

SIMULAÇÃO HIDROMETEOROLÓGICA DE FONTES DA ESTÂNCIA DE ÁGUAS DA PRATA (SP)

MERO, F.*, SZIKSZAY, M.** e TEISSEDRE, J-M.***

ABSTRACT In this paper a short description is given on a Hydro-Meteorological simulation process applied on 3 Springs of the Estância de Águas da Prata (SP).

The simulation of the various phases of the Hydrologic cycle, using daily rainfall and potential evaporation as the dynamic input and various physical or empirical basin parameters, yields a continuous daily discharge series, together with the corresponding flux of the rain-water passing through the non-saturated and the fully saturated soil and/or rock layers (or aquifers).

The daily rainfall data were obtained from the C3-34 (FEPASA/CTH) rainfall station and the spring discharges were measured once a month during the period 18/4/1978—7/4/1979.

The results of the simulation, which show a good approximation of the observed, discrete measurements, yield the following information:

Name	Outcrop Area (Ha)	Average Discharge m ³ /Yr	Average Dynamic Storage m ³	Average Recharge mm/Yr
Fonte Platina:	2.23	210.000±15%	416.000	800
Fonte Vitória:	0.34	35.000±25%	18.600	850
Fonte do Boi:	0.12	15.000±35%	6.500	780

Where: First Column : Name of Spring;

Second Column: Recharge Area (in Ha) of Spring Aquifer, estimated from the water balance analyses;

Third Column : Average annual discharge and deviations in m³/year;

Fourth Column: Average volume of water in dynamic storage in aquifer;

Fifth Column : Average annual recharge in mm.

INTRODUÇÃO No presente trabalho, tenta-se mostrar o correlacionamento existente entre a chuva, a recarga e a vazão de 3 fontes da Estância de Águas da Prata (SP). Com essa finalidade foi aplicado um modelo matemático, utilizando parâmetros, tais como a precipitação atmosférica, vazão das fontes e a litologia.

O comportamento hidráulico-hidrológico de fontes naturais é, geralmente, analisado em termos estatísticos, calculados por correlações entre a chuva e a vazão.

Neste trabalho, tenta-se mostrar uma outra metodologia que permite a avaliação mais direta de vários parâmetros físicos e empíricos que regulam os fenômenos de recarga das camadas de solos saturados (ou aquíferos) e dos fluxos subterrâneos principais.

Na aplicação prática, estão apresentados os resultados de simulação diária de vazões e recarga subterrânea em vários níveis do sistema de aquíferos (não saturados ou saturados). Essa simulação baseia-se na chuva diária como fator dinâmico positivo e na evaporação como única perda do sistema que alimenta a fonte.

O modelo básico é bastante conhecido e já foi aplicado para estudos semelhantes (Mero, 1958, 1963, 1965 e 1969).

Essa nota é preliminar a um trabalho sobre as origens das águas das fontes da Estância de Águas da Prata. Para essa correlação foram selecionadas três fontes entre as oito estudadas, por causa da litologia bastante diferente das surgências e das boas condições de medida de vazão.

Os dados de entrada necessários para este estudo foram obtidos do Posto Pluviométrico C3-34 (convênio FEPASA — CTH — Águas da Prata) e de observações das vazões efetuadas através de medidas mensais, entre o dia 18 de abril de 1978 e o dia 7 de abril de 1979. Os dados da evaporação adotados foram baseados nos valores médios de 10 em 10 dias, estimados através das observações meteorológicas na região.

CONTEXTO GEOLÓGICO A região de Poços de Caldas situa-se geologicamente nos limites da bacia se-

* TAHAL, Consulting Engineers Ltd. TelAviv — Israel.

** Instituto de Geociências, USP — São Paulo — Brasil.

*** CETESB, São Paulo — Brasil.

dimentar do Paraná e dos contrafortes da Serra da Mantiqueira.

O maciço alcalino de Poços de Caldas estende-se por 800 km² e é considerado um dos maiores complexos vulcânicos formados exclusivamente por rochas nefelínicas. O maciço está encaixado entre granito e gnaiss e é constituído principalmente por rochas nefelínicas, tinguaítos e foiaítos, possuindo no seu interior rochas anteriores à intrusão alcalina. São sedimentos e rochas vulcânicas formadas por tufos, brechas, aglomerados e lavas ankaratríticas.

A região da Estância de Águas da Prata situa-se na borda ocidental do Planalto de Poços de Caldas, sendo

que a cidade de Águas da Prata se encontra circundada pelo dique anelar do tinguaíto, a oeste, e pela escarpa acentuada de rochas clásticas a leste. O maior afloramento dessa rocha clástica ocorre logo na saída do perímetro urbano, no Vale do Quartel, constituindo um pacote de mais de 100 m de espessura.

Além disso, observam-se afloramentos de rochas de origem vulcânica, brechas e tufos, geralmente associados a arenitos.

As principais fontes dos arredores da cidade de Águas da Prata pertencem a esse conjunto de rochas ígneas e de rochas clásticas (Fig. 1).

MAPA GEOLÓGICO DE ÁGUAS DA PRATA

Fonte: J. Bittencourt e P. Taltasse - IG - USP - 1972

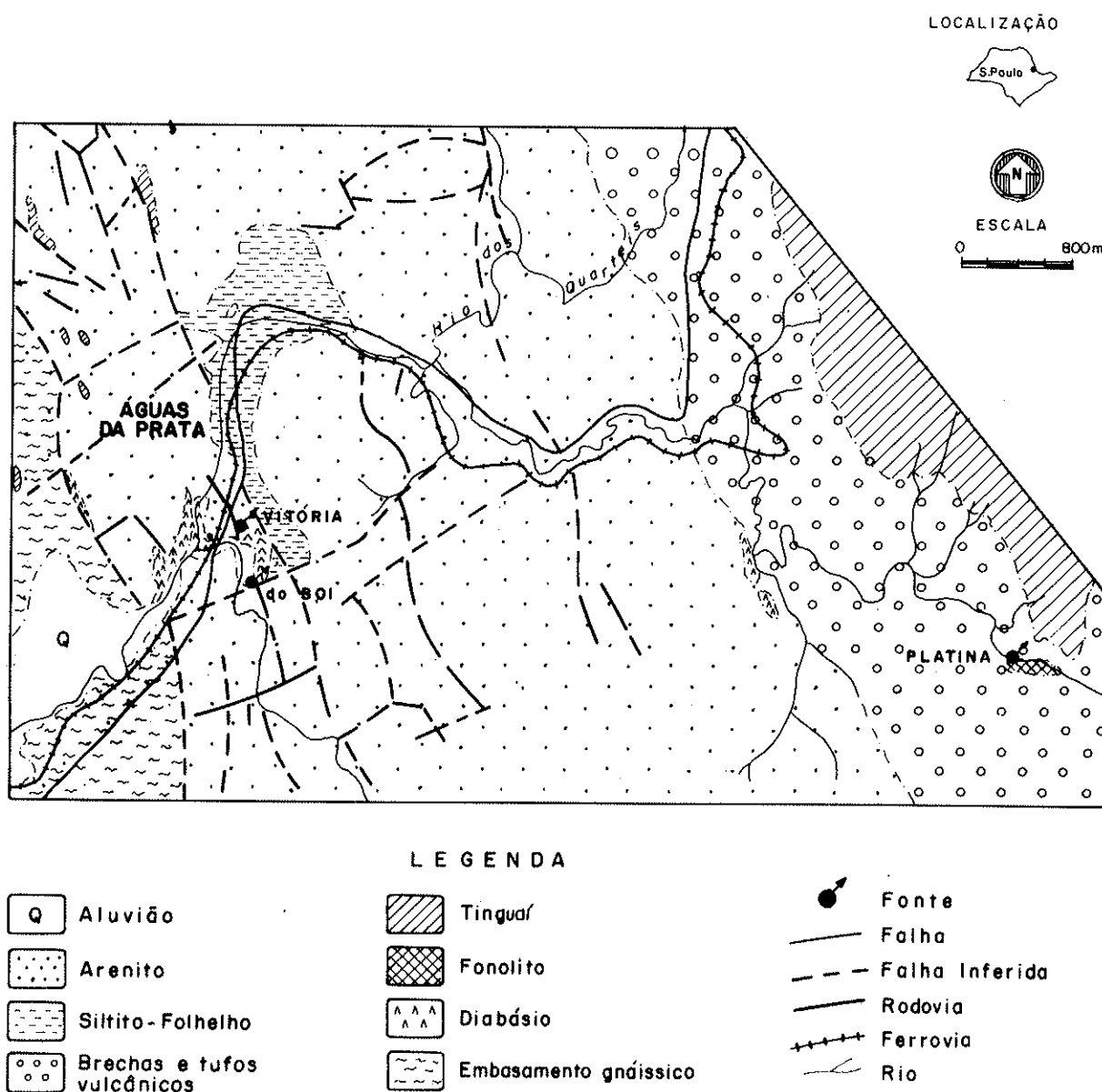


Figura 1 — Mapa geológico e localização das três fontes

A Fonte Platina surge de uma lente de fonolito, sendo a única fonte encontrada nessa litologia aflorante. O fonolito aparece no fundo do vale de um pequeno córrego e apresenta uma extensão restrita com contatos bem definidos. A nascente está localizada na beira do córrego e é bem provável que a água emergja através de fraturas verticais do corpo de fonolito.

A Fonte do Boi nasce diretamente do paredão de arenito, por intermédio de fraturas. Uma falha de direção SW-NE é responsável pelo deslocamento do bloco dominante de arenito bastante silicificado.

Perto da Fonte do Boi, numa pequena planície aluvionar, dominada a nordeste por uma elevação de diabásio, nasce a Fonte Vitória. A água, surgindo ao pé do maciço de diabásio, parece ter origem profunda, com circulação ascendente responsável por sua mineralização.

ASPECTOS TEÓRICOS Em seguida, estão resumidos os aspectos teóricos aplicados na simulação do ciclo hidrológico diário, cuja seqüência, em fenômenos naturais, é bastante complexa. Entretanto, em princípio, é muito útil o conhecimento integrado dos processos envolvidos no estudo de águas subterrâneas ou surgências de fontes.

Foram feitos extensos estudos sobre as características de descargas de fontes naturais e sua relação com a precipitação e com o nível piezométrico dinâmico do aquífero. Os estudos iniciaram-se com os conceitos sobre o movimento da água no aquífero de acordo com a Lei de Darcy:

$$q = KH \frac{dh}{dx} \quad (1)$$

q = fluxo de água por unidade de largura do aquífero
 K = condutividade hidráulica
 H = profundidade total do fluxo ($H = d' + h$)
 d' = profundidade do fluxo abaixo de "nível zero" da linha de descarga
 h = carga de coluna de água acima da linha de descarga ou "nível zero"
 $\frac{dh}{dx}$ = gradiente de superfície livre de água, ou seu equivalente, à distância x do ponto de descarga.

Por outro lado, aplicando o princípio da conservação, segue-se que o fluxo para fora é igual à variação do armazenamento. Desprezando componentes de fluxo verticais e transversais e admitindo coeficiente de armazenamento (S) uniforme, a descarga pode ser escrita da seguinte forma:

$$\frac{dq}{dx} = S \frac{dh}{dt} \quad (2)$$

Eliminando q da equação 2, uma equação conhecida por "equação diferencial parcial de DUPUIT-FORSCHEIMER" pode ser obtida:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(KH \frac{\partial h}{\partial x} \right) = S \frac{\partial h}{\partial t} \quad (3)$$

C.E. Jacob propôs a solução particular, quando h é pequeno comparado à profundidade total do fluxo H . Colocando $KH = T = \text{cte}$ = transmissividade do aquífero, tem-se:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4)$$

Para condições de contorno:

$h = 0$ em $x = 0$

$x = 2L$ para todos os valores de t

$h = h(x)$ para $t = 0$

Jacob encontrou a solução particular:

$$h(x, t) = \frac{(WL^2)}{2T} \frac{32}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin\left(\frac{n\pi x}{2L}\right) \exp\left(\frac{-n^2\pi T t}{4SL^2}\right) \quad (5)$$

onde:

W = recarga média uniforme

ou ainda:

$$q = -(WL) \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{2} \cos\left(\frac{n\pi x}{2L}\right) \exp\left(\frac{-n^2\pi^2 T t}{4SL^2}\right) \quad (6)$$

A série converge rapidamente, e valores de n mais altos podem ser desprezados (relativos ao primeiro termo $n = 1$). Ainda, por translação do ponto de saída ou "observação" para $x = 0$, a equação 6 pode ser escrita da seguinte forma:

$$q(0, t) = q_0 e^{-t/t_0} \quad (7)$$

onde:

$$-WL \frac{8}{\pi^2} = q_0(0,0) \quad (8)$$

$$\frac{\pi^2 T}{4SL^2} = \frac{1}{t_0} \quad (9)$$

t_0 = tem a dimensão de tempo e caracteriza a depleção do aquífero

A expressão 7 representa a depleção do aquífero para períodos sem recarga, isto é, períodos de estiagem (secos sem eventos de precipitações).

Desta forma, a vazão devido ao aquífero varia exponencialmente:

$$\frac{Q_i}{Q_0} = e^{-it/t_0} \quad (10)$$

Q_i = vazão no instante i

Q_0 = vazão inicial

$i\Delta t$ = tempo decorrido

t_0 = tempo característico de depleção

O tempo característico (t_0) é determinado quando $i\Delta t/t_0 = 1$.

Portanto $\exp(-i\Delta t/t_0) = \exp(-1) = 0,36788$

$$Q(t_0) = 0,36788 Q_0 \quad (11)$$

METODOLOGIA *Objetivo do método de simulação* O objetivo do método de simulação é encontrar uma relação "racional" entre uma determinada sequência de fatos, que gera ou causa outra sequência de fatos. No presente caso, deseja-se determinar as funções de transformação de uma sequência de precipitações em vazões diárias ou recarga do aquífero. Em termos mais gerais, um "modelo simulado" de escoamento, tal como o modelo geo-hidrometeorológico proposto, pode reproduzir uma sequência de escoamento diário, observada a partir de dados de chuva e evaporação. Isso é válido se a entrada precedente (precipitação diária), juntamente com as características da bacia e os "fatores regularizadores" da descarga (ou parâmetros), forem adaptados corretamente. O modelo de simulação e os parâmetros deduzidos que regulam os processos de transformação da precipitação para a descarga podem servir, após a "calibração" destes parâmetros, como um instrumento útil para reproduzir as descargas originalmente observadas e para a simulação sobre períodos não observados, sob condições variáveis. Assim, com base num período mais longo de uma série de chuvas observadas, pode ser obtida uma série sintética de vazões, reconstituindo séries históricas, ou gerando estocasticamente séries sintéticas de vazões (Fig. 2). Em muitos casos, a exatidão de dados sintéticos pode estar mais próxima da realidade do que os "observados", especialmente se os dados hidrométricos forem poucos ou de qualidade duvidosa. A experiência demonstra que, em geral, a exatidão resultante depende, na maior parte, da qualidade dos dados.

Balanço hidrometeorológico de água O modelo simula a parte principal da "circulação" da umidade atmosférica dentro da área de captação (diagrama de blocos da Fig. 3).

Começando pelas ocorrências de precipitação que alcançam a superfície da bacia de um rio, é preciso satisfazer, preliminarmente, a "capacidade de retenção" que compreende o umedecimento das superfícies secas e a água interceptada por vários agentes não contribuintes, tais como árvores, plantas etc. Dessa maneira, antes que a primeira condição seja satisfeita, não ocorrerá nenhuma contribuição à vazão do rio ou recarga dos reservatórios subterrâneos (Fig. 2), até que ocorra excesso de precipitação ($PN > 0$) sobre a interceptação; nos dias sem chuva ($P = 0$ e $U < Ea$) $PN < 0$ e atinge um valor mínimo $PN = -Ea$ ou em geral.

$$PN = P - Ea - (USAT - U)$$

onde

$USAT$ = valor máximo do armazenamento de interceptação (U), que pode ser obtido através da

observação da precipitação e dos hidrogramas de descargas, pela análise sistemática das chuvas diárias e verificando se o valor PN computado é positivo e se um aumento de descarga ocorreu devido à última precipitação (P), depois de um prolongado período seco

U = um valor intermediário: $0 < U < USAT$ (no dia anterior)

Ea = evaporação real diária

P = precipitação diária

Um valor PN negativo indica que a quantidade de chuva não foi suficiente para completar a capacidade total do reservatório de interceptação. No caso extremo (que ocorre durante prolongados períodos de seca), $PN = -Ea$. Quando, ao contrário, PN for positivo, a precipitação líquida fica disponível para o escoamento superficial ($STPR$), umedecimento do solo ($L1$ e $L2$) e alimentação dos lençóis subterrâneos (GW e $GWPR$). Essa sequência dos processos é demonstrada por meio do diagrama de blocos (Fig. 3).

As descargas diárias da fonte natural são compostas, principalmente, por contribuições das águas armazenadas nos vários lençóis permeáveis (ou fissurados), isto é, pelo volume de água armazenada em cada um dos reservatórios. Calcula-se da seguinte maneira:

— a equação da vazão generalizada em período de estiagem (Mero, 1969; ENCO/DAEE, 1974):

$$Q_i = \sum_{j=1}^n Q_{i,j} = \sum_{j=1}^n Q_{0,j} \exp(-i\Delta t/t_{0,j}) \quad (12)$$

O volume da reserva ativa pode ser calculado em cada instante i , por integração da expressão 12, entre o tempo i até o ∞ :

$$V_i = \sum_{j=1}^n \int_i^{\infty} Q_{i,j} \exp(-i\Delta t/t_{0,j}) dt \quad (13)$$

ou

$$V_i = \sum_{j=1}^n Q_{0,j} * t_{0,j} \quad (14)$$

em caso de ocorrência de recarga:

$$V_{i+1} = \sum_{j=1}^n (V_{i,j} + \Delta V_i) \quad (15)$$

onde:

$Q_{0,j}$ = vazão "inicial" no tempo $i = 0$

Q_i = vazão no instante $i\Delta t$

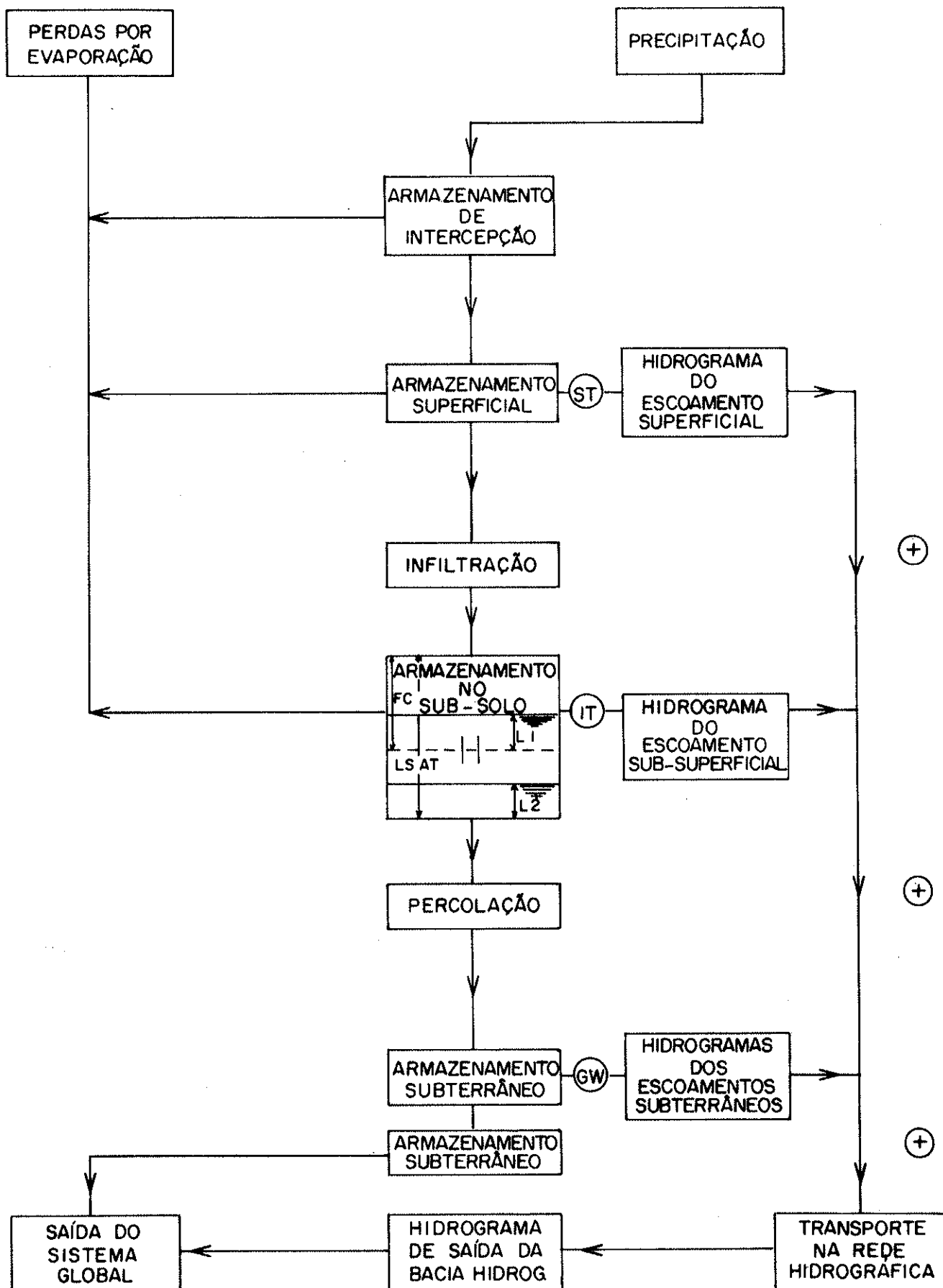


Figura 2 — Diagrama de sistema hidrológico com os componentes do armazenamento

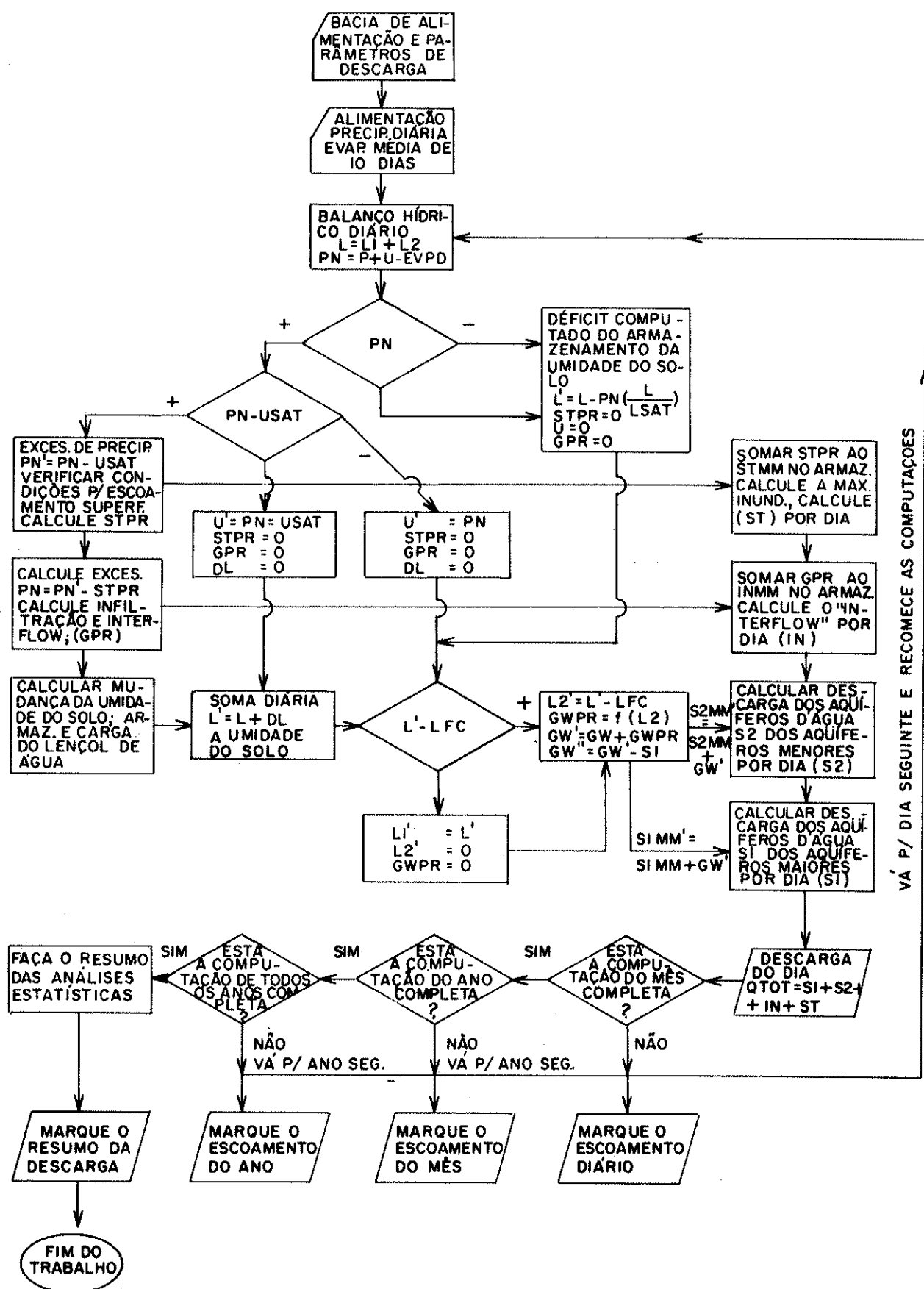


Figura 3 — Diagrama de blocos de balanços hidrometeorológicos diários para bacias superficiais e aquíferos

$t_{0,j}$ = semelhante ao definido na equação 9, corresponde ao tempo característico de depleção do aquífero j , ou seja:

$t_{0,1}$ = corresponde ao aquífero com uma área de captação (recarga) A_1 (aquífero principal)

$t_{0,2}$ = corresponde ao aquífero secundário com uma área de recarga A_2

$t_{0,3}$ = unidade de tempo de depleção característica do armazenamento hipodérmico com uma área semi-permeável ou semelhante A_3

$V_{i,j}$ = corresponde aos volumes de água em estocagem no aquífero " j " no instante i

$\Delta V_{i,j}$ = corresponde a recarga efetiva no instante i no aquífero " j ", ou seja:

$$\Delta V_{i,j} = A_j * GW_i \quad (16)$$

GW_i = recarga que atinge o aquífero no instante i , após o processo lento da infiltração através da camada de solo parcialmente saturada. A condição de filtração de água no solo é que as forças gravitacionais sejam maiores que as forças de sucção capilar do solo. Essa condição acontece quando, após uma chuva, há um excesso de PN positiva infiltrando na faixa não saturada do solo (L),

se

$$L > FC \rightarrow L_2 = L - FC \quad (17)$$

onde

L = valor em mm de umidade do solo

FC = capacidade de campo aqui definida como o limite entre regime capilar e gravitacional no subsolo

L_2 = valor em mm da água em estocagem "gravitacional" disponível a ser recarregada ($GW_i = f(L_2, L, FC, K')$)

K' = valor em mm/dia da infiltração limitante no solo saturado, ou seja $K' = CL_2 * (LSAT - EC)$

CL_2 = coeficiente

APLICAÇÃO DO MODELO No estudo apresentado sobre as três fontes, foram obtidos os dados de partida, ou seja, as medidas de vazão discreta de cada uma, apresentadas na Tab. 1.

As análises efetuadas, seguindo os princípios já descritos, forneceram os parâmetros resumidos na Tab. 2. Na simulação foram aplicadas as séries de chuva diária do Posto Pluviométrico C3-34 e dados de evaporação da região.

Das análises dos parâmetros, aparecem as características de cada uma das fontes. Por exemplo, no caso da Fonte Platina, os valores de A_1 e $T_{0,1}$, caracterizando a extensão geométrica e a difusibilidade ou o tempo característico do aquífero principal, são 25 vezes e 3 vezes maiores que os valores respectivos da Fonte do Boi. Os efeitos dessa diferença podem ser visualizados no gráfico da Fig. 4, onde foram desenhados os valores si-

mulados e os observados da vazão. No caso da Fonte do Boi, observou-se uma resposta rápida à chuva, com uma participação de águas superficiais de cerca de 30% da área total. Esse fato explica a variação rápida da vazão, após os períodos de chuva mais intensa. Ao contrário, as águas da Fonte Platina têm características bem atenuadas, o que indica circulação de águas mais profundas, sendo a contribuição dos componentes superficiais insignificante. A Fonte Vitória apresenta características intermediárias.

Os resultados da simulação e dos balanços hídricos calculados pelo modelo matemático MM1 estão tabulados mensalmente em forma resumida como segue.

CONCLUSÃO Apesar do pequeno número de observações disponíveis, foi possível analisar as vazões e suas características com bom êxito.

A simulação mostra um bom ajuste entre os valores observados e simulados no mesmo dia. Isso indica a validade dos parâmetros físicos interpretáveis como representativos do comportamento hidrodinâmico de cada uma das três fontes.

De acordo com as análises efetuadas nas três fontes, pode-se comparar os valores relativos de três tipos de áreas de afloramento, associados aos respectivos tempos característicos de depleção (Tab. 2). Nessa comparação, as proporções das respectivas áreas entre si, e comparados com as áreas totais, explicam as variações de fluxo bastante irregulares no caso da Fonte do Boi e bastante regulares no caso da Fonte Platina. A razão disso é, provavelmente, devida ao contexto geológico, ao trajeto do fluxo subterrâneo e à extensão e importância volumétrica do aquífero contribuidor. A equação 2 explica a relação entre a variação de vazão no tempo e a variação da pressão hidrostática da camada saturada. Então, um valor maior do "tempo característico" $t_{0,j}$ indica um sistema de armazenamento maior e também é responsável pelo amortecimento das variações diárias e sazonais da vazão (ver equações 7, 8 e 9).

Os valores médios de volume de água em armazenamento dinâmico são da ordem seguinte:

Fonte do Boi	cerca	6.500 m ³
Fonte Vitória	cerca	18.600 m ³
Fonte Platina	cerca	416.000 m ³

o que significa que, em média, uma quantidade da ordem indicada está armazenada no lençol, regularizando a proporção entre as entradas e as saídas do mesmo, assim como, possivelmente, outros fenômenos como a variação da composição química da água.

Agradecimentos Queremos expressar nossos agradecimentos à Fundação ao Amparo de Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela ajuda financeira.

Tabela 1 — Medida de vazão — Fontes do Boi, Vitória e Platina

Fonte do Boi		Fonte Vitória		Fonte Platina	
Data da Medida	Vazão l/s	Data da Medida	Vazão l/s	Data da Medida	Vazão l/s
26/05/78	0,028	26/05/78	0,112	25/05/78	0,560
24/06/78	0,024	24/06/78	0,080	24/05/78	0,567
12/08/78	0,019	11/08/78	0,067	12/08/78	0,483
2/09/78	0,020	2/09/78	0,077	2/09/78	0,500
30/09/78	0,017	30/09/78	0,045	30/09/78	0,530
21/10/78	0,022	21/10/78	0,063	21/10/78	0,563
18/11/78	0,018	18/11/78	0,062	18/11/78	0,555
16/12/78	0,019	16/12/78	0,061	16/12/78	0,515
27/01/79	0,022	27/01/79	0,087	26/01/79	0,542
17/02/79	0,040	17/02/79	0,073	17/02/79	0,580
17/03/79	0,047	17/03/79	0,074	17/03/79	0,567
7/04/79	0,030	7/04/79	0,083	7/04/79	0,543

Tabela 2 — Resultados do modelo de simulação

Parâmetros	Fonte do Boi	Fonte Vitória	Fonte Platina	Observações
1) Área de afloramento da zona principal de recarga (em ha)	0,08	0,30	2,16	Valores ajustados na fase de calibração
2) Área de afloramento da zona de recarga secundária (em ha)	0,01	0,03	0,06	Valores ajustados na fase de calibração
3) Área semi-permeável (em ha)	0,03	0,01	0,01	Valores ajustados na fase de calibração
4) Área total (em ha)	0,12	0,34	2,23	Valores ajustados na fase de calibração
5) Tempo característico de depleção T_{o1} (dias)	243	225	745	Aquífero principal
6) Tempo característico de depleção T_{o2} (dias)	20	15	18	Aquífero secundário
7) Tempo característico de depleção T_{o3}	6	3	3	Hipodérmico
8) Capacidade líquida de armazenamento da faixa não saturada do solo (mm)	450	500	450	Hipodérmico
9) Capacidade de campo (mm)	90	95	85	Valores derivados da calibração dos parâmetros
10) Capacidade de retenção do solo superficial (mm)	15	17	15	Valores derivados da calibração dos parâmetros
11) Coeficiente de infiltração aparente (K' mm/dia)	19	16	13	Valores derivados da calibração dos parâmetros
12) Retardamento inicial de transferência vertical (dias)	10	25	15	Valores derivados da calibração dos parâmetros

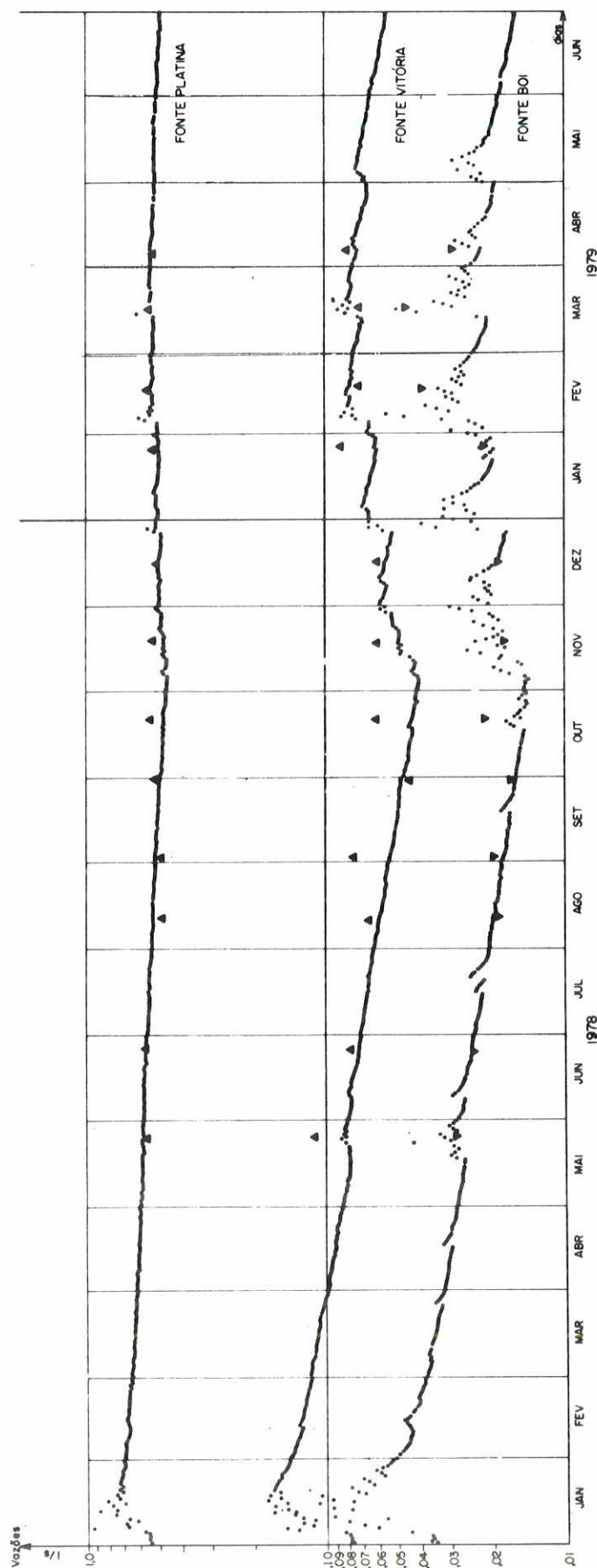


Figura 4 — Hidrograma de vazão diária simulada e observada.

Tabela 3 — Resumo mensal do balanço hidrometeorológico da Fonte do Boi

Mês/Ano	Chuva (mm)	Evaporação		Recarga do aquíf. (mm)	Escoamentos parciais e total (m³/mês)			
		Poten.	Real		Aquíf. 1 Q1	Aquíf. 2 Q2	Superfície Q3	Total
		(mm)						
Out/76	105,0	176,3	92,8	7,6	2200	100	—	2300
Nov/76	256,9	136,2	111,2	91,2	2000	100	100	2200
Dez/76	273,2	152,1	139,4	142,7	1900	200	200	2300
Jan/77	489,2	130,0	125,8	254,2	1900	200	400	2500
Fev/77	31,8	184,6	70,0	84,4	1700	200	200	2100
Mar/77	273,0	128,4	109,6	82,9	1800	100	100	2000
Abr/77	232,0	121,2	99,5	158,9	1600	200	200	2000
Mai/77	6,5	180,3	41,2	16,9	1600	100	—	1700
Jun/77	35,2	145,8	46,8	0,0	1400	—	—	1400
Jul/77	4,2	152,1	20,1	0,0	1200	—	—	1200
Ago/77	37,2	173,9	18,3	0,0	1100	—	—	1100
Set/77	132,5	142,5	98,1	0,2	900	100	—	1000
Total	1876,7	1823,5	972,8	839,0	19300	1300	1200	21800
Out/77	121,2	157,5	94,5	6,0	900	—	—	900
Nov/77	209,4	126,5	87,0	45,6	700	—	100	800
Dez/77	274,5	139,5	136,7	151,1	800	200	200	1200
Jan/78	532,7	143,9	132,6	410,4	1100	400	700	2200
Fev/78	144,2	156,0	111,4	31,1	1000	200	—	1200
Mar/78	100,1	182,8	101,0	8,4	1000	100	—	1100
Abr/78	75,3	142,5	86,4	1,1	900	—	—	900
Mai/78	125,1	130,7	55,8	18,9	800	—	100	900
Jun/78	52,2	136,0	69,3	21,8	700	100	—	800
Jul/78	66,4	140,7	59,2	3,7	700	—	—	700
Ago/78	10,9	176,6	32,3	0,4	600	—	—	600
Set/78	62,4	170,3	64,6	0,0	500	—	—	500
Total	1774,4	1803,0	1030,8	698,5	9700	1000	1100	11800
Out/78	91,8	198,6	60,8	0,0	500	—	—	500
Nov/78	282,0	125,0	125,0	77,7	400	100	100	600
Dez/78	236,0	171,2	122,1	68,6	500	100	100	700
Jan/79	173,0	191,6	120,9	78,6	500	100	100	700
Fev/79	223,4	127,0	124,8	127,4	500	100	200	800
Mar/79	204,6	158,8	115,5	72,3	600	100	100	800
Abr/79	108,7	172,7	63,1	22,8	600	100	—	700
Mai/79	77,4	125,7	64,6	46,2	600	100	—	700
Jun/79	0,0	185,1	29,2	1,2	500	—	—	500
Jul/79	42,4	135,8	44,9	0,0	500	—	—	500

Tabela 4 — Resumo mensal do balanço hidrometeorológico da Fonte Vitória

Mês/Ano	Chuva (mm)	Evaporação		Recarga do aquíf. (mm)	Escoamentos parciais e total (m³/mês)			
		Poten.	Real		Aquíf. 1 Q1	Aquíf. 2 Q2	Superfície Q3	Total
		(mm)						
Out/76	105,0	176,3	78,8	15,1	2500	100	—	2600
Nov/76	256,9	136,2	104,4	104,6	2300	200	100	2600
Dez/76	273,2	152,1	124,3	152,1	2700	500	100	3300
Jan/77	489,2	130,0	121,2	261,0	3200	700	200	4100
Fev/77	31,8	184,6	57,6	89,6	3400	600	100	4100
Mar/77	273,0	128,4	104,0	93,8	3600	300	100	4000
Abr/77	232,0	121,3	88,9	170,9	3700	500	100	4300
Mai/77	6,5	180,3	31,7	23,3	3700	300	—	4000
Jun/77	35,2	145,8	41,3	1,0	3200	—	—	3200
Jul/77	4,2	152,1	16,7	0,0	2900	—	—	2900
Ago/77	37,2	173,9	15,8	0,0	2500	—	—	2500
Set/77	132,5	142,5	90,3	3,6	2100	—	—	2100
Total	1876,7	1823,5	875,0	915,0	35800	3200	700	39700
Out/77	121,2	157,5	86,8	17,5	2000	—	—	2000
Nov/77	209,4	126,5	81,0	57,2	1800	100	—	1900
Dez/77	274,5	139,5	132,1	156,7	2200	500	100	2800
Jan/78	532,7	143,9	118,6	420,3	3300	1200	400	4900
Fev/78	144,2	156,0	103,3	38,4	3400	500	—	3900
Mar/78	100,1	182,8	86,3	12,7	3400	200	—	3600
Abr/78	75,3	142,5	74,1	7,9	2900	100	—	3000
Mai/78	125,1	130,7	49,4	33,5	2700	100	—	2800
Jun/78	52,2	136,0	59,6	30,3	2500	100	—	2600
Jul/78	66,4	140,7	50,5	10,2	2300	100	—	2400
Ago/78	10,9	176,6	27,1	2,3	2000	100	—	2100
Set/78	62,4	170,3	57,4	0,0	1700	—	—	1700
Total	1774,4	1803,0	926,2	787,0	30200	3000	500	33700
Out/78	91,8	198,6	54,4	0,9	1600	—	—	1600
Nov/78	282,0	125,0	120,9	102,0	1500	100	100	1700
Dez/78	236,0	171,3	109,5	89,8	1800	300	100	2200
Jan/79	173,0	191,6	108,5	86,7	2000	400	100	2500
Fev/79	223,4	127,0	105,9	125,5	2100	300	100	2500
Mar/79	204,6	158,8	99,2	89,1	2400	300	100	2800
Abr/79	108,7	172,7	52,2	40,4	2300	300	—	2600
Mai/79	77,4	125,7	56,0	58,2	2400	200	—	2600
Jun/79	0,0	185,1	21,2	2,9	2000	100	—	2100
Jul/79	42,4	135,8	36,9	0,1	1900	—	—	1900

Tabela 5 — Resumo mensal do balanço hidrometeorológico da Fonte Platina

Mês/Ano	Chuva (mm)	Evaporação		Recarga do aquíf. (mm)	Escoamentos parciais e total (m³/mês)			
		Poten.	Real		Aquíf. 1 Q1	Aquíf. 2 Q2	Superfície Q3	Total
		(mm)						
Out/76	105,0	176,3	85,9	9,8	15500	100	100	15700
Nov/76	256,9	136,2	107,5	86,4	14800	200	300	15300
Dez/76	273,2	152,1	133,4	151,0	15900	700	300	16900
Jan/77	489,2	130,0	124,0	262,0	17300	1100	700	19100
Fev/77	31,8	184,6	64,5	92,4	17000	1100	100	18200
Mar/77	273,0	128,4	107,0	83,3	18700	500	200	19400
Abr/77	232,0	121,3	94,9	162,3	18700	800	300	19800
Mai/77	6,5	180,3	35,5	19,9	19500	400	—	19900
Jun/77	35,2	145,8	44,1	0,3	18100	100	—	18200
Jul/77	4,2	152,1	17,4	0,0	18000	—	—	18000
Ago/77	37,2	173,9	16,1	0,0	17200	—	—	17200
Set/77	132,5	142,5	95,7	1,2	16000	—	—	16000
Total	1876,7	1823,5	926,0	868,6	206700	5000	2000	213700
Out/77	121,2	157,5	90,8	8,9	15900	100	—	16000
Nov/77	209,4	126,5	84,2	44,2	15000	100	100	15200
Dez/77	274,5	139,5	134,7	149,1	16100	700	300	17100
Jan/78	532,7	143,9	127,1	420,6	18500	1800	1700	22000
Fev/78	144,2	156,0	108,1	35,9	17900	900	100	18900
Mar/78	100,1	182,8	94,0	11,9	19300	300	—	19600
Abr/78	75,3	142,5	80,9	5,5	18000	100	—	18100
Mai/78	125,1	130,7	53,2	24,4	17900	100	100	18100
Jun/78	52,2	136,0	64,2	24,7	17000	200	—	17200
Jul/78	66,4	140,7	54,8	6,0	17000	—	—	17000
Ago/78	10,9	176,6	29,7	1,3	16300	100	—	16400
Set/78	62,4	170,3	61,5	0,0	15200	—	—	15200
Total	1774,4	1803,0	983,2	732,5	204100	4400	2300	210800
Out/78	91,8	198,6	58,6	0,1	15000	100	—	15100
Nov/78	282,0	125,0	123,6	86,2	14300	200	200	14700
Dez/78	236,0	171,3	117,2	76,8	15100	500	200	15800
Jan/79	173,0	191,6	115,6	79,3	15400	500	100	16000
Fev/79	223,4	127,0	122,8	128,4	14400	600	300	15300
Mar/79	204,6	158,8	108,6	84,1	16200	500	300	17000
Abr/79	108,7	172,7	57,4	30,9	15700	400	—	16100
Mai/79	77,4	125,7	60,2	49,5	16000	300	100	16400
Jun/79	0,0	185,1	23,9	1,8	15000	100	—	15100
Jul/79	42,4	135,8	40,7	0,0	14900	—	—	14900

BIBLIOGRAFIA

- BITTENCOURT, I. e TALTASSE, P. — 1972 — Mapa Geológico de Águas da Prata — IG/USP
- BJOERNBERG, A.J.S. — 1959 — Rochas clásticas do planalto de Poços de Caldas — Fac. Fil. Ciên. e Letr. — USP — Bol. n° 237 — Geologia n° 18.
- ELLERT, R. — 1959 — Contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas — Bol. Fac. Fil. Ciên. e Letr. — USP — Bol. n° 237 — Geologia n° 18.
- MERO, F. — 1958 — Hydrological investigations of the Na'aman Springs Region — TAHAL — P.N. — 45.
- MERO, F. — 1963 — Application of the groundwater depletion curves in analyzing and forecasting spring discharges influenced by well fields — Berkeley, I.A.S.H. Symp.

- MERO, F. — 1965 — Méthode pour calculer les débits en chaîne des rivières alimentées par la pluie (présenté à l'E.S.F. aux laboratoires du CREC à Chaton, France).
- MERO, F. — 1969 — An approach to daily hydro-meteorological water balance computations for surface and groundwater basins. Seminary on Water Resources Management, Delft, Holland.
- MERO, F. — 1972 — Modelo de simulação agro-hidro-meteorológico — TAHAL/DAEE — São Paulo.
- MERO, F. e FUSHIGURO, Y. — 1973 — Estudo comparativo de métodos para o cálculo de evaporação potencial — DAEE — São Paulo.
- SZIKSZAY, M. & TEISSEDER, J.-M. — 1977 — Fontes da Estância de Águas da Prata, Estado de São Paulo — Bol. IG/USP — vol. 8.

Recebido em 16 de junho de 1980.