulação de Hidrogramas com Diferentes Números de Sub-Bacias
 (I) 28 Sub-Bacias; (II) 26 Sub-Bacias; (III) 15 Sub-Bacias,
 ano 1982.

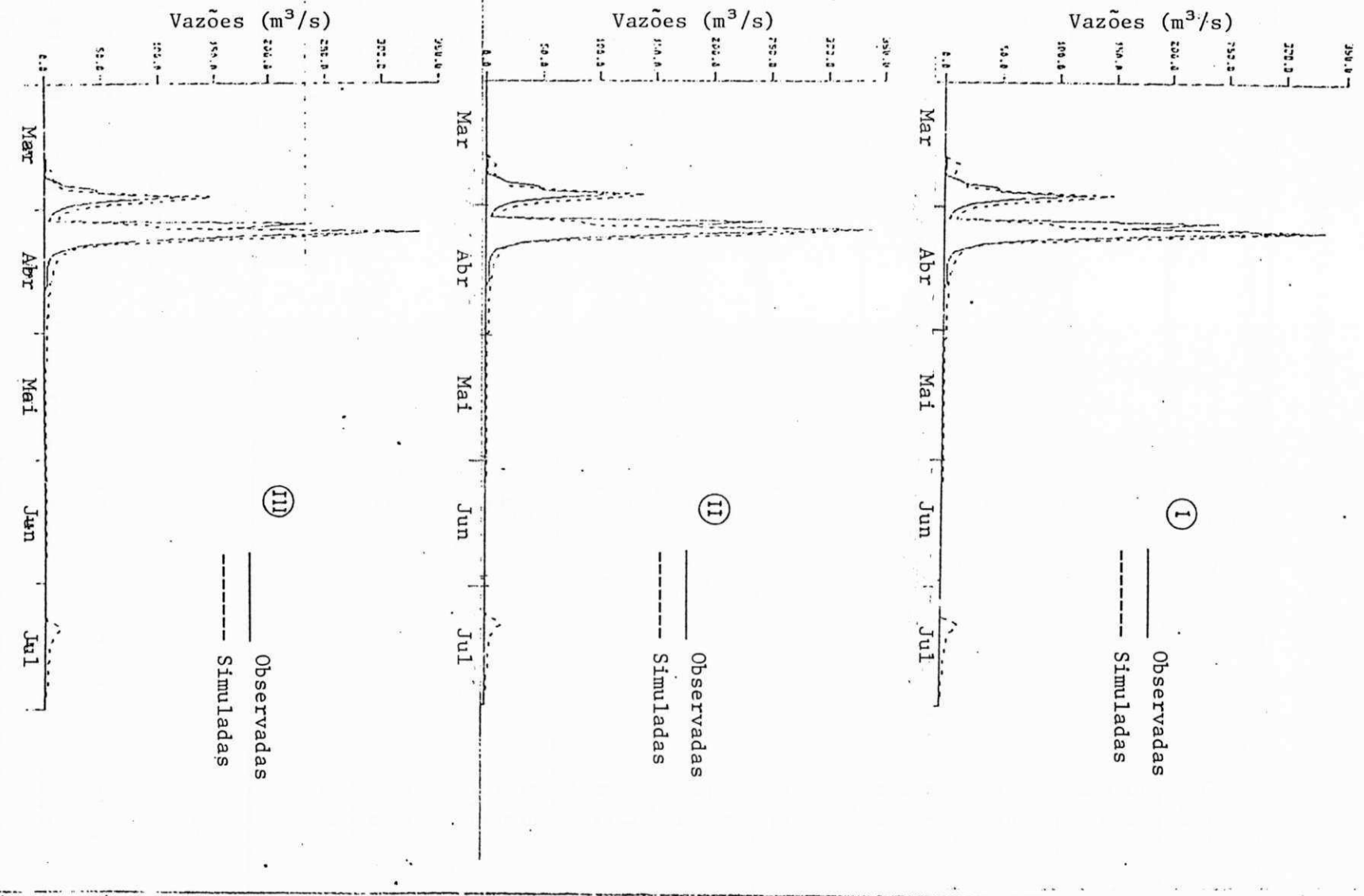


Fig. 5.46 - Simulação de Hidrogramas com Diferentes Números de Sub-Bacias (I) 28 Sub-Bacias; (II) 26 Sub-Bacias; (III) 15 Sub-Bacias, ano 1983.

Quadro 6 - Tabela comparativa entre vazões de pico

ANO	N° DE SUB-BACIAS	DIFERENÇAS PICOS DE VAZÕES. (m ³ /s)	DIFERENÇA PICOS DE VAZÕES. (%)
1964	26	0,50	0,07
	15	-15,10	5,2
	28	10,38	4,0
1973	26	1,06	0,2
	15	18,77	3,5
	28	9,43	1,7
1975	26	0,08	0,02
	15	2,16	0,6
	28	3,31	0,9
1977	26	4,20	0,7
	15	-16,80 (*)	7,7
	28	5,32	0,8
1978	26	0,64	0,6
	15	-6,47 (*)	6,5
	28	-0,94 (*)	0,9
1979	26	3,45	1,1
	15	-16,35 (*)	6,5
	28	-7,05 (*)	2,2
1980	26	7,84	0,9
	15	-6,55 (*)	0,8
	28	17,96	3,3
1982	26	0,78	1,2
	15	-8,23 (*)	13,0
	28	2,27	3,6
1983	26	7,84	0,9
	15	-6,85	2,0
	28	17,38	8,0

(*) - Valores negativos indicam vazões calculadas maiores que as vazões observadas.

Utilizando a média dos parâmetros obtidos com a calibração de ano a ano, foi feita ainda uma outra simulação, desta vez continua, para todos os anos cujos resultados na forma de gráficos de comparação (hidrograma calculado e

observado) encontram-se no anexo. (Figs: A-9 a A-18.)

Será tratado, no próximo capítulo uma análise dos resultados da calibração do modelo e uma discussão dos resultados da simulação.

CAPÍTULO VI

6 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

6.1 - A Estrutura do Modelo

De acordo com os resultados obtidos, tanto na fase de calibração do modelo quanto na fase de simulação de resultados (Quadros 3 a 5 e figuras 5.3 a 5.37), a estruturação do modelo NAVMO, pode ser considerada bastante satisfatória, por apresentar bons resultados tanto na distribuição, quanto nos valores extremos, quando comparados com os observados. Para a região estudada o modelo NAVMO mostrou-se satisfatoriamente.

Possuidor de dois componentes básicos (simulação da bacia e simulação do rio ou canal), o modelo NAVMO, que para sua utilização, necessita que a bacia seja subdividida em sub-bacias e em segmentos, se torna um modelo mais completo, visto que apenas dentro de cada segmento é admitida a homogeneidade espacial da precipitação e dos processos como infiltração, interceptação, escoamento superficial etc... Esta divisão permite ainda, separar as áreas segundo não somente o critério de distribuição espacial da precipitação, mas também das características físicas como cobertura vegetal, declividade, tipo do solo, etc. Sendo um modelo diário e usar o método de curva-número para avaliar o armazenamento de água nos reservatórios do sistema, permite uma ligação direta entre o tipo de solo, cobertura vegetal e a umidade na

zona superficial da bacia. A experiência demonstra que esta ligação é fundamental no funcionamento do modelo.

6.2 - Sensibilidade dos parâmetros do modelo.

Conforme a tabela 5.4 (Parâmetros calibrados), os anos 1966, 1969, 1970 e 1976 não foram calibrados por falta de dados ou por não ter informações confiáveis. Analizando as Tabelas 5.8a a 5.8c, referentes aos parâmetros calibrados por tipo de ano (sêcos, úmidos ou normais), observa-se um comportamento bastante coerente com a situação física correspondente. O parâmetro ALFA (do reservatório superficial), em geral, apresenta maior influência no escoamento superficial do que o parâmetro da evaporação (EET) nos anos úmidos. Nos anos sêcos, ocorre o inverso, ou seja, EET é mais acentuado do que ALFA. O parâmetro BETA (do reservatório sub-superficial) não apresentou grande influência nos escoamentos calculados, devido os solos da bacia serem rasos e de baixa permeabilidade. O parâmetro QBSP foi adotado igual a zero devido a calibração e simulação terem sido feitas iniciando no período chuvoso, sem nenhuma contribuição do escoamento de base. Também para confirmar a pouca influência do escoamento de base no escoamento total, o parâmetro KG, usado para o cálculo do escoamento subterrâneo, não apresentou grandes influências na maioria dos anos devido a pouca permeabilidade do solo da bacia estudada e por isso foi fixado no valor de 250 dias. O parâmetro que define o déficit de umidade inicial (BFD) foi fixado em 95%, pelas mesmas razões anteriores de que o solo estaria quase sêco no início do período chuvoso. Contudo,

verificou-se que uma mudança deste valor para 85% implicaria numa variação bastante representativa nas vazões. Dos parâmetros dos hidrogramas, apenas MET1 (tempo para atingir o pico do hidrograma superficial) foi calibrado. Os resultados mostram que o tempo de concentração da bacia é da ordem de 12 horas, ou seja, MET1 ficou entre 0,4 e 0,5 (dias) o que é próximo da realidade da bacia. Os demais parâmetros para o ajuste dos hidrogramas (MAX1, MET2 e MAX2) motivado pelas características físico-morfológicas da bacia (solo raso e baixa permeabilidade), foram assumidos por não apresentaram grandes influências pelas mesmas razões atribuídas ao parâmetro KG. Contudo, o parâmetro EKM (da velocidade do escoamento no leito principal do rio) apresentou-se bastante sensível até o valor de 9,0 dias a partir do qual qualquer variação no mesmo, não apresentava nenhuma variação significativa. Os outros parâmetros da velocidade nos planos laterais (EKR e EKL) não foram muito sensíveis e por isso foram fixados no valor de 60. Em virtude de se ter assumido as grandezas referentes a secção dos rios, com base nas informações cartográficas, não se pode, em princípio, fornecer um valor exato deste parâmetro.

Os intervalos de variações dos parâmetros do modelo indicados na literatura (Kleeberg et al., 1989) são apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 6.1 - Valores dos Parâmetros do Modelo

Fonte: Overland & Kleeberg (1989).

PARÂMETRO	INTERVALO DE VARIAÇÃO	
ALFA	0,00 a	1,00
BETA	0,00 a	1,00
EET	0,00 a	8,00
MET1	0,00 a	2,00 (dias)
MAX1	1,00 a	3,00 (dias)
MET2	1,00 a	3,00 (dias)
MAX2	1,00 a	25,00
KG	40,00 a	300,00
EKM	0,00 a	99,00
EKR	0,00 a	99,00
EKR	0,00 a	99,00
QBSP	>	0,00
BFD	0,00 a	100,00

6.3 - Análise da Simulação

A princípio pode-se verificar que a resposta do modelo através da simulação do escoamento superficial da bacia em estudo, foi bastante satisfatório. No entanto, em alguns anos, não foi possível uma calibração aceitável, e para esses anos alguns comentários são relevantes. Para os anos de 1966, 1969, 1970, e 1976 não foi possível a calibração por deficiência de dados, e assim sendo, não contribuíram na composição da média dos parâmetros usados para simulação.

Para o ano de 1966 foi possível notar que houve algum erro nas vazões observadas. A afirmação que houve erro na leitura das vazões, está fundamentada no fato de que, naquele ano, não se tem registro de construção de algum reservatório capaz de amortecer a vazão máxima, para um valor em torno de 3.0m³/s, em um ano com a precipitação anual de 564,9mm, concentrada no período chuvoso. Comparando com o ano de 1982, em que houve uma precipitação de 449,7mm, os escoamentos foram bem maiores dos que os verificados no ano de 1966. Mesmo assim, foi feita uma tentativa de calibração para o ano de 1966, mostrado na figura A-1 (anexo). No ano de 1969 não havia registro completo de vazões no período utilizado para calibração (período chuvoso), mas pode-se verificar através dos hidrogramas calculado e observado mostrado na figura A-2 (anexo), que, onde havia registro de vazão foi possível sua calibração. Para o ano de 1970, numa tentativa de calibração, observou-se que os parâmetros mais sensíveis (ALFA e EET) distanciaram-se da média encontrada, Figura A-3 (Anexo). Para o ano de 1976 apesar da dispersão dos valores encontrados, (numa tentativa de calibração de seus parâmetros) com relação a média, o resultado serviu para mostrar a eficiência do modelo, antes desconhecida, em detectar possíveis erros de leitura ou mesmo a ocorrência da chuva localizada próximo a estação, (como pode-se observar nos hidrogramas calculado e observado na figura A-4 anexo), na segunda quinzena do mês de março. Este mesmo ano serviu também para mostrar a eficiência das equações de transformação das lâminas efetivas do escoamento em hidrogramas de vazão como mostra a figura A-4, a tendência do hidrograma

calculado em acompanhar o hidrograma observado. Este mesmo fato foi também observado nos anos de 1967 e 1977, conforme figuras A-5 e A-6 (anexo). Ainda sobre a primeira etapa de calibração, com relação a validade do processo, foi verificado que nos anos de 1981 e 1982, não houve uma simulação satisfatória possivelmente pelo fato de que os anos utilizados para calibração tiveram regimes hidrológicos diferentes dos anos utilizados para a simulação. Na fase da calibração, as precipitações dos anos foram bastante variadas e na fase da simulação as precipitações dos anos 1981 e 1982 foram bem abaixo da média dos anos calibrados. Para o ano de 1981, aconteceu algo semelhante ao ano de 1976, mostrando mais uma vez a eficiência do modelo em detectar possíveis erros de leitura ou chuvas localizadas próximo a estação fluviométrica (figura A-7 anexo). No ano de 1982, verificou-se também a eficiência das funções de transformação das lâminas efetivas. Observando seus hidrogramas (calculado e observado), nota-se a tendência que o calculado tem em acompanhar o contorno do hidrograma observado. Figura A-8 (anexo).

Nas outras duas etapas de calibração calibração de todos os anos com a média e a das separações dos anos secos, úmidos e normais, não se modificou em nada as observações que foram feitas na primeira. No entanto, a terceira etapa parece ser a mais viável para a região semi-árida, pela separação dos tipos de ano, podendo, com isso, amenizar os efeitos da variação espacial e temporal da precipitação.

A quarta etapa de simulação foi efetuada para se verificar a eficiência do modelo em relação ao sistema de sub-

divisão da bacia. De acordo com os resultados indicados no quadro 6 pode-se observar que a resposta do modelo a variação do número de sub-bacias não é significativa, o que mostra que uma sub-divisão menor leva também a resultados confiáveis e o modelo parece ser robusto em relação ao número de sub-bacias adotadas.

CAPÍTULO VII

7.0 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.

7.1 - Conclusões

O modelo NAVMO, apresenta uma estrutura adequada tanto para simulação dos processos superficiais da bacia, quanto para incorporar os efeitos do movimento subterrâneo nos escoamentos gerados na bacia. A estrutura também permite o acompanhamento do fluxo nas calhas do rio para obter o hidrograma do escoamento superficial na estação fluviométrica ou na desembocadura da bacia.

Através dos quadros de indicadores de ajuste nas três etapas de simulação, pode-se concluir que o modelo simula os processos de escoamento superficial muito bem, considerando o fato de que a diferença de vazões calculadas e observadas, em termos percentuais, foi menor que 5% nos anos em que não houve problemas com relação aos dados, de Precipitação e vazão.

A aplicação do modelo NAVMO para a bacia do rio Piancó, na avaliação do escoamento superficial, permite concluir que o modelo apresenta resultados satisfatórios, e portanto corresponde a uma boa representação do regime hidrológico da bacia, tanto no aspecto da distribuição espacial quanto no aspecto da distribuição temporal. Este fato permite a utilização, com segurança do modelo NAVMO em outras bacias com características semelhantes a estudada neste trabalho.

7.2 - SUGESTÕES

O conceito Curva - Número, utilizado pelo modelo, permite considerar a heterogeneidade do complexo solo-vegetação. Sugere-se nos trabalhos futuros, um estudo mais detalhado em pequenas bacias do semi-árido com um complexo solo-vegetação homogêneos, e considerar o valor de CN como mais um parâmetro do modelo. Este procedimento permitiria encontrar os valores CN adequados à essa região e para cada tipo do complexo solo-vegetação. O modelo NAVMO também é capaz de simular os efeitos de armazenamento nos açúdes e reservatórios. Este aspecto não foi simulado no presente estudo. Futuros trabalhos neste sentido seriam de grande valia para a avaliação do desempenho do modelo quando aplicado em bacias com vários reservatórios, para verificar se as simulações seriam tão boas nestes casos quanto nas bacias sem açudagem significativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEVEN, K.: Changing Ideas In Hydrology. The case of physically, Based models. Journal of hydrology, 105: 157-172 (1989).
- CADIER, E. & Freitas, B. J.: Bacia reoresentativa de Sumé, primeira estimativa dos recursos de agua. Recife, SUDENE (1982).
- Chow, V. T.: Hand Book of Applied Hidrology, McGraw Hill Plublishing Company (1964).
- DOOGE, J. C. I.: Deterministic Input - output Models In LLOYD, E.H: O,Donnell, T. & Wilkinson. The Matematics of Hydrology and Water resources, London (1967).
- DUBREUIL, P.: Deterministic input - output Models In LLOYD, E. H: O,Donnell, T. & Wilkinson. The Matematics of Hydrology and Water Resources, London ,p 1 - 37.
- FLEMING, G.: Deterministic Models in Hydrology. Roma, FAO, 80p (1987).
- FERREIRA FILHO, W. M.: Curso de Métodos Avançados em Hidrologia Aplicada. UFPB (1987).
- Figueiredo, E.E.: Relatório de estágio. Pesquisa en Hidrologia superficial. Mnchen Alemanha (1990).
- Galvão, C.O.: Modelagem do Escoamento Superficial e da Erosão do Solo em Microbacias (1990).

- Ibiza, D.: Un modèle simplifié de calcul des écoulements mensuels par bilan hydrique; application: Variation de quelques paramètres hydrologiques d, après l, aspect des bassins. Cahiers ORSTON, série Hydrologie (1983).
- Ibiza, D.: Note Complémentaire pour l'utilisation du Modèle MODIBI. Montpellier, ORSTON (1988).
- Ibbitt, R. P. & O'Donnell, T.: Fitting Methods For Conceptual Catchment Models. Journal of the Hydraulic Engineering, 116 : 288-289 (1971).
- INEMET: Banco de dados Meteorológicos. 3 DISME Recife (1985).
- IBGE: Mapas Exploratórios de Solo e Vegetação. Projeto RADAN-BRASIL (1981).
- Jones, J.R.: The Estimation of Runoff From Small Rural Catchments. Civil Engineering Transactions. (1970), C E 12(2), 133 - 140p.
- Kleeberg, H.B., Overland, H. & Paus B.: NAVMO, Version 1.1 Niderchlag - Abfluss-Verdunstung - Modell. Documentation Universität Der Bundeswehr München, Alemanha (1990).
- Latterman, A.: Modelos Matemáticos de Sistemas na Hidrologia Aplicada. Métodos Avançados de Hidrologia Aplicada. UFPB (1987).
- Lwduig, K.: The program System FGMOD for calculation of Runoff Processes in River Basins. International Symposium On Rainfall-Runoff - Modeling; Mississipi (1981).

- Lopes, J.E.G.; Braga Jr, B.P.& Canejo,J.G.L.: SMAP. A Simplified Hydrologic Model. International Symposium on Rainfall-Runoff Modeling, Mississippi. Mississippi State University (1981).
- Louks, D. P; Stendinger, J. R. & Haith, D. A.: Water Resources Systems Planing and Analysis. New Jersey, Pretince Hall,559p (1981).
- Lanna. A. E. & Schwarzbach; M. MODHAC. Modelo Hidrológico Auto-Calibravel. Porto Alegre IPH/UFRS.(1989).
- MacGuen, R.H.: A Guide to Hydrologic Analysis Using SCS Methods, University of Maryland, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA (1981).
- Marwel Filho,P. & Lanna, A. E. MOHTSAR: Um Modelo Hidológico Para o Trópico Semi-Árido. Revista Brasileira de Engenharia, cadernos de recursos hídricos. 4(1): 95-118. (1986).
- Michel, C.: Que Peut - On Faire en Hydrologie avec un Modèle Conceptuel à un Seul Paramètre? La Rouille Blanche (1983) (1), 39 - 44p.
- M.M.E./DNAEE: Inventário das estações fluviométricas e pluviométricas- Bacia 3, Brasilia- DF (1988).
- Porto, R.L.L.: Alguns Aspecto da Simulação Matemática em Hidrologia. DAEE-S.Paulo (1981).

PROJETO CANAÃ: Governo do Estado da Paraíba, Secretaria de Recursos Hídricos/ENCO. Engenharia, consultoria, Planejamento LTDA. (1984/1985).

Silveira, R.L, D'amico, J.J. & Silveira G.L.: O Modelo Hidrológico MOPH-2. IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos (1981).

SUDENE: Bacia representativa Tauá, Ce. Relatório final. Série hidrologia N 28, Recife (1989).

SUDENE: Mapas planialtimétricos escala 1:100.000 ; Departamento de Recursos Naturais, Devisão de cartografia Recife (1982).

Tucci, C.E.M.: Modelos Determinístico In Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos, Nobel/ABRH, p 211-324 (1987).

Tucci, C.E.M.; Sanchez, J & Lopes, M.O.S.: Modelo IPH-II de Simulação Precipitação-Vazão na Bacia: Alguns resultados. In Anais do IV simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos. Fortaleza, ABRH. Vol. 2 p 83-103 (1981).

Vários autores: Engenharia Hidrológica. ABRH/UFRJ) (1989).

Vários autores: Hidrología Superficial de Pequeñas Cuencas. Madrid (1988).

Viana, F.L.: Comportamento Hidrológico das Pequenas Bacias do Nordeste. Boletim Técnico 5 Fortaleza-Ce (1979).

Williams, J.R.: Flood Routing With Variable Travel Tyme or Variable Storage Coeficients. Trans ASAE, p 100 (1969).

A N E X O

QUADRO 11

Quadro 2. Runoff Curve Numbers for Hydrologic Soil-Cover Complexes
(Antecedent Moisture Condition II, and $I_a = 0.2 S$)

Land Use Description/Treatment/Hydrologic Condition			Hydrologic Soil Group			
			A	B	C	D
Residential: ^{1/}						
Average lot size	Average % Impervious ^{2/}					
1/8 acre or less	65		77	85	90	92
1/4 acre	38		61	75	83	87
1/3 acre	30		57	72	81	86
1/2 acre	25		54	70	80	85
1 acre	20		51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. ^{3/}			98	98	98	98
Streets and roads:						
	paved with curbs and storm sewers ^{3/}		98	98	98	98
	gravel		76	85	89	91
	dirt		72	82	87	89
Commercial and business areas (85% impervious)			89	92	94	95
Industrial districts (70% impervious)			81	88	91	93
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.						
	good condition: grass cover on 75% or more of the area		39	61	74	80
	fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area		49	69	79	84
Fallow	Straight row		---	77	86	91
Row crops	Straight row		Poor	72	81	88
	Straight row		Good	67	78	85
	Contoured		Poor	70	79	84
	Contoured		Good	65	75	82
	Contoured & terraced		Poor	66	74	80
	Contoured & terraced		Good	62	71	78
Small grain	Straight row		Poor	65	76	84
			Good	65	75	83
	Contoured		Poor	65	74	82
			Good	61	73	81
	Contoured & terraced		Poor	61	72	79
			Good	59	70	78
Close-seeded legumes ^{4/} or rotation meadow	Straight row		Poor	66	77	85
	Straight row		Good	58	72	81
	Contoured		Poor	64	75	83
	Contoured		Good	55	69	78
	Contoured & terraced		Poor	63	73	80
	Contoured & terraced		Good	51	67	76
Pasture or range			Poor	68	79	86
			Fair	49	69	79
			Good	39	61	74
	Contoured		Poor	47	67	81
	Contoured		Fair	25	59	75
	Contoured		Good	6	35	70
Meadow			Good	30	58	71
Woods or Forest land			Poor	45	66	77
			Fair	36	60	73
			Good	25	55	70
Farmsteads			---	59	74	82

^{1/} Curve numbers are computed assuming the runoff from the house and driveway is directed towards the street with a minimum of roof water directed to lawns where additional infiltration could occur.

^{2/} The remaining pervious areas (lawn) are considered to be in good pasture condition for these curve numbers.

^{3/} In some warmer climates of the country a curve number of 95 may be used.

^{4/} Close-drilled or broadcast.

Fonte: A Guide to Hydrologic Analysis Using SCS Methods, University of Maryland, Prentice-Hall, Inc., Englewood, MacCuen, R.H. (1981).

STATION: SUBRASTN NO. 26

PERIOD: 1. 9.1966 - 31. 7.1966

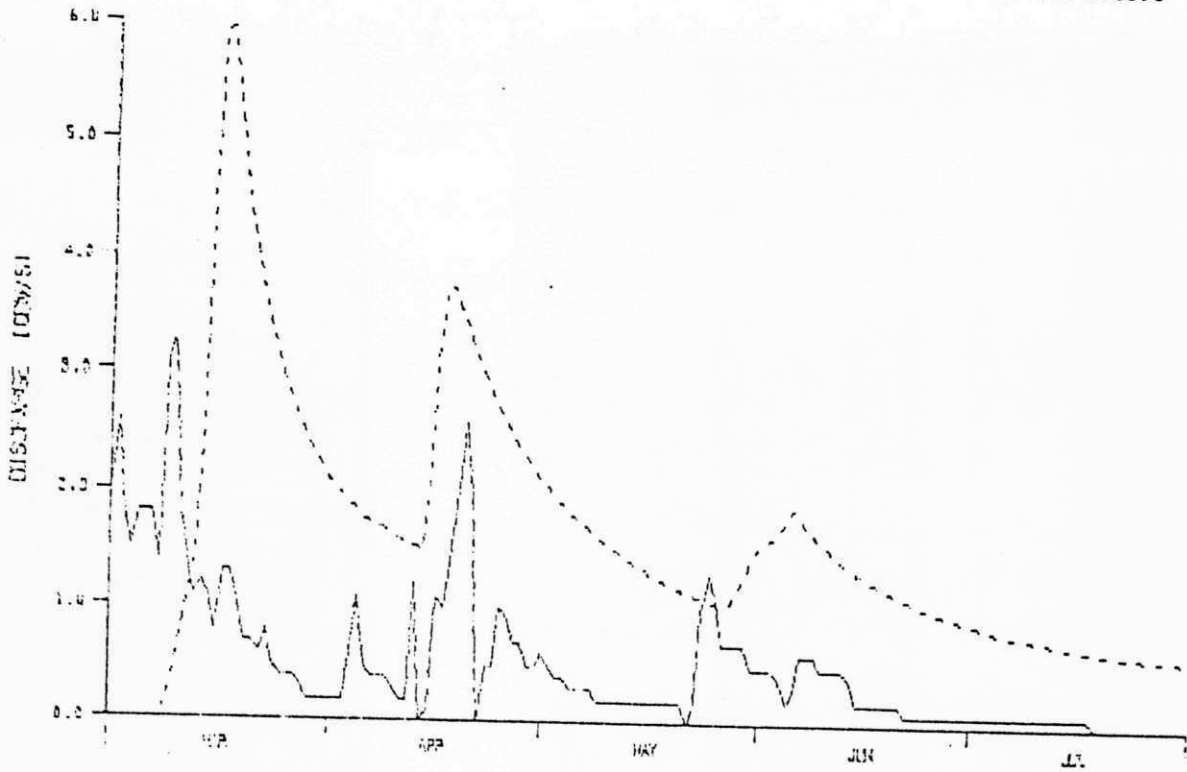


Fig. A-1

1966

— observed — calculated

STATION: SUBRASTN NO. 20

PERIOD: 1. 9.1969 - 31. 8.1969

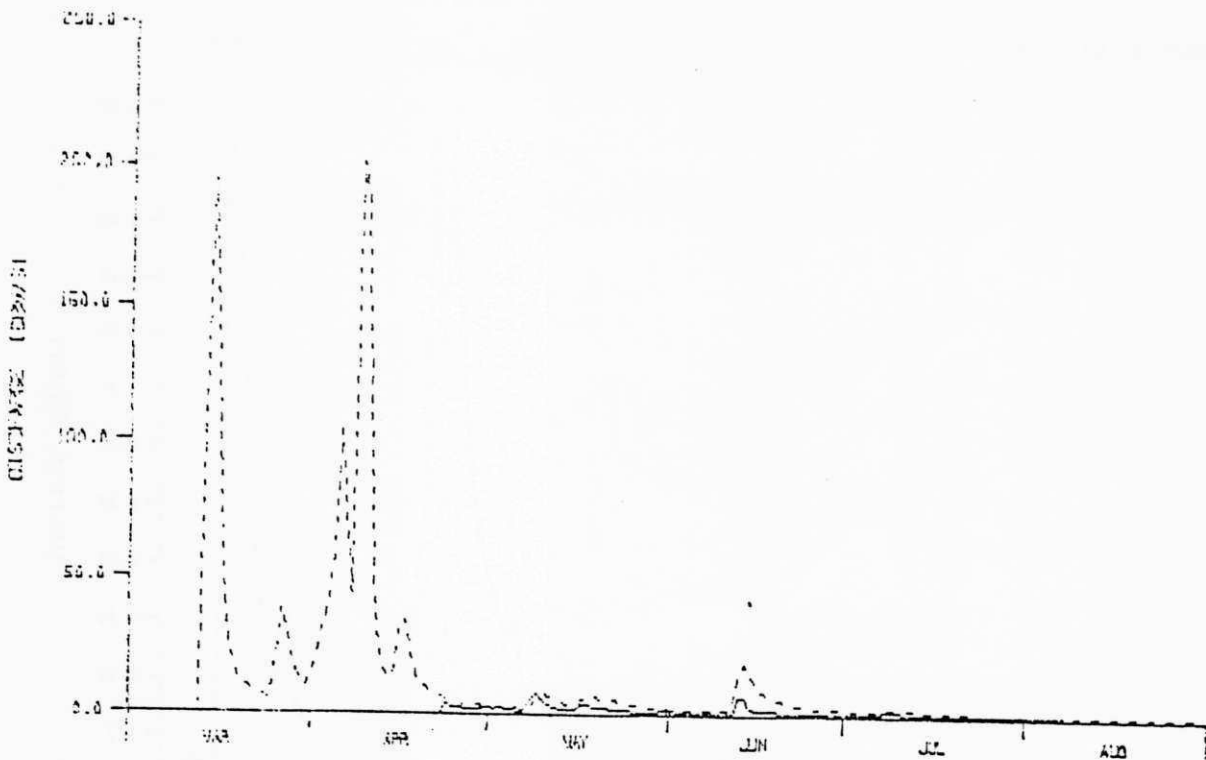


Fig. A-2

1969

— observed — calculated

STATION: SUBBASIN NO. 25

PERIOD: 1. 2.1970 - 30. 8.1970

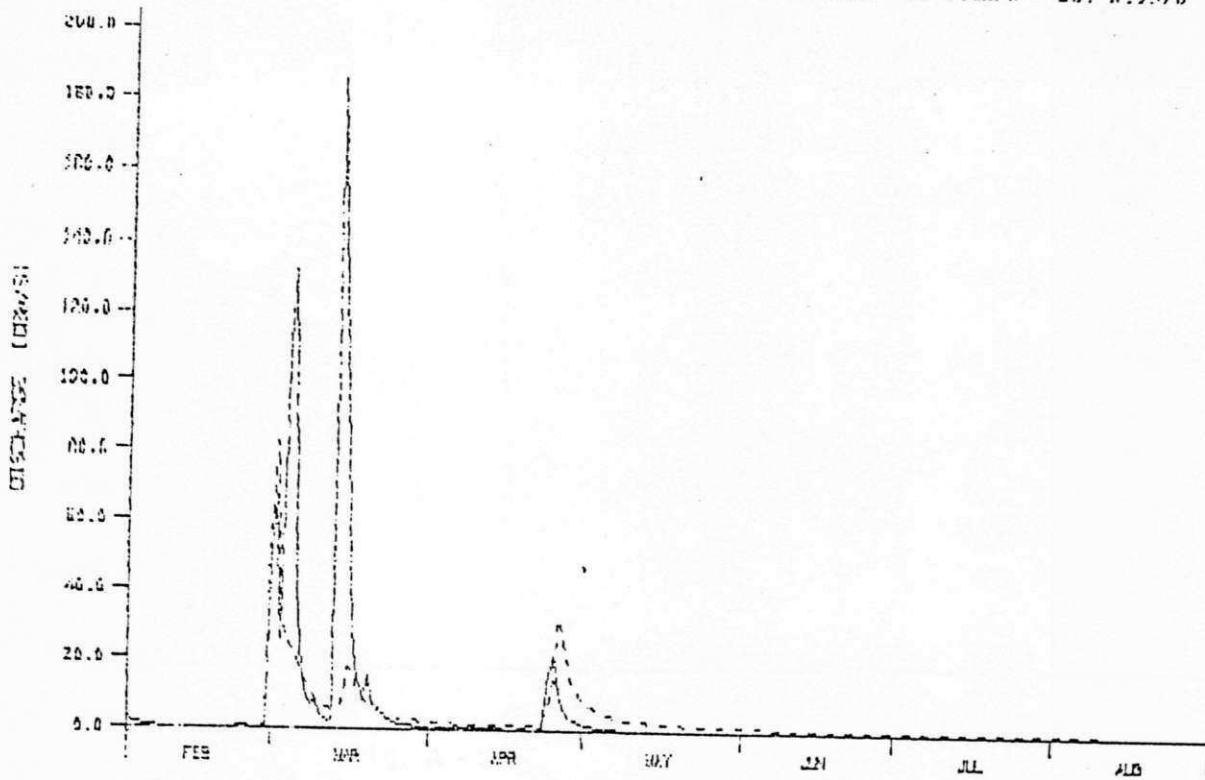


Fig. A - 3

1970

----- observed. ----- calculated

STATION: SUBBASIN NO. 26

PERIOD: 1. 3.1976 - 29. 6.1976

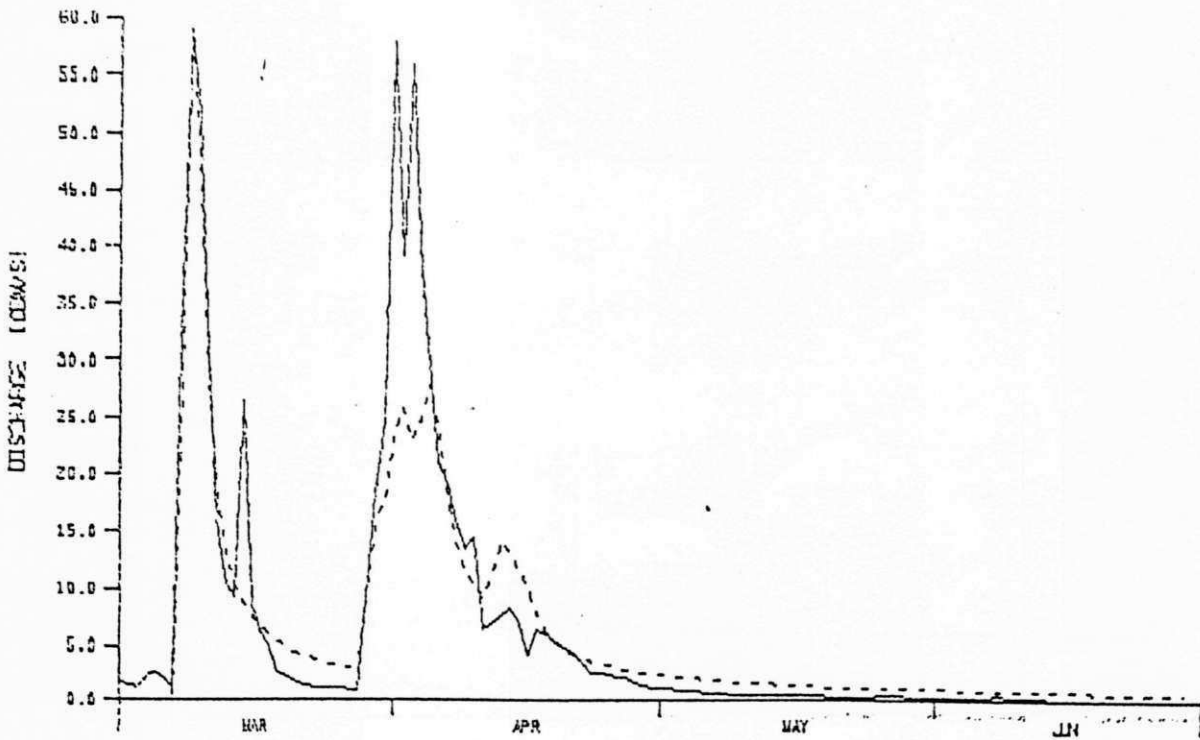


Fig. A - 4

1976

----- observed. ----- calculated

STATION: SUBRASN NO. 25

PERIOD: 1. 3. 1967 - 30. 7. 1967

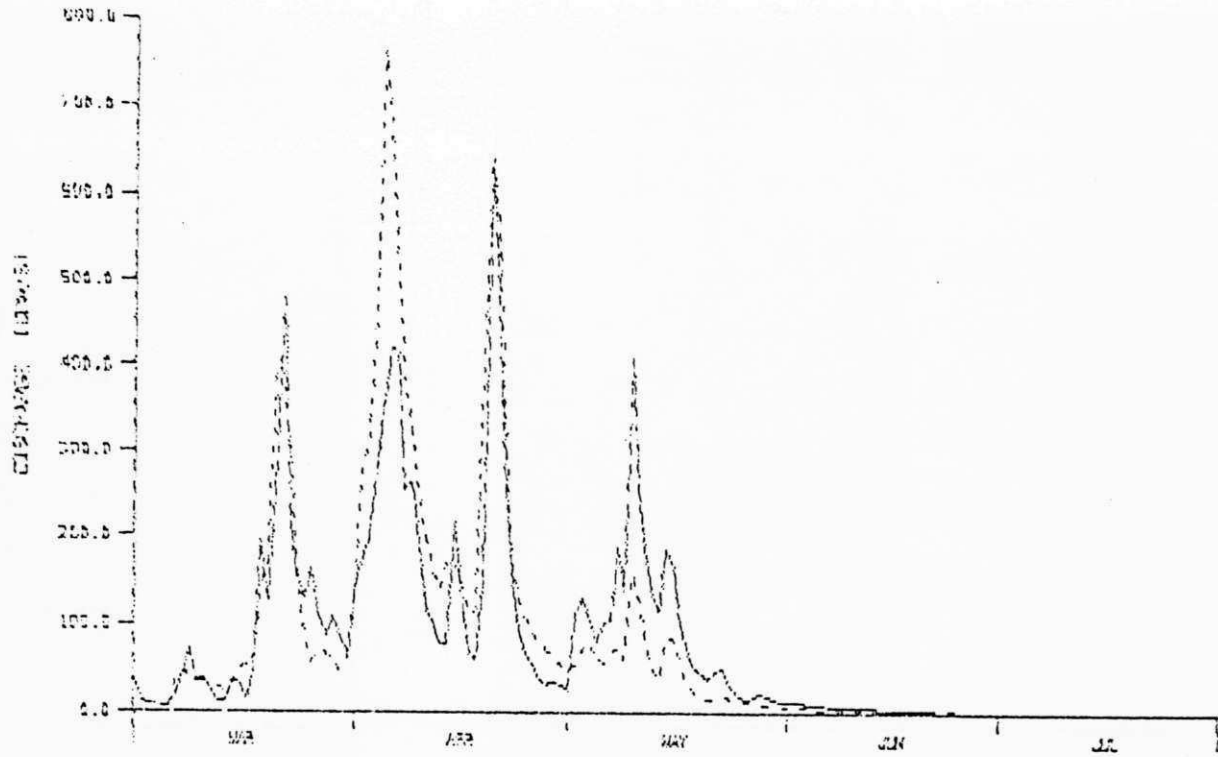


Fig. A - 5

1967

----- observed, - - - - - calculated

STATION: SUBRASN NO. 26

PERIOD: 1. 3. 1977 - 30. 7. 1977

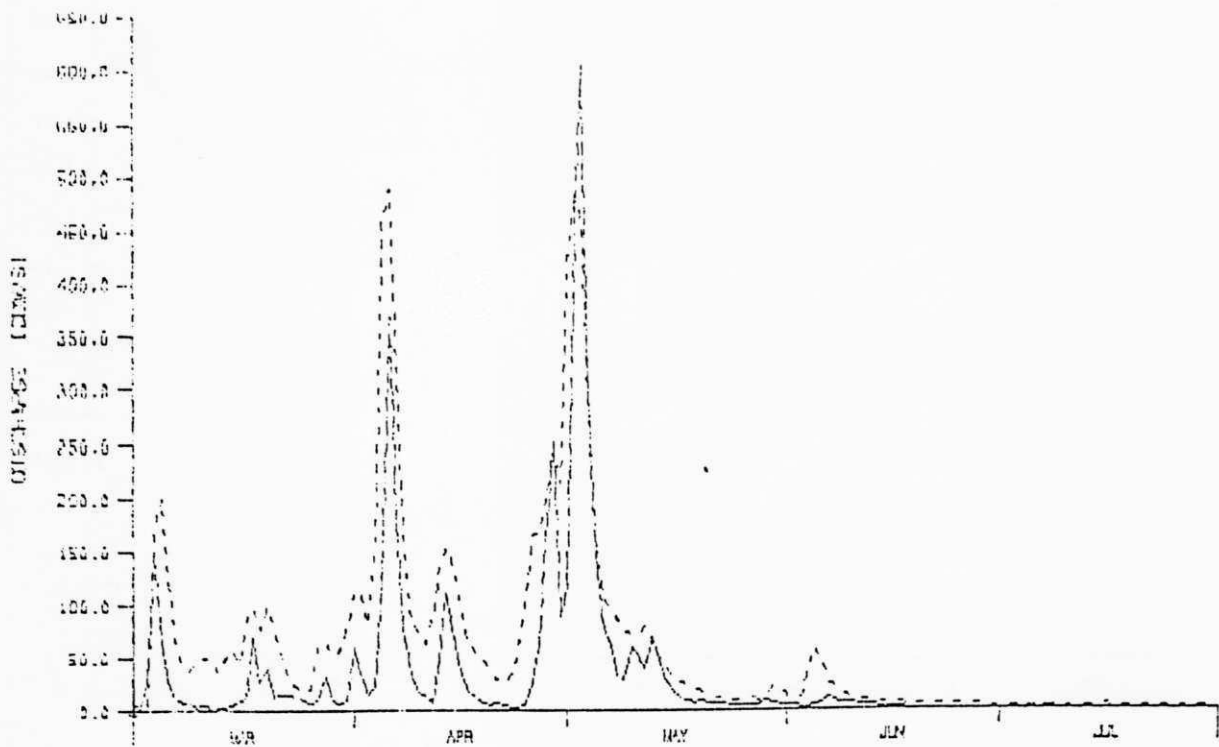


Fig. A - 6

1977

----- observed, - - - - - calculated

STATION: SUBSTATION NO. 28

PERIOD: 1. 2.1981 - 30. 9.1981

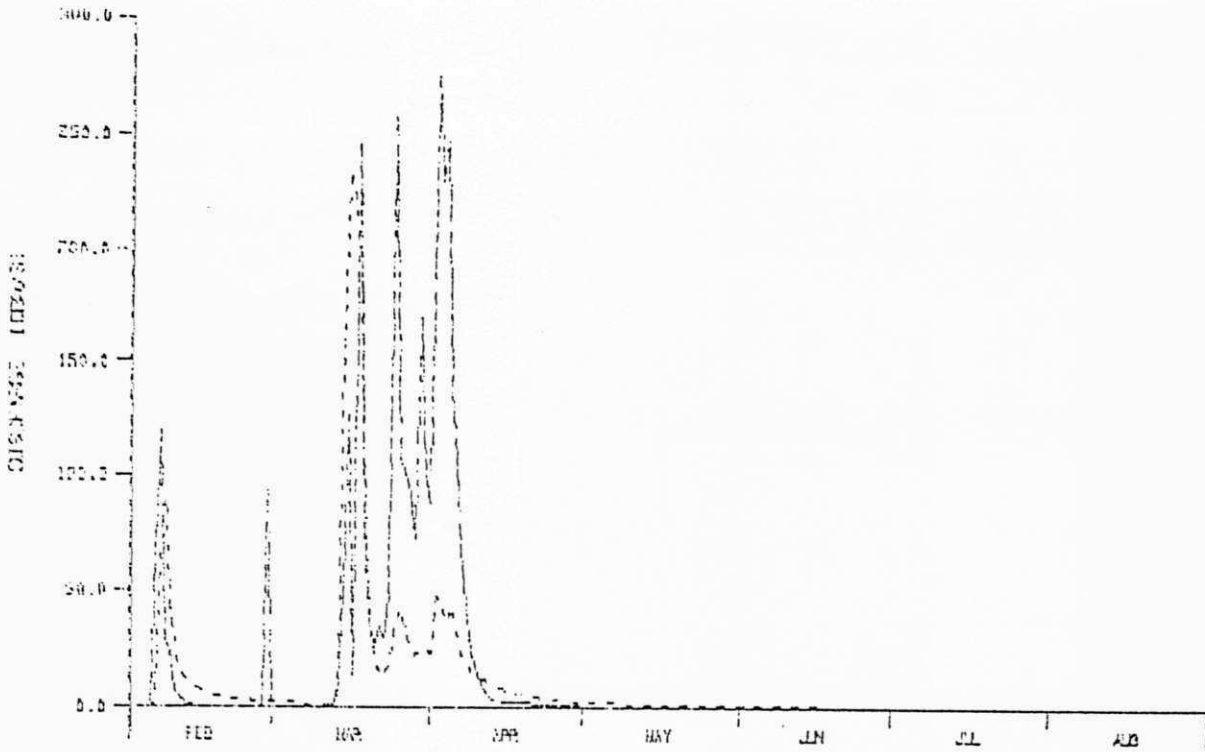


Fig. A - 7

1981

— observed — calculated

STATION: SUBSTATION NO. 28

PERIOD: 1. 9.1982 - 29. 9.1982

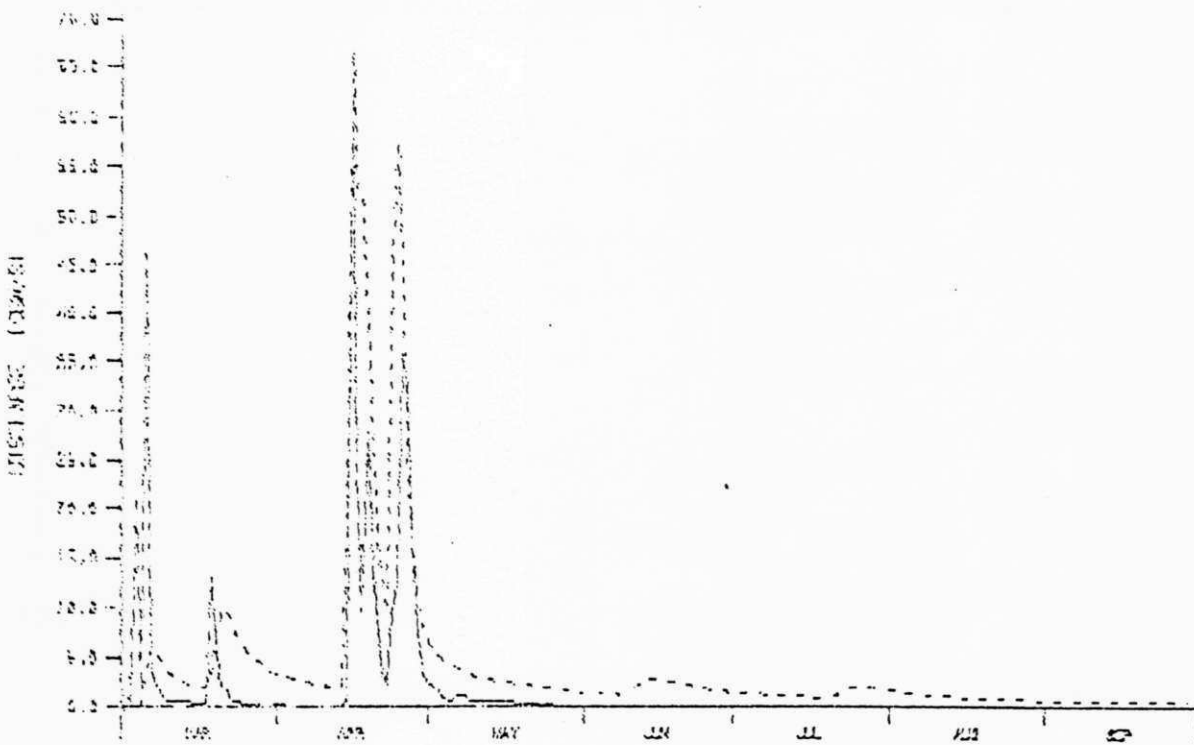


Fig. A - 8

1982

— observed — calculated

ESTRUTURA DE ARQUIVOS USADOS NO PROGRAMA DO MODELO.

Arquivo de Dados de Precipitação e Vazão diárias/1980

AGUIAGUIAR 00738025 1 1 11980 0 031121980 0 0 NT TMM
 AGUIRIO PIANCO/PIRANHAS OM 590.000 9215.500 280.000 0.000 0.000
 AGUI 0 CCT/UFPA/CAMPUS II
 AGUI Daily data precipitation of Aguiar Station
 AGUI Converted in Aug.1990

AGUI

AGUIDATEN

AGUI 1	180	0	ONT	-1T	0	0	0	0	92	105	0	0	0	0	0	0	0
AGUI13	180	0	ONT	1T	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI25	180	0	ONT	-1T	323	0	20	0	0	0	108	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 1	280	0	ONT	-1T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	120	460	0
AGUI13	280	0	ONT	-1T	67	303	262	133	690	0	372	0	175	242	0	454	0
AGUI25	280	0	ONT	-1T	0	0	60	264	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 1	380	0	ONT	-1T	0	1180	0	320	424	340	0	0	0	0	0	0	0
AGUI13	380	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0
AGUI25	380	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 1	480	0	ONT	-1T	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	0	0	64
AGUI13	480	0	ONT	OT	0	0	0	23	0	4	0	0	0	0	0	0	0
AGUI25	480	0	ONT	OT	0	0	0	7	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 1	580	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI13	580	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI25	580	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 1	680	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0
AGUI13	680	0	ONT	OT	0	19	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0
AGUI25	680	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 1	780	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI13	780	0	ONT	OT	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI25	780	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 1	880	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI13	880	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI25	880	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 1	980	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI13	980	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI25	980	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 11080	0	ONT	OT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI131080	0	ONT	OT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI251080	0	ONT	OT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 11180	0	ONT	OT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI131180	0	ONT	-1T	-1T	0	150	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI251180	0	ONT	1T	1T	0	0	1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
AGUI 11280	0	ONT	OT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI131280	0	ONT	OT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGUI251280	0	ONT	OT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

ENDE

PRINPRINCESA IZABEL 00738013 1 1 11980 0 031121980 0 0 NT TMM
 PRINRIO PIANCO/PIRANHAS OM 610.000 9145.000 660.000 0.000 0.000
 PRIN 0 CCT/UFPA/CAMPUS II
 PRIN Daily data of precipitation of Princesa Izabel Station
 PRIN Converted in Aug.1990

PRIN

PRINDATEN

PRIN 1	180	0	ONT	OT	0	0	3	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN13	180	0	ONT	-1T	300	3	30	380	0	180	0	0	0	0	30	0	0
PRIN25	180	0	ONT	OT	0	0	0	0	6	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 1	280	0	ONT	OT	0	6	0	0	0	7	12	0	18	0	0	0	0
PRIN13	280	0	ONT	OT	0	15	0	0	0	15	49	30	0	0	0	0	0
PRIN25	280	0	ONT	-1T	0	0	0	0	2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 1	380	0	ONT	OT	0	67	24	63	18	3	0	0	0	0	0	0	0
PRIN13	380	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN25	380	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 1	480	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	3	13	0	0	0	0	0	0
PRIN13	480	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN25	480	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 1	580	0	ONT	OT	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN13	580	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN25	580	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 1	680	0	ONT	-1T	0	0	0	0	0	0	0	0	150	50	3	0	0
PRIN13	680	0	ONT	-1T	250	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN25	680	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 1	780	0	ONT	OT	40	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN13	780	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN25	780	0	ONT	OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

PRIN 1 880 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN13 880 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN25 880 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 1 980 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN13 980 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN25 980 0 ONT OT	0	0	0	3	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 11080 0 ONT OT	9	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
PRIN131080 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN251080 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 11180 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN131180 0 ONT -1T	0	0	310	493	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN251180 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PRIN 11280 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRIN131280 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	11
PRIN251280 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

ENDE

BCMJBOM JESUS 00738023 1 1 11980 0 031121980 0 0 NT THM
 BOMJRIO PIANCO/PIRANHAS OM 573.000 9189.000 470.000 0.000 0.000
 BOMJ 0 CCT/UFPB/CAMPUS II

BOMJ Daily data of precipitation of Bom Jesus Station

BOMJ Converted in Aug.1990

BOMJ

BOMJDATEN

BOMJ 1 180 0 ONT -1T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	221	0	0	0	0
BOMJ13 180 0 ONT -1T	0	255	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ25 180 0 ONT -1T	222	0	252	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 1 280 0 ONT -1T	0	0	0	0	0	0	0	151	0	0	0	192	0	0
BOMJ13 280 0 ONT -1T	0	180	0	0	122	0	0	162	0	511	0	0	0	0
BOMJ25 280 0 ONT -1T	0	0	0	0	131	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 1 380 0 ONT -1T	0	0	1422	0	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0
BOMJ13 380 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ25 380 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 1 480 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ13 480 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ25 480 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 1 580 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ13 580 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ25 580 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 1 680 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ13 680 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ25 680 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 1 780 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ13 780 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ25 780 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 1 880 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ13 880 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ25 880 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 1 980 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ13 980 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ25 980 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 11080 0 ONT -1T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0
BOMJ131080 0 ONT -1T	0	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ251080 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 11180 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ131180 0 ONT -1T	0	0	1075	750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ251180 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BOMJ 11280 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOMJ131280 0 ONT -1T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	253	0	0	254	0
BOMJ251280 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

ENDE

BONIBONITO DE SANTA FE 00738022 1 1 11980 0 031121980 0 0 NT THM
 BONIRIO PIANCO/PIRANHAS OM 555.000 9189.000 575.000 0.000 0.000
 BONI 0 CCT/UFPB/CAMPUS II

BONI Daily data of precipitation of Bonito de Santa Fe Station

BONI Converted in Aug.1990

BONI

BONIDATEN

BONI 1 180 0 ONT -1T	0	0	0	681	0	9	0	28	0	0	142	0	0	0
BONI13 180 0 ONT -1T	85	0	204	0	3	0	6	0	172	0	12	0	0	0
BONI25 180 0 ONT OT	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1 280 0 ONT -1T	92	23	19	0	43	0	312	0	104	0	205	0	0	0
BONI13 280 0 ONT -1T	403	0	381	0	821	0	202	0	309	95	0	203	0	0
BONI25 280 0 ONT -1T	0	219	185	11	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1 380 0 ONT -1T	111	1965	173	503	18	91	0	0	0	0	0	0	0	0

BONI13	380	0	DNT	-1T	68	0	0	0	0	0	0	405	82	3	0	0
BONI25	380	0	DNT	-1T	0	0	0	32	0	31	0	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1	480	0	DNT	-1T	0	31	0	4	0	0	2	0	8	0	0	0
BONI13	480	0	DNT	-1T	0	0	12	0	0	101	0	0	0	0	0	0
BONI25	480	0	DNT	-1T	0	0	0	6	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1	580	0	DNT	-1T	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI13	580	0	DNT	0T	0	0	0	.0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI25	580	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1	680	0	DNT	-1T	0	0	0	0	16	0	0	34	0	85	0	84
BONI13	680	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI25	680	0	DNT	-1T	0	85	0	3	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1	780	0	DNT	-1T	65	0	251	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI13	780	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI25	780	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1	880	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI13	880	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI25	880	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1	980	0	DNT	-1T	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI13	980	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI25	980	0	DNT	-1T	0	0	0	14	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1	11080	0	DNT	-1T	0	223	0	21	0	0	153	0	0	0	0	0
BONI13	11080	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI25	11080	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1	11180	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI13	11180	0	DNT	-1T	39	0	365	702	0	0	0	0	0	0	523	0
BONI25	11180	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
BONI 1	11280	0	DNT	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BONI13	11280	0	DNT	-1T	0	0	0	0	0	0	191	0	0	0	0	3
BONI25	11280	0	DNT	-1T	0	0	24	0	0	26	0	-1	-1	-1	-1	-1

ENDE
PIANPIANCO 37340000 1 1 11980 0 031121980 0 0 QTMTCBM/S
PIANRIO PIANCO OM 616.500 9203.500 250.000 4550.000 123.000
PIAN 0 CCT/UFPB/CAMPUS II
PIAN Data of Pianco River (Daily Data)
PIAN Converted Aug.1990 for use in Rainfall-Runoff-Model NAVMO
PIAN

PIANDATEN																
PIAN 1	180	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN13	180	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN25	180	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	280	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN13	280	0	QOTM	-1T	0	0	0	805	472	841	400	850	796	1194	995	
PIAN25	280	0	QOTM	-1T	940	679	580	616	196	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	380	0	QOTM	-1T	499	445	4254	8000	4440	4040	2340	984	679	180	285	202
PIAN13	380	0	QOTM	-1T	170	155	125	90	90	105	66	130	150	100	100	62
PIAN25	380	0	QOTM	-1T	39	28	21	15	7	7	7	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	480	0	QOTM	-1T	7	7	6	6	6	7	10	9	7	6	6	10
PIAN13	480	0	QOTM	-1T	10	10	10	9	9	9	9	7	7	7	7	7
PIAN25	480	0	QOTM	-1T	6	6	5	5	4	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	580	0	QOTM	-1T	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN13	580	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN25	580	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	680	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN13	680	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN25	680	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	780	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN13	780	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN25	780	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	880	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN13	880	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN25	880	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	980	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN13	980	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN25	980	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	11080	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN13	11080	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN25	11080	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	11180	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN13	11180	0	QOTM	-1T	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0
PIAN25	11180	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1
PIAN 1	11280	0	QOTM	-1T	175	165	155	145	135	125	115	105	95	86	74	70
PIAN13	11280	0	QOTM	-1T	62	58	54	47	42	36	31	0	0	0	0	0
PIAN25	11280	0	QOTM	0T	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1

EVAPORAÇÃO MÉDIA DIÁRIA DA BACIA DO RIO PIANCO

1	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
2	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
3	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
4	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
5	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
6	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
7	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
8	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
9	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
10	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
11	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
12	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
13	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
14	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
15	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
16	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
17	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
18	6.73	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
19	6.43	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
20	6.43	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
21	6.43	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
22	6.43	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
23	6.43	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
24	6.43	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
25	6.43	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09
26	6.43	5.35	5.19	4.43	4.22	4.04	5.22	6.80	7.65	8.08	8.53	7.09

ARQUIVO DE INICIALIZAÇÃO DO MODELO NAVMO.

```

Option File           -----> PIANCO.OPT
Basin Data            -----> PIANCO.ARE
Event Data            -----> EDU13
Afflux Hydrograph     ----->
Output Results        -----> PIANCO.OUT
Output Hydrographs    -----> PIANCO.GMD
Evaporation Data      -----> PIANCO.EVA
    
```


DEVIATIONS AT THE GAUGES

=====

GAUGE	CENTRE OF HYDROGRAPH		DIFFERENCE VALUES			HYDR. DEV.	WEIGHTED ERRORS	DIFFERENCE OF PEAK RUNOFFS (M ³ /S) (D)	
	COMPUTED	OBSERVED	X	Y	ABS.				
26	(42.91, 71.86)	(35.29, 89.01)	-7.61	17.15	18.77	.85	50906.88	.3	0

RATING PARAMETERS USED FOR CALCULATION

=====

SB- NO.	MET1	MAX1	MET2	MAX2	KG	EET	ALFA	BETA	QBSP	EKM	EKL	EKR
1	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
2	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
3	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
4	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
5	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
6	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
7	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
8	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
9	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
10	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
11	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
12	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
13	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
14	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
15	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
16	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
17	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
18	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
19	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
20	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
21	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
22	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
23	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
24	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
25	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00
26	0	2	1	7	250	6.7	.34	.10	.0000	60.00	60.00	60.00

RESULTADOS NUMÉRICOS DAS VAZÕES CALCULADAS E OBSERVADAS
(1983)

PIANSUBBASIN NO. 26 1 31983 0 030 71983 0 0P 0TMTCBM/S
 PIAN 4612.700
 PIAN
 PIANPIANCO 1963-1983
 PIANDATEN
 PIAN 1 383 0 00TH-1T 7 6 5 4 4 3 4 3 2 2 2 2
 PIAN13 383 0 00TH-1T 2 1 1 1 1 1 1 1 19 16 13 7 15
 PIAN25 383 0 00TH-1T 130 175 445 490 1230 580 226 155 82 50 39 2400
 PIAN 6 483 0 00TH-1T 1630 3323 1840 796 336 185 86 54 47 31 31 28
 PIAN18 483 0 00TH-1T 23 23 10 7 6 6 6 5 5 4 4 3
 PIAN30 483 0 00TH-1T 3 2 2 2 2 1 1 1 1 1 1 1
 PIAN12 583 0 00TH-1T 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0
 PIAN24 583 0 00TH 0T 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 PIAN 5 683 0 00TH 0T 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 PIAN17 683 0 00TH 0T 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 PIAN29 683 0 00TH 0T 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 PIAN11 783 0 00TH 0T 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 PIAN23 783 0 00TH 0T 0 0 0 0 0 0 0 0 -1 -1 -1 -1
 ENDE

PIANSUBBASIN NO. 26 1 31983 0 030 71983 0 0P 0TMTCBM/S
 PIAN 4612.700
 PIAN
 PIANPIANCO 1963-1983
 PIANDATEN
 PIAN 1 383 0 00TH 0T 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 PIAN13 383 0 00TH-3T 0 0 0 0 0 0 221 54761224611788 9814 8133
 PIAN25 383 0 00TH-2T 1024 1952 1972 62011471011236 5572 2749 1710 1240 981 8893
 PIAN 6 483 0 00TH-2T 10539232042460513656 4077 2153 1469 1128 920 778 676 598
 PIAN18 483 0 00TH-3T 5363 4865 4453 4107 3811 3556 3333 3137 2963 2808 2668 2541
 PIAN30 483 0 00TH-3T 2427 2322 2226 2138 2056 1980 1910 1845 1784 1727 1674 1624
 PIAN12 583 0 00TH-3T 1576 1532 1490 1450 1412 1376 1342 1310 1279 1250 1221 1195
 PIAN24 583 0 00TH-3T 1169 1144 1121 1098 1076 1056 1035 1016 997 980 962 946
 PIAN 5 683 0 00TH-3T 929 914 899 884 870 856 843 830 818 806 794 783
 PIAN17 683 0 00TH-3T 772 761 750 740 730 721 711 702 693 684 676 668
 PIAN29 683 0 00TH-3T 660 652 644 637 629 622 615 608 602 595 589 583
 PIAN11 783 0 00TH-3T 90451401610615 7786 6144 5112 4397 3870 3464 3140 2876 2655
 PIAN23 783 0 00TH-3T 2469 2309 2170 2048 1940 1843 1757 1679 -1 -1 -1 -1
 ENDE

ARQUIVOS DE DADOS DA BACIA DO RIO PIANCO

Sub-bacia i	Ordem	Área (Km ²)	Comp.Tr.do rio (m).	Cota de entrada, (m)	Cota de saída, (m)	X (m)	Y (m)
i	Dist:	Dist: (m)	Decliv: do rio (m/m)	H M (m)	B M (m)	B L (m)	B R (m)
i	BNN	BNL	BNR	SKM	SKL	SKR	
i	Decliv: bacia (%)	C.N					
1	100	171.0	33.8	650.000	400.000	545.000	9156.500
1	170371	170370					
1	0.74	52.7					
2	200	127.5	17.6	638.000	400.000	543.500	9165.000
2	170371	170370					
2	1.35	54.1					
3	300	42.6	4.6	488.000	377.000	555.000	9163.200
3	170370	161231	0.00220	2.500	50.000	50.000	50.00
3	2.0	50.0	50.000	25.000	5.000	5.000	
3	2.44	59.6					
4	400	174.4	32.000	700.000	374.000	555.000	9164.000
4	161231	161230					
4	1.02	52.8					
5	500	76.3	15.400	637.000	374.000	550.000	9171.000
5	161231	161230					
5	1.71	54.1					
6	600	150.9	23.900	775.000	356.000	564.000	9162.000
6	161230	146361	0.0018	3.000	100.0	50.00	50.000
6	2.0	50.0	50.0	20.000	5.000	5.000	
6	1.75	55.2					
7	700	185.9	37.200	737.000	350.000	555.000	9176.000
7	146361	146360					
7	1.04	52.7					
8	800	128.9	20.700	600.000	377.000	571.500	9153.300
8	153162	153161					
8	1.00	50.3					
9	900	286.3	34.900	700.000	377.000	580.000	9151.500
9	153161	153160					
9	0.93	50.0					

*medida
Cálculo
de sub-bacia*

Curva de nível max.

Curva de nível mínima

*Coordenadas do
Centro de da
sub-bacia*

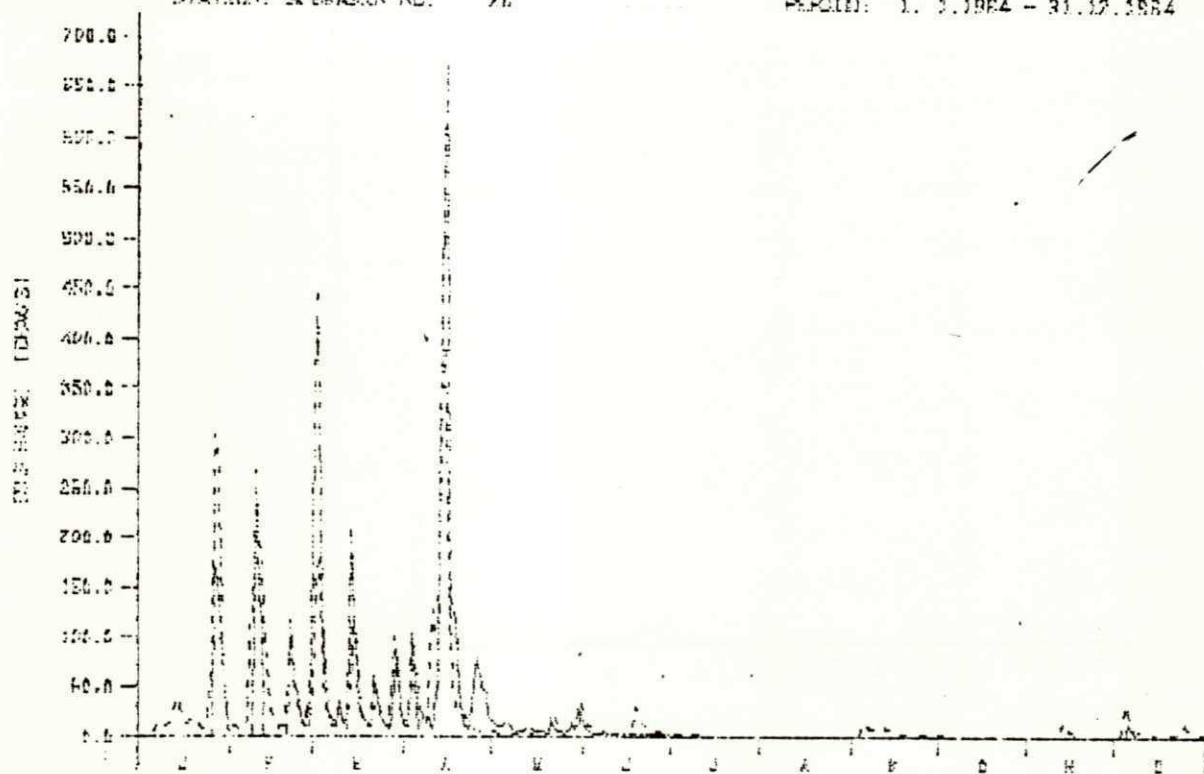
10	1000	28.9	4.500	420.000	380.000	570.500	9163.000
10	153160	146360	0.00400	2.500	50.000	50.000	50.00
10	2.0	50.0	50.000	25.000	5.000	5.000	
10	1.34	55.2					
11	1100	71.2	10.700	400.000	340.000	571.500	9173.500
11	146360	135161	0.00100	4.000	170.000	180.000	180.00
11	4.0	75.0	75.000	30.000	5.000	5.000	
11	0.56	59.6					
12	1200	181.2	24.400	650.000	340.000	565.000	9180.000
12	135161	135160					
12							
12	1.27	50.0					
13	1300	110.2	10.300	350.000	300.000	579.000	9177.500
13	135160	117790	0.0023	4.000	170.000	200.000	200.000
13	4.0	100.0	100.00	35.000	5.000	5.000	
13	0.48	59.6					
14	1400	219.5	34.600	600.000	300.000	576.500	9188.500
14	117792	117791					
14							
14	0.87	58.8					
15	1500	186.5	24.100	530.000	300.000	586.500	9171.000
15	117791	117790					
15							
15	0.99	58.8					
16	1600	112.6	9.200	357.000	290.000	592.000	9184.500
16	117790	99390	0.00050	4.500	180.000	250.000	250.00
16	5.0	100.0	100.000	40.000	5.000	5.000	
16	0.73	59.6					
17	1700	98.9	19.400	550.000	290.000	586.500	9191.500
17	99391	99390					
17							
17	1.34	57.4					
18	1800	191.0	10.600	400.000	285.000	599.000	9196.000
18	99390	78370	0.00050	5.000	200.000	300.000	300.00
18	5.0	100.0	100.000	40.000	5.000	5.000	
18	1.08	57.4					
19	1900	237.4	34.800	1000.000	430.000	591.000	9154.000
19	121222	121221					
19							
19	1.64	57.5					
20	2000	184.8	30.200	750.000	430.000	599.000	9154.000
20	121221	121220					
20							
20	1.06	58.8					
21	2100	158.7	9.300	450.000	290.000	598.500	9172.000
21	121220	95370	0.00540	2.500	100.000	150.000	150.000
21	4.0	100.0	100.000	35.000	5.000	5.000	
21	1.71	59.6					
22	2200	325.3	34.100	750.000	400.000	610.000	9153.500
22	121372	121371					
22							
22	1.03	57.4					

23	2300	529.8	39.100	770.000	400.000	626.500	9165.000
23	121371	121370					
23							
23	0.95	57.0					
24	2400	294.0	33.800	400.000	295.000	611.000	9174.000
24	121370	95370	0.0042	3.000	150.000	150.000	150.000
24	4.0	100.0	100.0	35.000	5.000	5.000	
24	0.31	57.0					
25	2500	166.4	16.200	350.000	260.000	608.200	9187.500
25	95370	78370	0.00060	3.000	200.000	300.000	300.00
25	5.0	100.0	100.000	40.000	5.000	5.000	
25	0.43	57.4					
26	2600	172.5	17.900	360.000	260.000	615.000	9195.500
26	78370	64280	0.00210	6.00	250.00	300.00	300.00
26	5.0	100.0	100.0	40.00	5.00	5.00	
26	0.56	57.4					

RESULTADOS GRÁFICOS DA SIMULAÇÃO CONTINUA

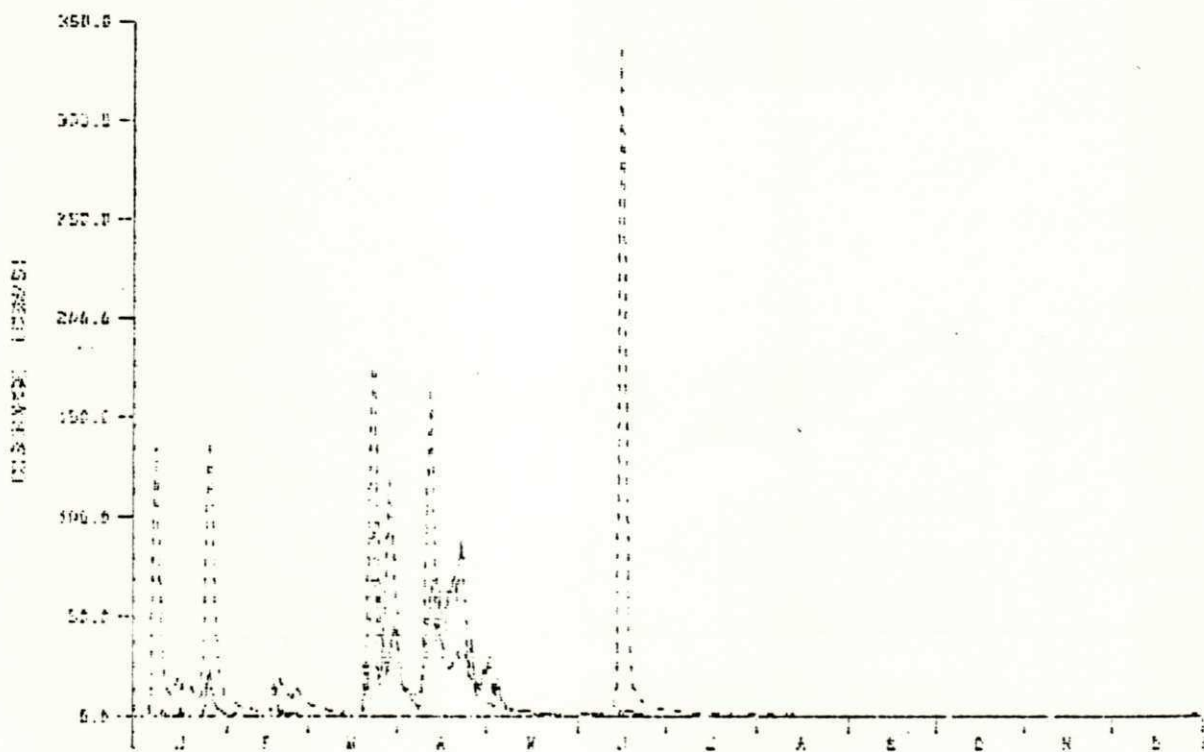
STATION: SUBSTATION NO. 26

PERIOD: 1. 1.1964 - 31.12.1964



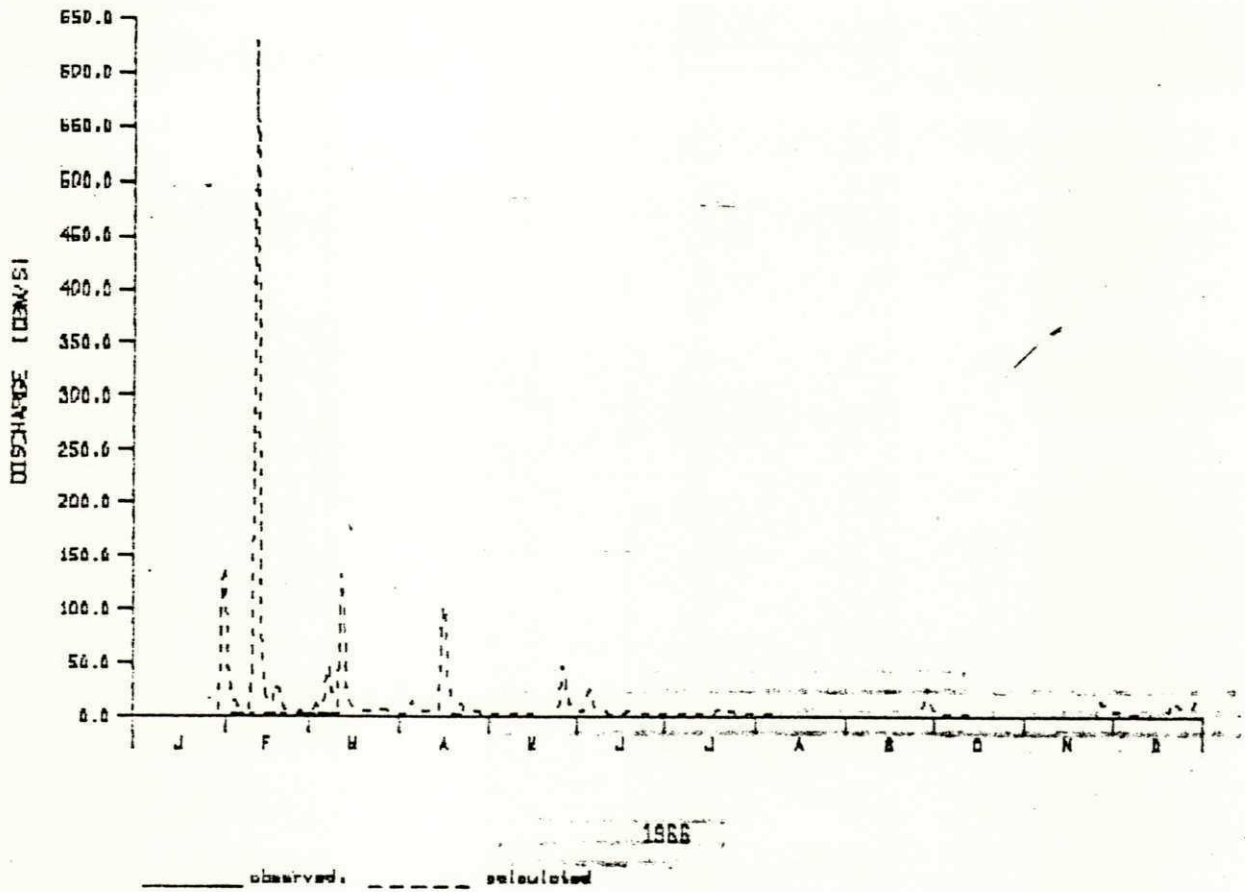
STATION: SUBSTATION NO. 26

PERIOD: 1. 1.1965 - 31.12.1965



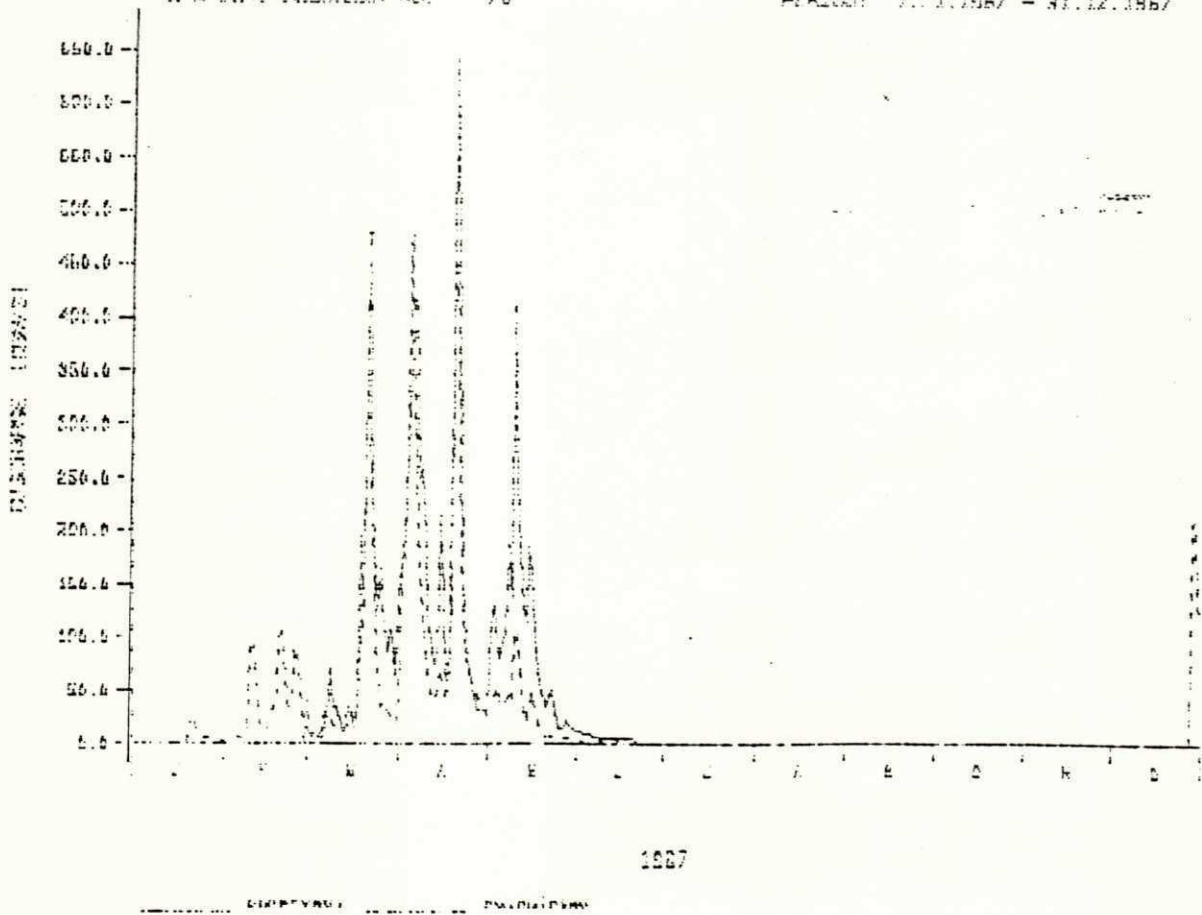
STATION: SUBBASIN NO. 26

PERIOD: 1. 1.1966 - 31.12.1966



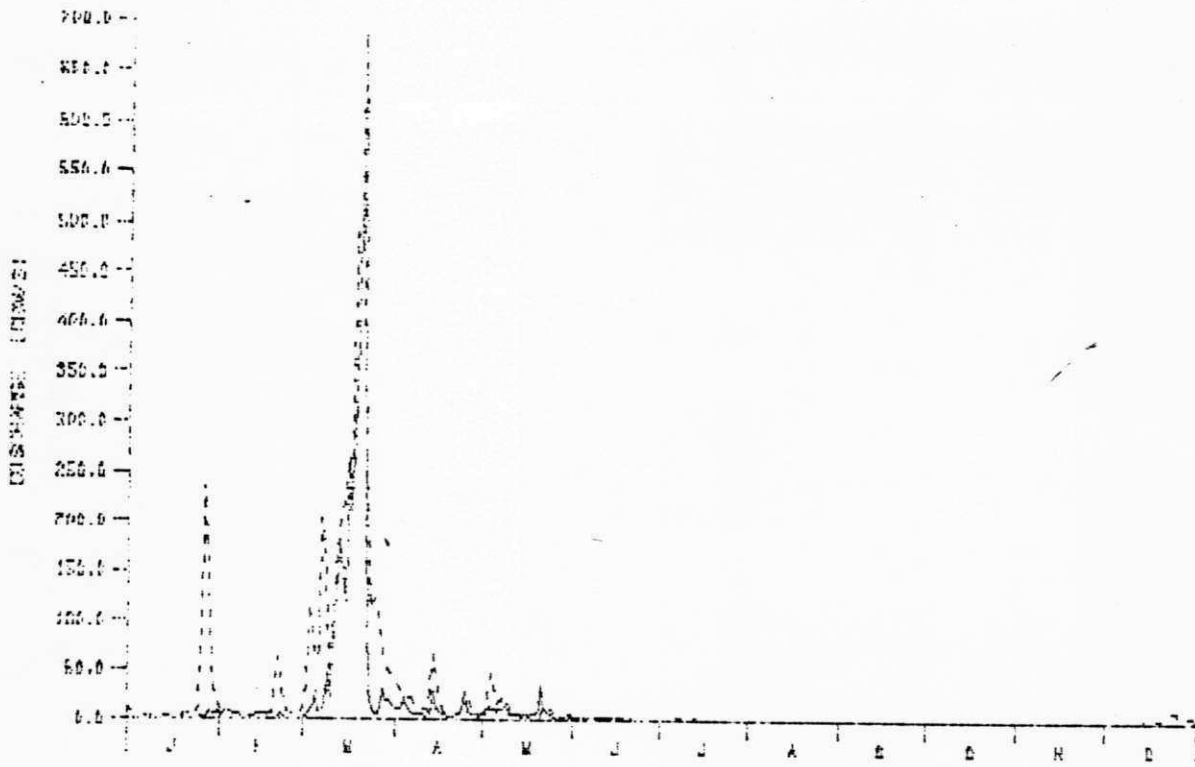
STATION: SUBBASIN NO. 26

PERIOD: 1. 1.1967 - 31.12.1967



STATION: SUBSTATION NO. 20

PERIOD: 1. 1. 1985 - 31. 12. 1987

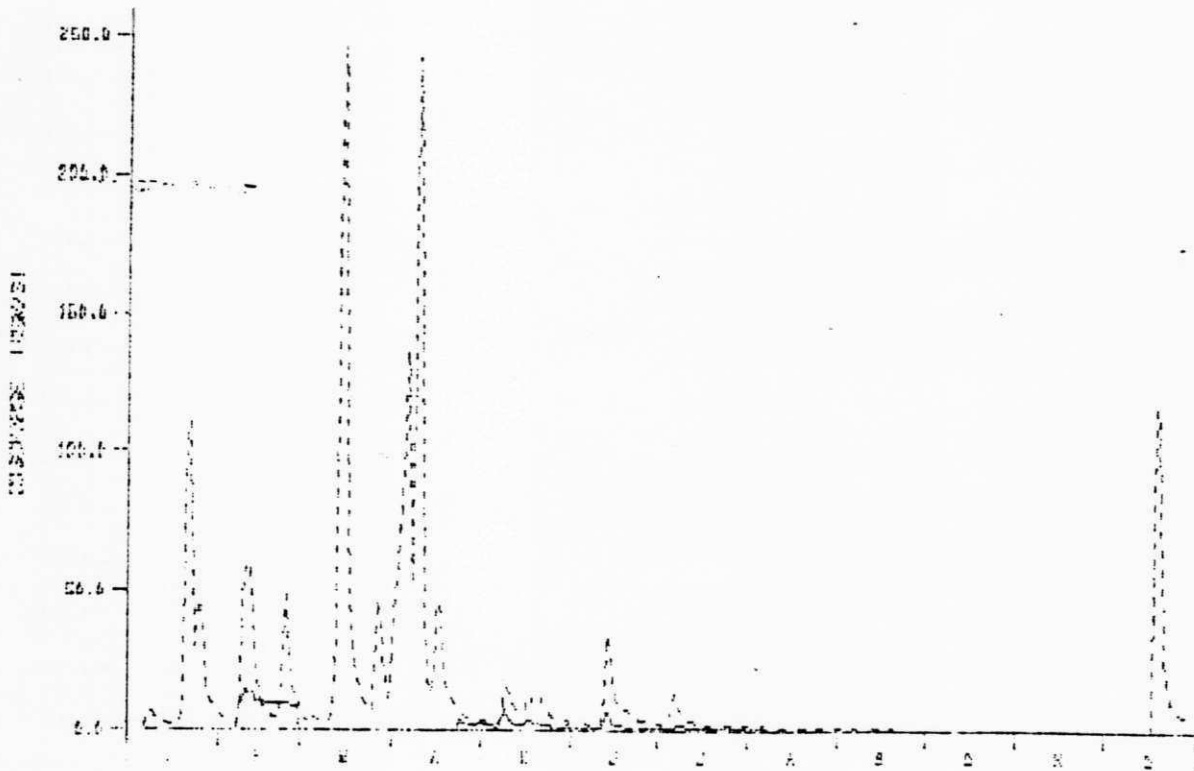


1988

----- observed ----- calculated

STATION: SUBSTATION NO. 20

PERIOD: 1. 1. 1988 - 31. 12. 1988

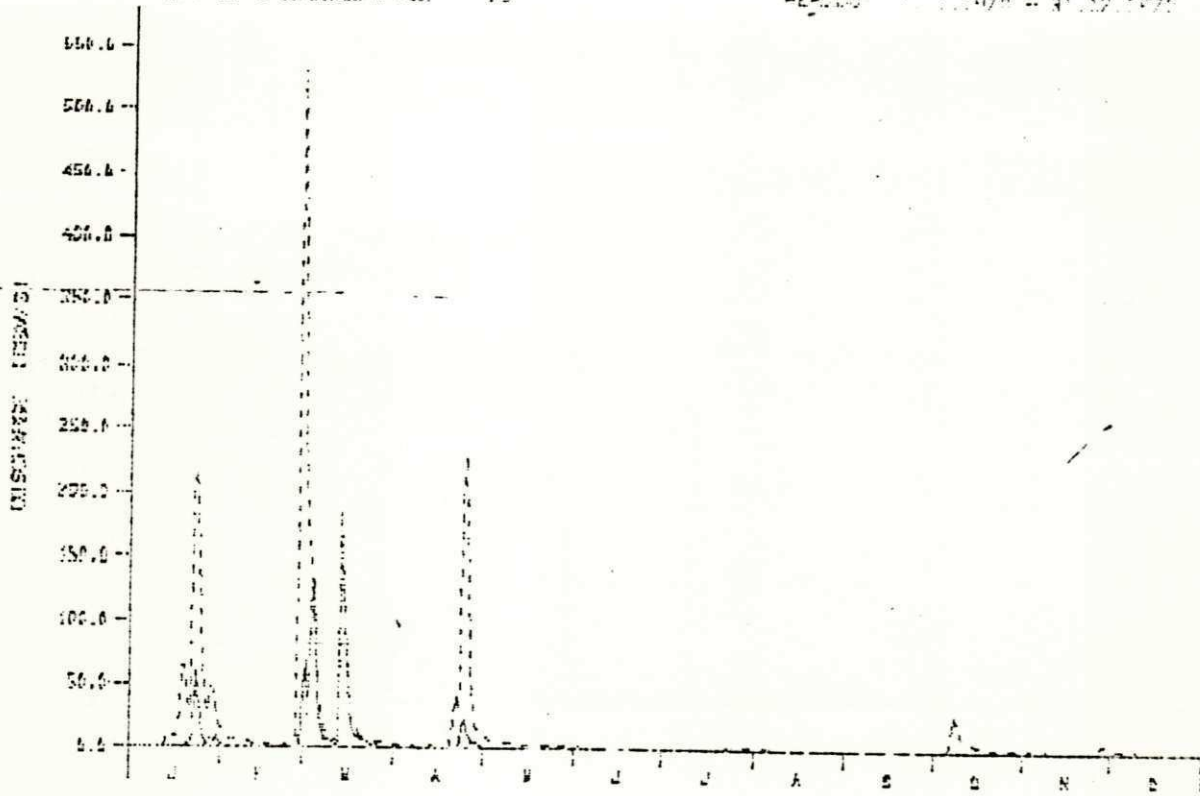


1989

----- observed ----- calculated

STATION: SUBSTATION NO. 20

PERIOD: 1. 1. 1970 - 31. 12. 1970

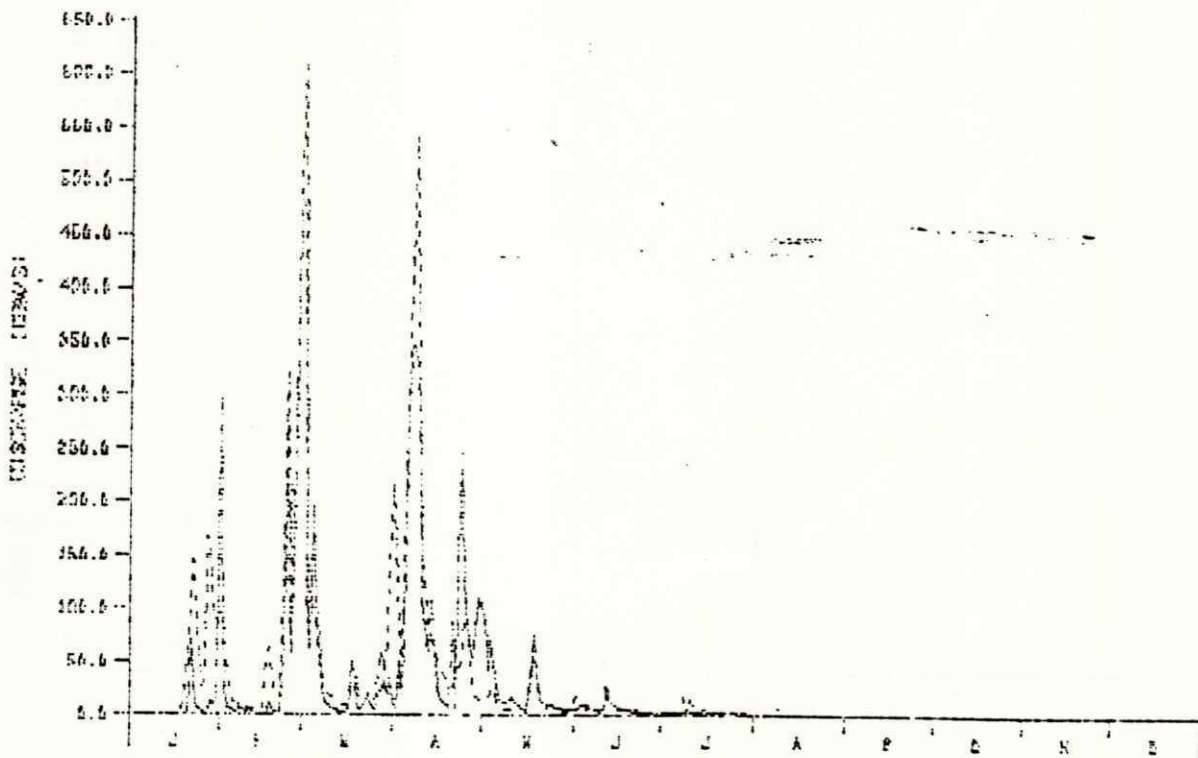


1970

----- CONNEVER ----- MISURARE

STATION: SUBSTATION NO. 20

PERIOD: 1. 1. 1971 - 31. 12. 1971

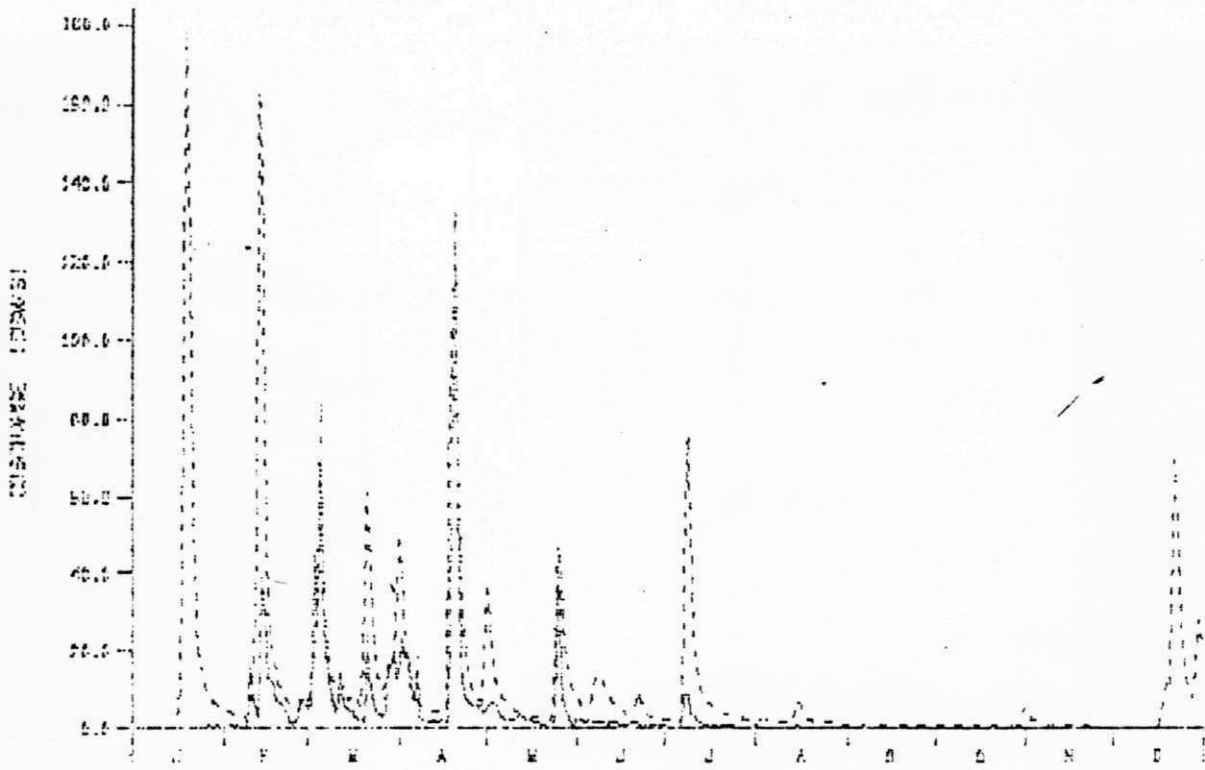


1971

----- CONNEVER ----- MISURARE

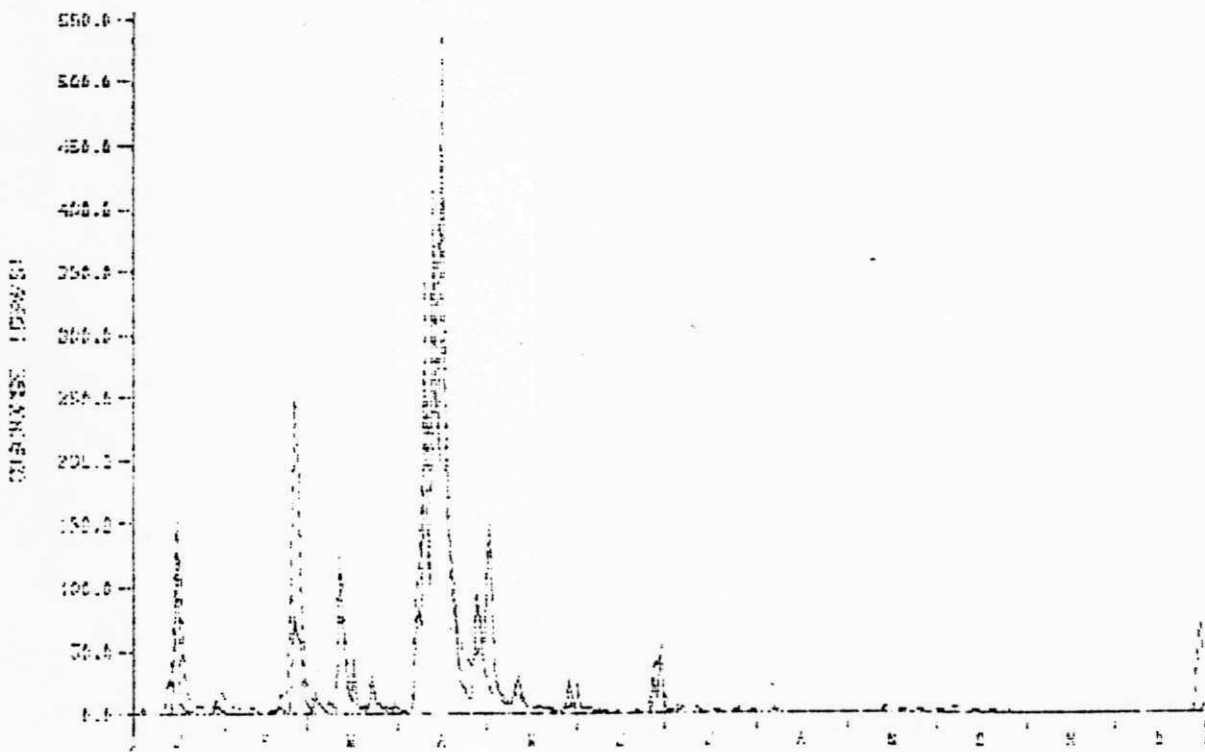
STATION: SUBSTATION NO. 26

PERIOD: 1. 1. 1972 - 31. 12. 1972



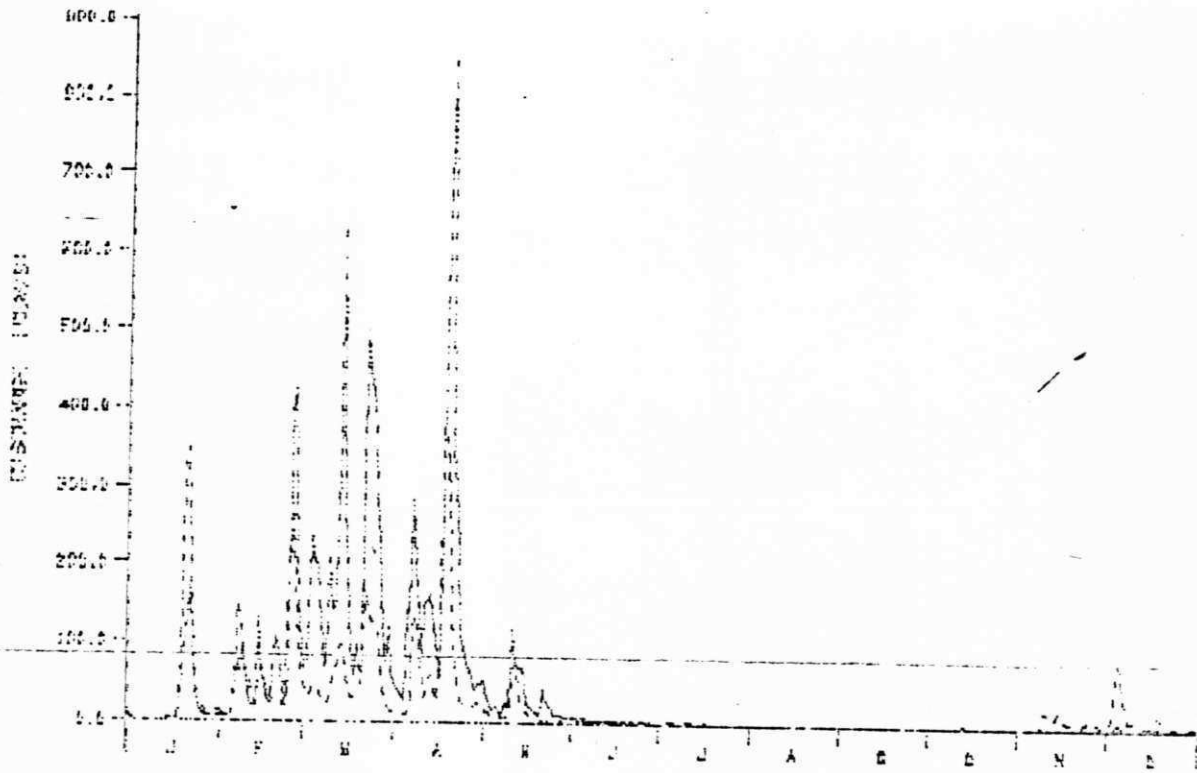
STATION: SUBSTATION NO. 26

PERIOD: 1. 1. 1973 - 31. 12. 1973



STATION: SUBBASE NO. 20

PERIOD: 1. 1.1974 - 31.12.1974

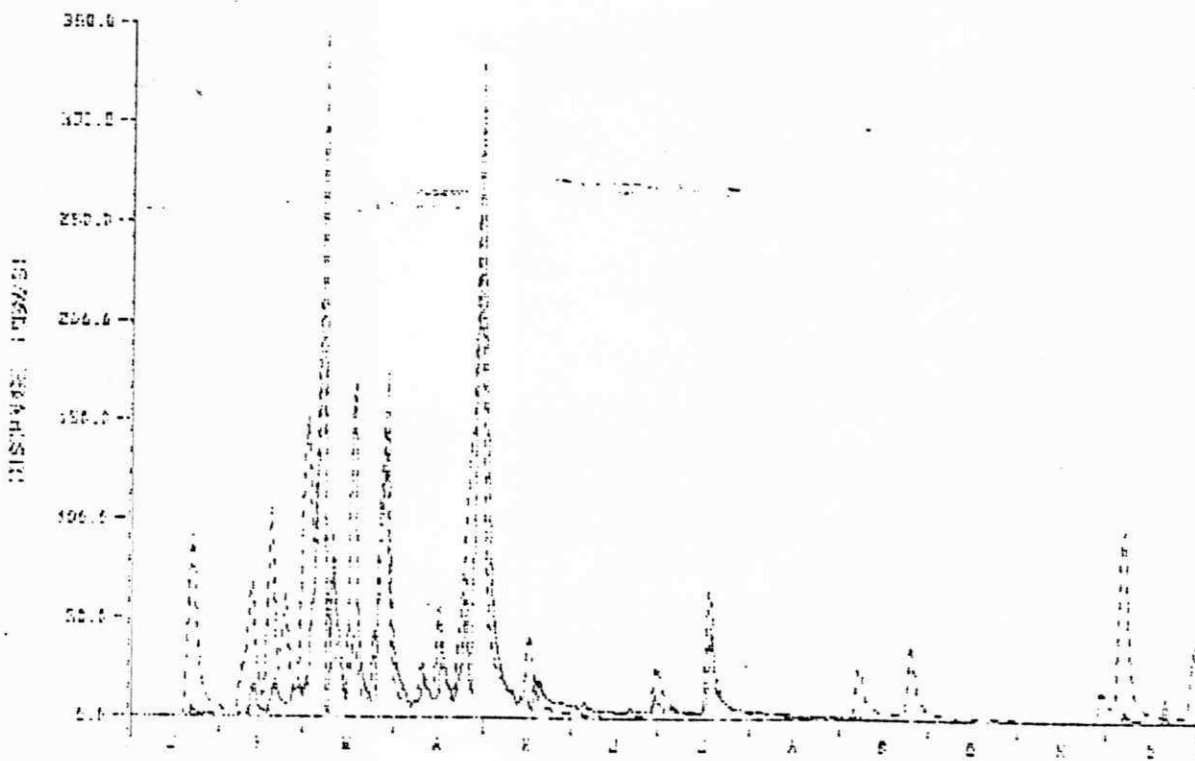


1974

----- OBSERVED ----- CALCULATED

STATION: SUBBASE NO. 20

PERIOD: 1. 1.1975 - 31.12.1975

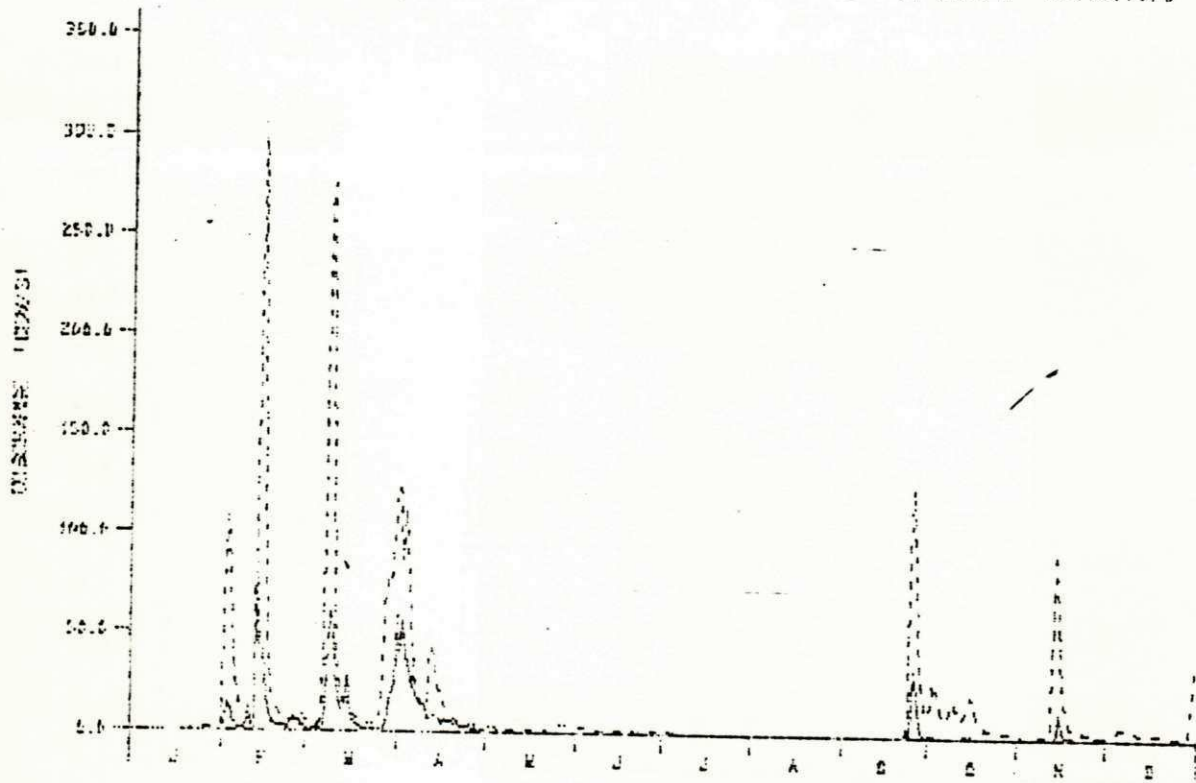


1975

----- OBSERVED ----- CALCULATED

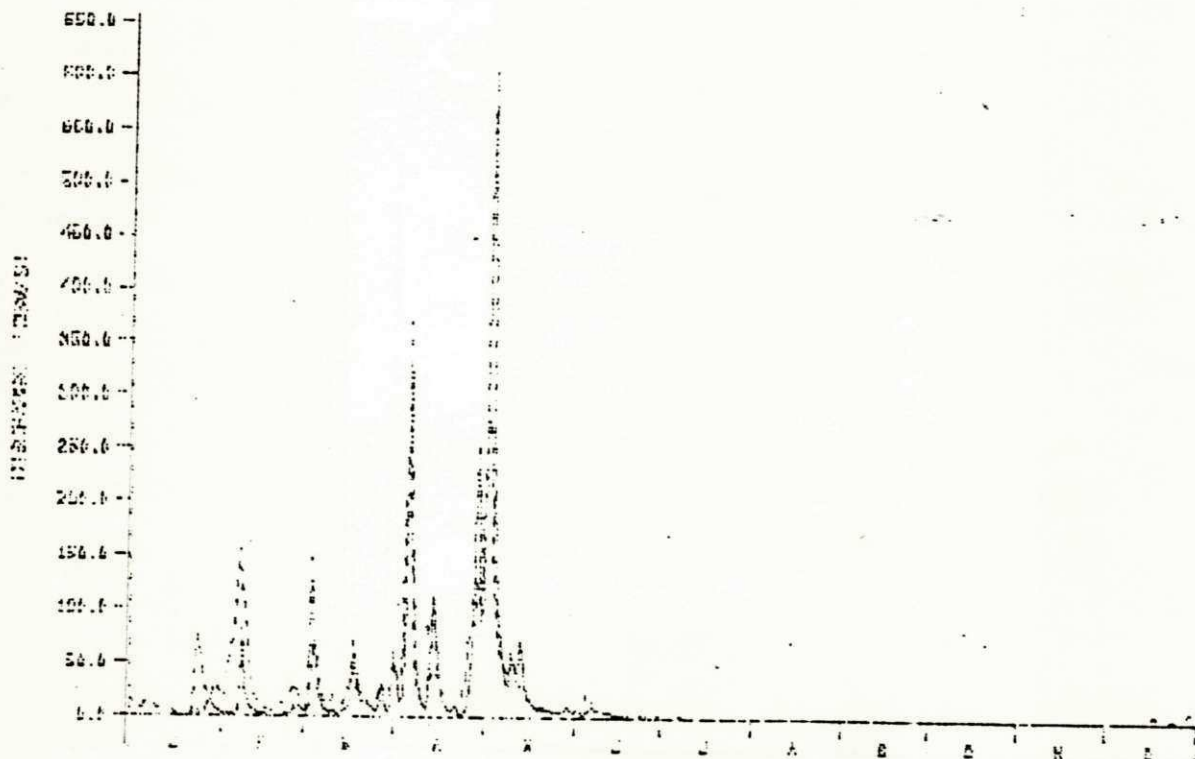
STATION: SUBBASIN NO. 20

PERIOD: 1. 1.1976 - 31.12.1976



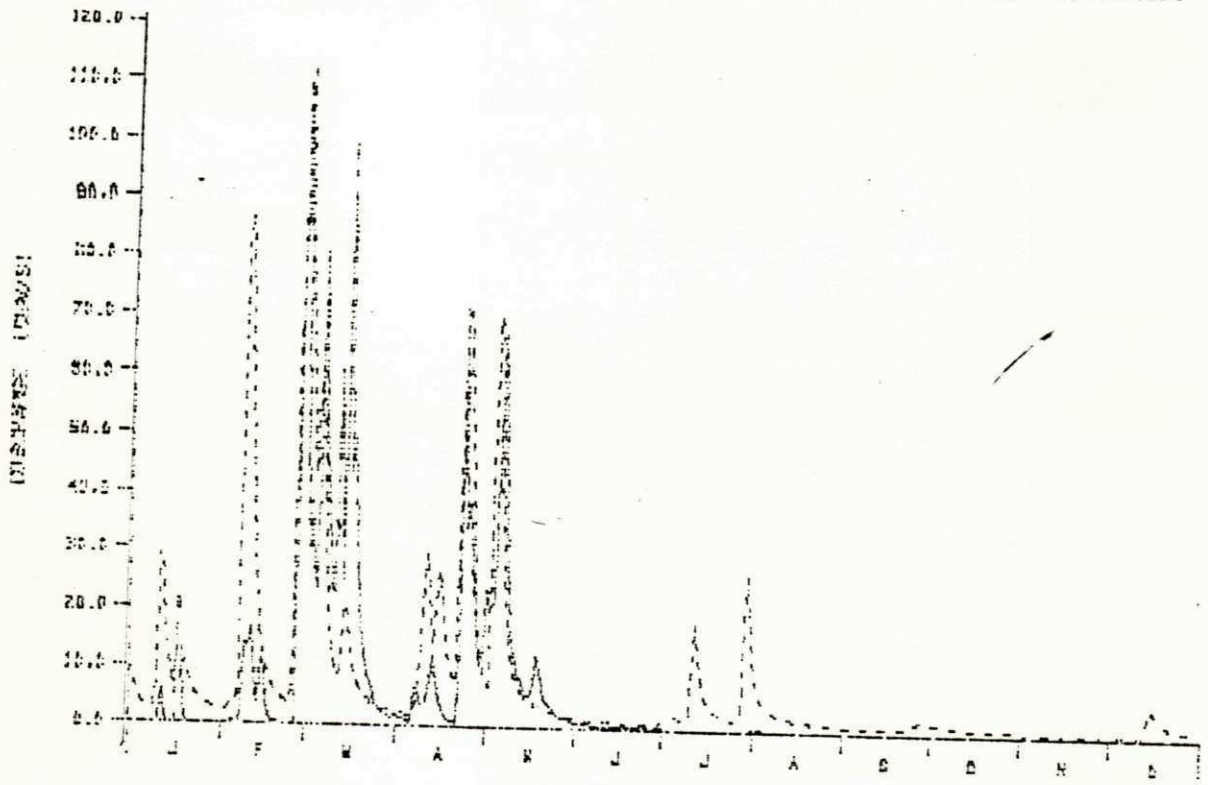
STATION: SUBBASIN NO. 20

PERIOD: 1. 1.1977 - 31.12.1977



STATION: SUBDASH NO. 20

PERIOD: 1. 1.1978 - 31.12.1978

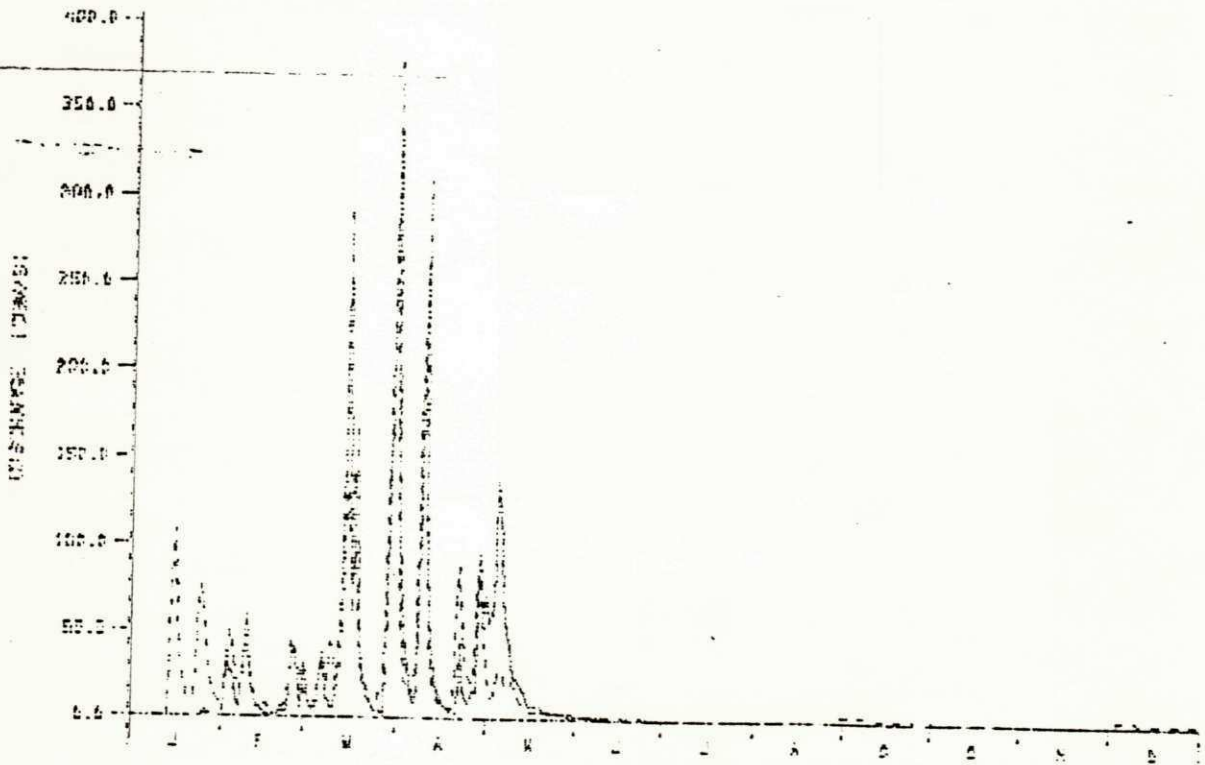


1978

----- OBSERVED ----- CALCULATED

STATION: SUBDASH NO. 20

PERIOD: 1. 1.1979 - 31.12.1979

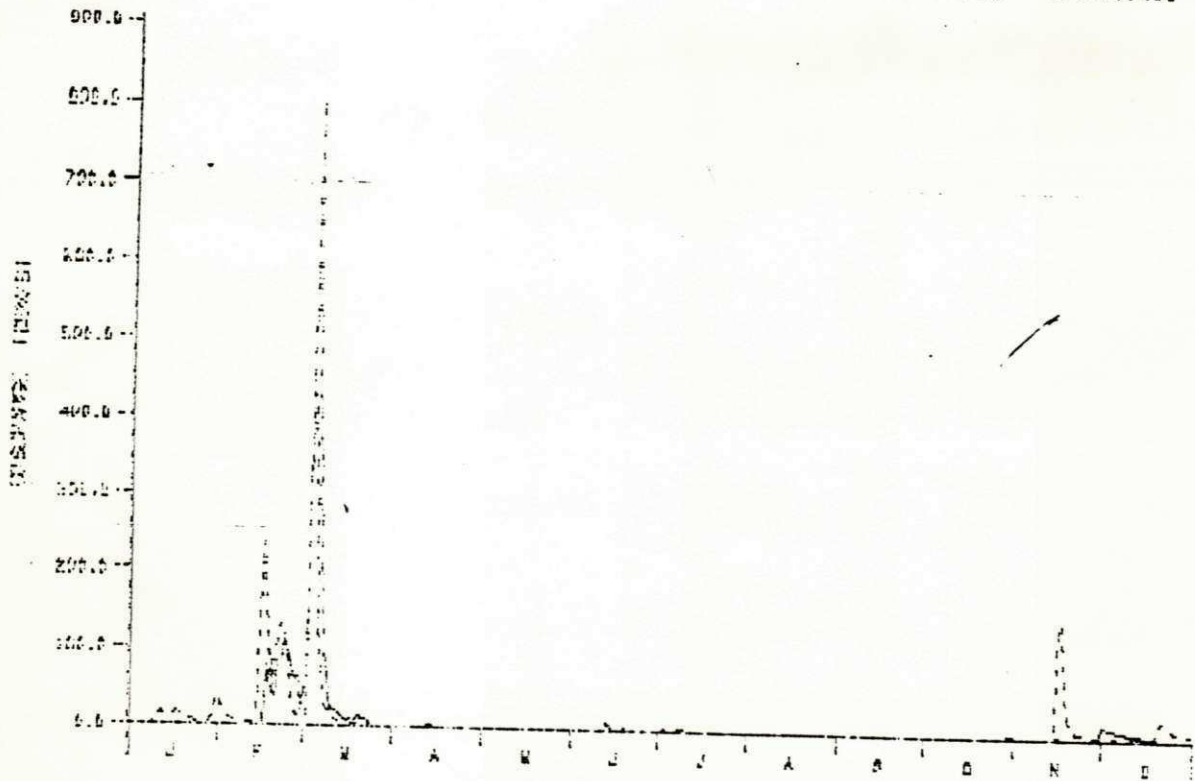


1979

----- OBSERVED ----- CALCULATED

STATION: SADRASIN NO. 26

PERIOD: 1. 1. 1980 - 31. 12. 1980

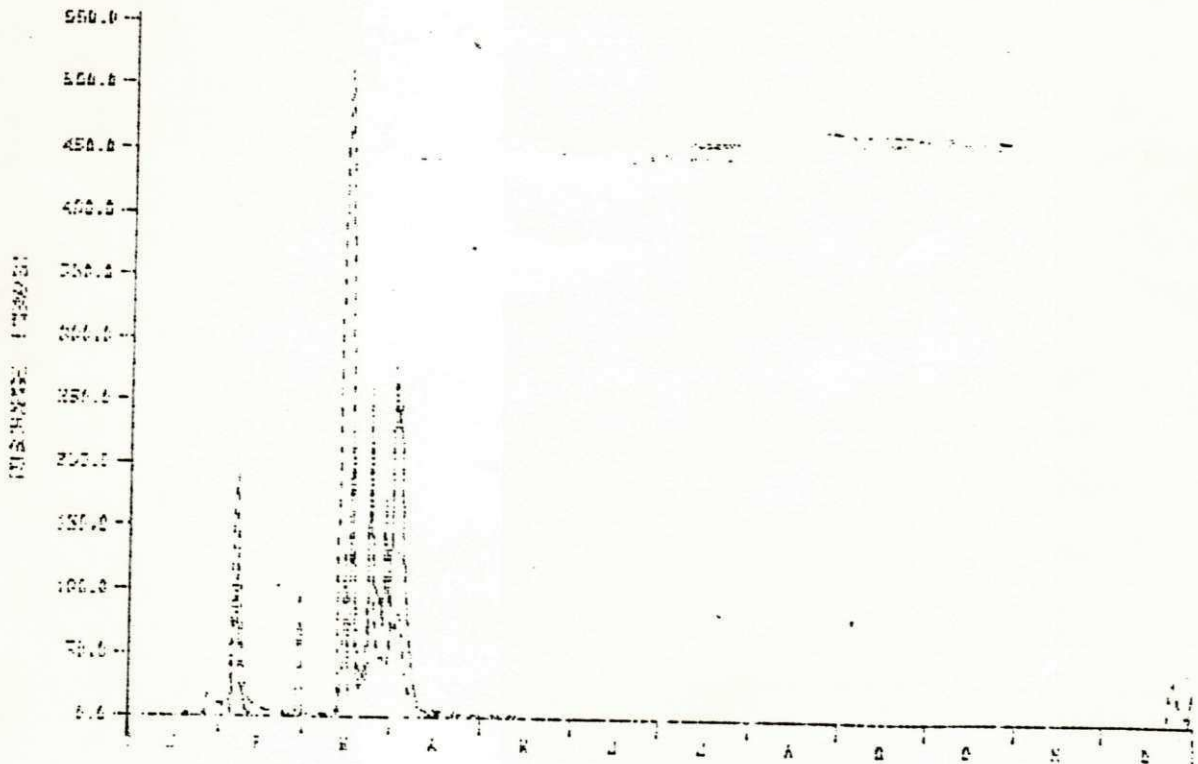


1980

----- OBSERVED ----- ESTIMATED

STATION: SADRASIN NO. 26

PERIOD: 1. 1. 1981 - 31. 12. 1981



1981

----- OBSERVED ----- ESTIMATED