

Modelo de avaliação de perspectiva de acumulação de água em represas

CONSTANTE BOMBONATTO JUNIOR (1)

1. INTRODUÇÃO

No planejamento do aproveitamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica onde exista reservação, é importante avaliar as probabilidades da água estar disponível ao longo do tempo, considerando hipóteses variadas do seu uso.

Tal avaliação é particularmente importante na operação de represas destinadas ao suprimento de água de um aglomerado urbano, quando as decisões, relativamente às vazões de água a descarregar para jusante podem significar riscos maiores ou menores de esvaziamento ou extravazamento da represa ao longo do tempo.

Propõe-se então, esse "MODELO DE AVALIAÇÃO DE PERSPECTIVA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA EM REPRESAS", que utilizando-se de um programa disponível em linguagem FORTRAN-IV para computador, tem como dados de saída as probabilidades de ocorrência, após um tempo determinado, de volumes de água armazenados iguais ou superiores a valores estabelecidos.

(1) Engenheiro do Departamento de Apoio e Controle da Produção, Diretoria de Operação da Região Metropolitana - SABESP.

2. SUMÁRIO

Esse "MODELO DE AVALIAÇÃO DE PERSPECTIVA DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA EM REPRESAS", a partir de dados cujos valores são conhecidos ou adotados, fornece as probabilidades de ocorrência de volumes armazenados iguais ou superiores aos valores correspondentes a 0%, 10%, 20%, . . . , 100% da sua capacidade de armazenamento; essas probabilidades sempre correspondem ao fim de um determinado intervalo de tempo.

O modelo é uma técnica que incorpora métodos puramente estatísticos (probabilísticos) para caracterizar a ocorrência de vazões naturais afluentes numa represa, em função da série histórica de valores correspondentes observados, e ainda, considera que essa amostra (série histórica) seja significativa e a sua repetibilidade verdadeira. Com os valores de vazões captadas e/ou descarregadas previstos, além do volume armazenado existente no início da análise, faz um balanço volumétrico no reservatório. O modelo despreza todas as perdas de água, seja por evaporação, percolação, etc., com exceção no caso em que a série histórica tenha sido montada com valores obtidos através dos volumes efluentes e armazenados no reservatório, quando então, estas perdas estarão

sendo consideradas intrinsecamente no cálculo.

Calcula a probabilidade de ocorrência da vazão natural afluyente necessária, segundo uma função de distribuição de probabilidade (f.d.p.) adotada para a série histórica desses valores, afim de se ter um volume armazenado previamente determinado no final de um intervalo de tempo considerado.

O modelo se presta à análise de acumulação de água a médio e longo prazos; podendo ser aplicado inclusive, na análise de várias represas simultaneamente, (desde que seja possível a utilização do volume armazenado em qualquer uma dessas represas para atendimento do objetivo comum a todas elas) permitindo com isso, análise de perspectivas de acumulação de água em sistemas mais complexos de captação de água para abastecimento, fornecendo subsídios na decisão de forma global no gerenciamento do aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis.

3. FATORES INTERVENIENTES NO CÁLCULO

3.1. SÉRIES HISTÓRICAS DE VAZÕES NATURAIS.

É comum ocorrer, numa dada bacia hidrográfica, a ausência de dados fluviométricos referentes a longos pe-

ríodos de observação, os quais são aqui necessários para definição de uma função de distribuição de probabilidade que permita uma inferência estatística significativa e com boa aderência aos dados históricos, permitindo confiabilidade à análise a ser feita.

Assim, nesses casos, deve-se recorrer aos diversos métodos existentes de extensão de séries históricas (que podem ser encontrados em qualquer compêndio de hidrologia) uma vez que o modelo requer uma série histórica de valores médios mensais de vazões naturais afluentes ao reservatório, que tenha o maior tamanho e representatividade possíveis para cada reservação a ser considerada na análise.

É montada com valores médios mensais das vazões naturais do curso d'água (observados ou calculados) no local da barragem, quando antes do seu enchimento; ou então, através dos valores dos volumes efluentes e armazenados na represa, quando depois de formado o represamento, pela expressão:

$$Q_n = Q_e + \frac{V_f - V_i}{t}$$

onde:

Q_n = vazão natural média afluente ao reservatório num mês determinado (m^3/s).

Q_e = vazão média efluente ao reservatório num mês considerado (m^3/s).

V_f = volume armazenado na represa ao final do mês considerado (m^3). (Ver item 3.2).

V_i = volume armazenado na represa no início do mês considerado (m^3). (Ver item 3.2).

t = número de segundos do mês considerado.

3.2. CURVAS COTA-VOLUME DAS REPRESAS

Serão utilizadas aqui, para fornecerem os valores de VOLUMES ARMZENADOS de cada reservação, bem com as respectivas CAPACIDADES TOTAIS, a serem utilizadas nos cálculos. Podem ser obtidas pela planimetria das áreas compreendidas entre as curvas de níveis obtidas por levantamento topográfico existente antes do enchimento da represa, ou então, por levantamento batimétrico depois deste.

3.3. VAZÕES CAPTADAS E DESCARREGADAS AO LONGO DO TEMPO

São os valores de vazões necessários ao suprimento do abastecimento público, ou outros valores quaisquer de vazões efluentes ao reservatório para os quais se queira verificar o comportamento ao longo do tempo de análise.

No caso das vazões descarregadas, seus valores permanecem constantes durante todo o tempo em que se estende a análise, o que não acontece com os valores de vazões captadas, que são corrigidas mensalmente pelo ACRÉSCIMO MENSAL DE DEMANDA. (Ver item 3.4.)

3.4. ACRÉSCIMO MENSAL DE DEMANDA

É o valor de acréscimo de vazão a ser introduzido acumulativamente a cada mês ao valor da vazão captada afim de corrigir (atender) o crescimento constante do abastecimento público.

Portanto, para um mês qualquer da análise, a vazão captada será:

$$Q_{c(n)} = Q_{c_{iníc}} + (n - 1) \times Q_{ac}$$

onde:

$Q_{c(n)}$ = valor de vazão a ser captada no mês de ordem n da análise.

$Q_{c_{iníc}}$ = valor de vazão captada no 1º mês de análise.

n = número de ordem no mês considerado na análise.

Q_{ac} = vazão de acréscimo mensal de demanda, (m^3/s).

3.5. NÚMERO DE REPRESAS (OU RESERVATÓRIOS)

O modelo admite até o limite máximo de 20 represas simultaneamente, para as quais é processada a análise de perspectiva de acumulação de água.

Esse recurso do modelo, torna-se importante principalmente em sistemas mais complexos em que existe mais de um represamento, interligados ou não entre si, onde se busca uma avaliação do sistema de forma global para abastecimento público de água. Só terá sentido a utilização de

mais de uma represa simultaneamente em uma análise, caso seja possível o aproveitamento indiferente do volume de água disponível em uma ou outra represa, afim de atender o objetivo comum de todas elas. Exemplo disso é o caso de um sistema de captação de água constituído de várias represas, não interligadas entre si, onde cada uma é responsável por determinada parcela no atendimento do abastecimento público de água de uma região; entretanto é possível a utilização da água disponível em uma qualquer dessas represas para atender, total ou parcialmente, a parcela cabida à outra.

3.6. DATAS DE ENTRADA EM OPERAÇÃO DAS VÁRIAS REPRESAS

Necessariamente útil na análise de avaliação em sistemas operacionais, onde a possibilidade do aproveitamento das vazões de contribuição natural e do volume de armazenamento de determinada represa se faz a partir de uma certa data que ocorre no meio do período considerado para a análise; ou ainda, quando se pretende analisar os riscos de comprometimento do abastecimento em função de uma data prevista para início do aproveitamento de determinada represa, ou mesmo, como indicador de riscos para desenvolvimento de cronograma de obras na construção de uma represa qualquer, que virá fazer parte de um sistema de abastecimento público integrado por várias outras represas.

4. FUNÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE

Dispondo-se de uma série histórica de vazões naturais, com número suficientemente grande de observações, pode-se facilmente determinar a probabilidade de ocorrer num determinado mês, valores iguais ou superiores a um determinado valor dado, desde que se conheça a função de distribuição de probabilidade (f.d.p.) que ajuste os dados respectivos desse mês considerado.

Neste trabalho pressupõe-se a existência de uma f.d.p. com parâmetros definidos, para cada série de vazões naturais correspondentes às médias aritméticas respectivamente de 1, 2, ... N, meses consecutivos.

Deve-se escolher a f.d.p. que melhor ajusta cada uma dessas séries de valores médios, segundo métodos estatísticos adequados. Frequentemente se consegue ajustá-los satisfatória-

mente a uma função de distribuição log-normal; no entanto isso não implica em não se pesquisar outros tipos de f.d.p., como por exemplo, as distribuições Normal, Pearson tipo III, log-Pearson tipo III, etc., de usos freqüentes em estudos hidrológicos, de tal forma que permitam caracterização dessas séries de vazões, em cada caso particularmente.

4.1. A DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL

Caracteriza-se por assumir que os valores dos logaritmos das vazões naturais afluentes (ou suas médias de um determinado período) tenham distribuição normal, (ou de Gauss).

Quando utilizada na forma reduzida tem a forma:

$$Z = \frac{\log Q_n - \overline{\log Q_n}}{\sigma}$$

onde:

Z = variável reduzida, normalmente distribuída com média zero e variância 1.

$\sigma, \overline{\log Q_n}$ = respectivamente, desvio padrão e média dos logaritmos das vazões naturais afluentes da série histórica de um determinado período considerado.

$\log Q_n$ = logaritmo do valor de vazão natural para a qual se deseja saber a probabilidade de ocorrer valores num mês ou período semelhante ao considerado no cálculo de $\overline{\log Q_n}$ que lhe sejam iguais ou superiores.

Com o valor de Z calcula-se a probabilidade $P = (1 - \Phi(Z)) \times 100$ (onde: $0 < P < 100$ é a probabilidade porcentual do valor de $\log Q_n$ ser igualado ou ultrapassado), através da expressão:

$$\Phi(Z) = \int_{-\infty}^Z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

cujos valores são encontrados tabelados em literatura específica do assunto, ou podem ser facilmente calculados com boa aproximação, (ver item 6.3.).

5. DESENVOLVIMENTO LÓGICO PARA O CÁLCULO DE PROBABILIDADE

Numa determinada represa, onde se

pretenda avaliar as perspectivas de acumulação de água, o modelo desenvolve a seguinte seqüência de cálculos e operações, afim de obter os valores de probabilidades de um determinado volume na represa ser igualado ou ultrapassado, ao final de um mês dentro do período em que é feita a análise.

5.1. DETERMINAÇÃO DOS PERÍODOS DE ANÁLISE

Como o modelo opera com valores mensais de vazões (natural, captada, descarregada, etc.) e as informações que o modelo fornece são também mensais, primeiramente subdivide-se o período total de análise em n períodos, tantos quantos forem o número de meses desse período. Em geral, quando se pretende uma análise visando informações para decisões operacionais, não se toma valores maiores de 2 anos para o período de análise, (embora o modelo se preste para avaliação a médio e longo prazos), pelo fato da maior importância e aplicabilidade da análise estar voltada para condições mais imediatas de estiagem ou cheias. Ademais, a importância do armazenamento existente no início da análise, tende a desaparecer quando o período analisado for muito longo, face à grandeza dos volumes transitados no reservatório.

Assim, o modelo considera como PERÍODO (1), o compreendido entre o primeiro e último dia do primeiro mês da análise; como PERÍODO (2), o compreendido entre o 1º dia do 1º mês e último dia do 2º mês da análise; e assim, analogamente até o PERÍODO (n), que é compreendido entre o 1º dia do 1º mês e último dia do enésimo mês da análise.

5.2. CÁLCULO DE CONTRIBUIÇÃO NATURAL NECESSÁRIA

Para um determinado PERÍODO (i) qualquer, tem-se:

$$Q_{nec(i, V_a)} = Q_{c(i)} + Q_{d(i)} + \frac{V_o - V_a}{t(i)} \textcircled{1}$$

onde:

$Q_{nec(i, V_a)}$ = vazão natural média necessária a fluir ao reservatório, durante o PERÍODO (i) para que se atinja um volume armazenado igual a definido previamente (m^3/s).

$Q_{c(i)}$ = vazão média captada num PERÍODO (1), pré-estabelecida e corrigida do acréscimo mensal na demanda (ver item 3.6).

$Q_{d(i)}$ = vazão média de descarga num PERÍODO (i) pré-estabelecida e considerada constante em toda a análise (m^3/s).

V_o = volume armazenado existente no reservatório no início de análise (m^3).

V_a = volume armazenado esperado ao fim de um PERÍODO (i) qualquer (m^3).

$t(i)$ = número de segundos existentes em todo o PERÍODO (i) considerado.

5.3. DETERMINAÇÃO DAS PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE VOLUMES ARMazenADOS IGUAIS OU SUPERIORES A UM VALOR PRÉ-ESTABELECIDO

Para cada PERÍODO (i), onde (i) assume valores iguais a 1, 2, ..., n (ver 5.1.), calcula-se o respectivo valor de $Q_{nec(i, V_a)}$ através da expressão $\textcircled{1}$ para valores correspondentes à 0%, 10%, 20%, 100% da capacidade útil do reservatório. (Entende-se como capacidade útil, o volume armazenado correspondente à diferença dos volumes armazenados máximos e mínimos admitidos).

Assim, ficam definidos os valores mostrados no Quadro 1.

Escolhido um tipo de f.d.p. (ver item 4), calcula-se seus parâmetros (no caso da distribuição log-normal os parâmetros serão: $\log Q_n$ e σ) de acordo com técnicas estatísticas conhecidas para a série de vazões naturais médias (Q_n), correspondentes a cada PERÍODO (i).

Por exemplo, para o PERÍODO (1), os parâmetros da f. d. p. são determinados para a série de vazões naturais (Q_n) observadas nos meses com mesmo nome do correspondente ao PERÍODO (1). Para o PERÍODO (2), os parâmetros são determinados para a série formada pelas médias aritméticas das vazões naturais ocorridas nos meses de mesmos nomes dos compreendidos no PERÍODO (2).

Analogamente, para o PERÍODO (n)

$Q_{n\ nec}(1,0\%)$	$Q_{n\ nec}(1,10\%)$...	$Q_{n\ nec}(1,100\%)$
$Q_{n\ nec}(2,0\%)$	$Q_{n\ nec}(2,10\%)$...	$Q_{n\ nec}(2,100\%)$
.	.	.	.
.	.	.	.
$Q_{n\ nec}(n,0\%)$	$Q_{n\ nec}(n,10\%)$...	$Q_{n\ nec}(n,100\%)$

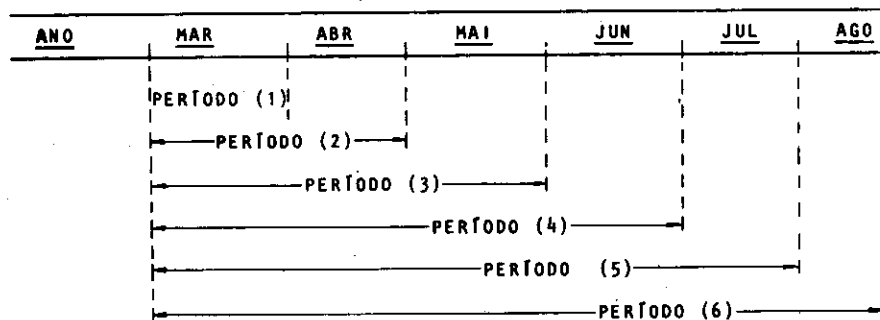
QUADRO 1

os parâmetros da f. d. p. são determinados com a série formada pelas médias aritméticas das vazões naturais ocorridas nos meses de mesmos nomes dos compreendidos no PERÍODO (n).

Assim:—

Supõe-se que se queira fazer uma análise com início no mês de março e com término no mês de agosto:

Para cada um dos valores de $Q_{n\ nec}(i, V_a)$ constante do quadro 1, calcula-se a probabilidade de ocorrer valores de vazões naturais (Q_n) que lhe sejam iguais ou superiores no período correspondente, através dos parâmetros da f.d.p., da maneira mostrada no ítem 4.1. (no caso de se utilizar a curva de distribuição log-normal).



Então, as séries históricas de vazões a serem utilizadas na determinação dos

parâmetros de cada f.d.p., serão:

- Para PERÍODO (1):

$$Q_{n(mar)}$$

- Para PERÍODO (2):

$$(Q_{n(mar)} + Q_{n(abr)}) / 2$$

- Para PERÍODO (3):

$$Q_{n(mar)} + Q_{n(abr)} + Q_{n(mai)} / 3$$

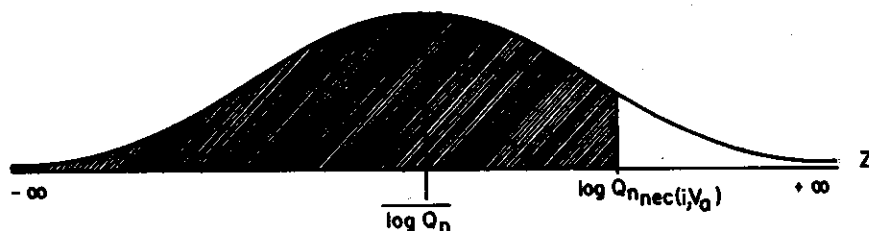
- Para PERÍODO (6):

$$Q_{n(mar)} + Q_{n(abr)} + Q_{n(mai)} + Q_{n(jun)} + Q_{n(jul)} + Q_{n(ago)} / 6,$$

para cada ano da série histórica.

Por exemplo:—

Para um determinado PERÍODO (i) escolhido, e conhecida sua série histórica de valores de correspondentes, com distribuição log-normal, determina-se os valores de $\log Q_n$ e σ (ver ítem 4.1.), definindo uma f. d. p.:



A probabilidade porcentual de ocorrer valores de vazão natural nesse período iguais ou maiores que o valor de $Q_{nec(i, V_a)}$ correspondente, afim de que se atinja ou ultrapasse um volume armazenado V_a esperado, é determinado conforme descrito no ítem 4.1. através do valor de

Z , onde $\log Q_n = Q_{nec(i, V_a)}$

Assim, o modelo fornece para o final de cada PERÍODO (i), a partir de um dado volume armazenado existente na represa, a probabilidade porcentual de se ter um volume igual ou superior aos valores correspondentes a 0%, 10%, 20%, ..., 100%, da capacidade operacional do reservatório.

Evidentemente, a probabilidade de não ser atingido esse volume esperado, ao final do período considerado, será sempre 100-P (P em porcentagem).

6. O PROGRAMA FORTRAN

Face à grande quantidade de cálculos que necessitam ser executados, foi desenvolvido um programa para computador em linguagem FORTRAN IV (ver listagem do programa no anexo 1) ao qual passamos a fazer algumas considerações:

6.1. TAMANHO DAS SÉRIES HISTÓRICAS

O programa requer que todas as séries históricas de vazões naturais a serem utilizadas sejam do mesmo tamanho, isto é, tenham todas o mesmo ano de início e mesmo mês e ano de fim. Devem sempre serem iniciadas em um mês de JANEIRO qualquer.

Caso o último ano de cada série histórica não esteja completo, isto é, com todos os valores mensais correspondentes aos 12 meses do ano, o programa assume-os com valores iguais a zero, porém, só levando em consideração no cálculo os valores constan-

tes até o mês de dezembro do último ano em que não exista um ou mais valores de vazões naturais iguais a zero.

6.2. VAZÃO CAPTADA INICIAL

O valor da vazão a ser captada inicial, $Q_{c\ inic}$ é sempre calculada pelo próprio programa, através da diferença entre o

valor da DEMANDA TOTAL ATUAL (Q_{tot}) e a soma DAS VAZÕES ADUZIDAS POR OUTROS SISTEMAS (Q_{aduz}), que são dados de entrada do programa.

Portanto, a vazão a ser captada da(s) represa(s) em estudo, será igual à necessária a completar e da DEMANDA TOTAL ATUAL para abastecimento público, face às vazões de atendimento de outros sistemas produtores de água, caso existam. Logo, se o manancial em que se está desenvolvendo a análise, tiver a responsabilidade de atender sozinho a demanda para abastecimento público, o valor das vazões aduzidas por outros sistemas será sempre igual a zero ($Q_{aduz} = 0$) e conseqüentemente: $Q_{c_{inic}} = Q_{tot}$

6.3. CÁLCULO DA PROBABILIDADE

O programa ainda, calcula o valor da expressão

$$\Phi(Z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$

(curva normal reduzida) utilizando-se de um algoritmo de cálculo bastante simplificado, porém com a precisão necessária. Para a distribuição log-normal utilizada faz:

$$AZ = |Z|$$

$$T = 1/1 + 0,2316419 \times AZ$$

$$D = 0,3989423 \times e^{-z^2 \times z/2}$$

$$\Phi(Z) = D \times T \times (((1,330274 \times T - 1,821256) \times T + 1,781478) \times T - 0,3565638) \times T + 0,3193815)$$

onde:

Z tem o mesmo significado descrito no item 4.1.

6.4. NÚMERO DE CASOS A SEREM ANALISADOS

O programa aceita ainda, como dado de entrada, simultaneamente diversos conjuntos de datas para início e fim da análise e ainda de entrada de cada represa, mantendo invariáveis os demais valores definidos no programa.

6.5. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA

Segue descrição do significado de

cada variável de entrada do programa, bem como a sua ordem de leitura.

Deve-se observar que os respectivos formatos são todos livres, afim de facilitar a introdução dos dados através de terminal de vídeo.

Cartão A

NREP — Número de represas que serão consideradas na análise ($NREP \leq 20$).

NANOS — Número de anos que compõem as séries históricas. Deve incluir o último ano, mesmo que não esteja completo com os valores dos 12 meses respectivos (há necessidade de todas as séries históricas consideradas na análise terem o mesmo tamanho).

DAY — Data da simulação.

Cartão B

QN — Matriz bidimensional ($NREP \times NANOS \times 12$) contendo os NANOS $\times 12$ valores de vazões naturais mensais de cada uma das NREP represas consideradas na análise.

Cartão C

REPRES — Matriz unidimensional ($NREP \times 1$) contendo informações alfanuméricas de identificação das represas consideradas na análise.

VARM — Matriz unidimensional ($NREP \times 1$) contendo os valores de volumes armazenados de cada uma das NREP represas consideradas.

VMORT — Matriz unidimensional ($NREP \times 1$) contendo os valores dos volumes mortos (ou mínimo operacional) de cada uma das NREP represas.

QJ — Matriz unidimensional ($NREP \times 1$) contendo os valores de vazões

a serem descarregadas para jusante de cada uma das NREP represas.

Cartão D

NADUZ — Número de valores de VAZÕES ADUZIDAS POR OUTROS SISTEMAS.

QADUZ — Matriz unidimensional ($QADUZ \times 1$), que contém os NADUZ valores de VAZÕES ADUZIDAS POR OUTROS SISTEMAS. Cada um desses valores correspondentes à vazões de contribuição de um sistema de captação qualquer não considerado na análise, que contribui para o valor da DEMANDA TOTAL ATUAL.

Cartão E

QTOT — Valor da DEMANDA TOTAL ATUAL, que subtraído do total da soma dos NADUZ valores de QADUZ, dará o valor de vazão captada inicial do sistema de represas em análise, para atendimento do abastecimento público ($Q_{c_{inic}}$)

QACRES — Valor do ACRÉSCIMO MENSAL DE DEMANDA que será mensalmente incorporado ao valor de $Q_{c_{inic}}$

CAPTOT — Valor da capacidade de armazenamento de todas as represas, isto é, o total da soma de cada uma delas individualmente.

Cartão F

NCASOS — Número de conjuntos de datas de início, fim e de entrada de cada represa, a serem consideradas na análise. O programa processa a análise para cada um dos NCASOS conjuntos de datas, mantendo os demais valores de entrada constantes.

Cartão G

- MESICH — Mês inicial da análise.
ANOINI — Ano inicial da análise.

Cartão H

- MESOCH — Mês final da análise.
ANOBS — Ano final da análise.

Cartão I

- MESECH — Matriz unidimensional (NREP X 1) contendo os meses das datas de entrada de cada uma das NREP represas consideradas na análise.
ANOENT — Matriz unidimensional (NREP X 1) contendo os anos dos respectivos meses da matriz MESECH das datas de entrada de cada uma das NREP represas consideradas.

6.6. UNIDADES DE MEDIDAS

As unidades de medidas das variáveis de entrada do programa a serem utilizadas, serão:

- medida de vazão: m^3/s .
(QN, QJ, QADUZ, QTOT, QACRES)
- medida de volume: $10^3 m^3$
(VARM, VMORT, CAPTOT)

Obs.: Os meses de início, fim e de entrada de cada represa terão as seguintes correspondências que deverão ser usadas para entrada dos dados:

Janeiro	: JAN	Julho	: JUL
Fevereiro	: FEV	Agosto	: AGO
Março	: MAR	Setembro	: SET
Abril	: ABR	Outubro	: OUT
Mai	: MAI	Novembro	: NOV
Junho	: JUN	Dezembro	: DEZ

de igual forma, nos anos deverá ser omitido os algarismos da milhar e da centena do número:

Por exemplo:

Para: 1979 → toma-se: 79
Para: 1980 → toma-se: 80
Para: 1981 → toma-se: 81

7. APLICAÇÃO DO MODELO

Além da aplicação citada ao final do item 2, existem outras de aspectos práticos para os quais se presta o presente modelo, sobre as quais serão feitas algumas considerações e comentários.

7.1. ENCHIMENTO DE REPRESAS

Quando se pretende fazer o enchimento de uma represa, é importante conhecer o tempo provável que isso levará. O modelo calcula esse tempo fornecendo informações através da probabilidade de um determinado volume na represa ser igualado ou ultrapassado ao final de um determinado período.

Isso vai permitir afirmar, que com um determinado risco escolhido (igual à $100-P$), em uma determinada data, o volume armazenado será igual ou maior que um valor determinado (dado em porcentagem do volume total considerado) em função dos valores de vazões que porventura devam ser descarregados para jusante, ou captados do reservatório em que se processa o enchimento.

Se o represamento a ser formado, for de pequena capacidade de armazenamento de água, é bom se recorrer a uma alteração no intervalo de tempo do modelo. Essa alteração faz com que as informações de saída ao invés de serem mensais, sejam diárias; embora, os valores de Q_n da série histórica continuem sendo de MÉDIAS MENSAIS (o programa assume que os valores de Q_n

diários são iguais à respectiva média mensal).

No anexo 2, é apresentada a listagem completa do programa em FORTRAN IV, para o caso de análise diária. Deve-se observar, entretanto, que o período total de análise não deve ultrapassar 6 meses.

7.2. DETERMINAÇÃO DE CAPACIDADE DE RESERVAÇÃO

Outra aplicação prática do modelo é a determinação da capacidade útil de reservação em função de um valor de risco escolhido e pré-estabelecido. Permite com isso, através de tentativas, determinar o volume operacional (ou útil) de uma reservação, que permita atender uma certa vazão de captação (e/ou de descarga para jusante) quando se tolera correr um determinado risco de que esse atendimento possa falhar.

Esse risco é igual à probabilidade de ocorrer volume armazenado inferior a 0% do volume total, (isto é, igual a $100 - P$; onde P é a probabilidade de ao fim de determinado período, o volume armazenado ser igual ou superior a 0%).

8. EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO

A seguir, consta um exemplo de utilização do modelo, bem como identificação e comentários sobre os dados de entrada que alimentaram o programa.

Neste exemplo o modelo foi aplicado para um dos sistemas produtores da Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo — SABESP, chamado Sistema Cantareira, o qual é composto por 3 represas interligadas entre si e que se destinam a atender parte do abastecimento público de água da Grande São Paulo.

8.1. DADOS DE ENTRADA

COMANDOS EXECUTADOS	COMENTÁRIOS
XQT DAP.PROB2	inicialização
	IEFP
	IANOS
3. 46. '21.05.81'	DAY
@ADD QHIST.CACHOEIRA	leitura dos valores de Q_n da represa Cachoeira *(ver observação no final)
@ADD QHIST.ATIBAIA	leitura dos valores de Q_n da represa Atibaia
@ADD QHIST.JUQUERI	leitura dos valores de Q_n da represa Juqueri
	REPRES
'CACHOEIRA', 63382.6, 0., 2.0	VARM (dados da represa Cachoeira)
	QJ
	VMORT
'ATIBAIA', 69363.7, 0., 1.0	idem (dados da represa Atibaia)
'JUQUERI', 4842.0, 0., 0.5	idem (dados da represa Juqueri)
	HADUZ
1. 20.32	QADUZ
34.69, 0.2, 200087.7	CAPTOT
	QAGRES
	QTOT
	NCASOS
'JUN',81	ANOINI
	MESICH
'JUN',83	ANOES
	MESOCH
'JUN',81	ANOECH (da represa Cachoeira)
	MESSECH
'JUN',81	idem (da represa Atibaia)
'JUN',81	idem (da represa Juqueri)

Obs.: Para a leitura dos valores de Q_n das séries históricas, é comum recorrer-se simplesmente à leitura de um arquivo, previamente criado, que os contém. Foi esse o expediente aqui usado, uma vez que todas as séries históricas fazem parte de banco de dados armazenado num arquivo com o nome QHIST. Isto evita a digitação desses valores toda vez que se for processar o modelo através do terminal de vídeo.

8.2. DADOS DE SAÍDA

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO DIRETORIA DE OPERAÇÃO SUPERINTENDÊNCIA DE PRODUÇÃO DEPARTAMENTO DE APOIO E CONTROLE DA PRODUÇÃO				Folha: 1 21.05.81
PREVISÃO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA BRUTA DADOS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO				
REPRESA	VOLUME ARMAZENADO (1000 m ³)	VOLUME MÍNIMO (1000 m ³)	DESCARGA A JUSANTE (m ³ /s)	
CACHOEIRA	63382.6	.0	2.00	
ATIBAIA	69363.7	.0	1.00	
JUQUERI	4842.0	.0	.50	
CAPACIDADE TOTAL DE ARMAZENAMENTO: 2000867.7 (1000 m ³) DEMANDA TOTAL ATUAL: 34.69 (m ³ /s) ACRÉSCIMO MENSAL NA DEMANDA: .20 (m ³ /s) VAZÃO ADUZIDA POR OUTROS SISTEMAS: 20.32 (m ³ /s)				

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO	
Folha: 2	
DIRETORIA DE OPERAÇÃO SUPERINTENDÊNCIA DE PRODUÇÃO DEPARTAMENTO DE APOIO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	
21.05.81	
PREVISÃO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA BRUTA	
ÍNICIO: JUN 81	FIM: JUN 83
REPRESA	ENTRADA
CACHOEIRA	JUN 81
ATIBAIA	JUN 81
JUQUERI	JUN 81

..... * COMPANHIA DE SANEAMENTO BASICO DO ESTADO DE SAO PAULO FOLHA : 3 * * * DIRETORIA DE OPERAÇÃO * * SUPERINTENDENCIA DE PRODUCAO * * DEPARTAMENTO DE APOIO E CONTROLE DA PRODUCAO 21.05.81 * *											
PREVISAO DE ARMAZENAMENTO DE AGUA BRUTA											
PROBABILIDADE DE SER ATINEIDO VOLUME ARMAZENADO SUPERIOR AO INDICADO (EM PORCENTAGEM), AO FINAL DE DETERMINADO MES											
PERICDO	0	10	20	VOLUME 30	40	50	60	70	80	90	100
JUN 81	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.0	18.9	1.3	.1	.0
JUL 81	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	85.4	43.6	13.7	3.2	.6	.1
AGO 81	100.0	100.0	100.0	97.6	80.5	49.0	22.6	8.5	2.8	.8	.2
SET 81	100.0	99.4	93.5	76.0	51.2	29.1	14.4	6.5	2.7	1.1	.4
OUT 81	99.6	92.2	77.5	57.1	37.1	21.7	11.6	5.8	2.8	1.3	.6
NOV 81	92.7	81.6	65.7	48.3	32.6	20.5	12.2	6.9	3.7	1.9	1.0
DEZ 81	87.6	77.7	65.3	52.2	39.8	29.1	20.5	14.0	9.3	6.0	3.8
JAN 92	91.1	84.3	75.5	65.5	54.8	44.5	35.1	26.9	20.1	14.7	10.6
FEV 82	93.8	89.2	83.1	75.5	67.0	58.0	49.0	40.4	32.6	25.8	20.1
MAR 82	93.3	89.4	84.5	78.5	71.8	64.5	57.0	49.5	42.4	35.8	29.8
ABR 82	91.1	87.0	82.2	76.5	70.3	63.8	57.1	50.4	43.9	37.9	32.3
MAI 82	87.4	83.0	77.9	72.3	66.3	60.1	53.8	47.7	41.8	36.3	31.2
JUN 82	83.3	78.5	73.3	67.6	61.7	55.8	49.9	44.2	38.7	33.7	29.0
JUL 82	77.7	72.6	67.1	61.5	55.8	50.2	44.7	39.5	34.6	30.1	25.9
AGO 82	70.9	65.6	60.1	54.6	49.2	43.9	38.9	34.2	29.9	25.9	22.3
SET 82	63.8	58.6	53.3	48.1	43.0	38.3	33.7	29.6	25.7	22.3	19.1
OUT 82	58.3	53.2	48.1	43.2	38.6	34.2	30.1	26.3	22.8	19.7	17.0

DIRETORIA DE OPERACAO
SUPERINTENDENCIA DE PRODUCAO
DEPARTAMENTO DE APOIO E CONTROLE DA PRODUCAO

21.05.81

PREVISAO DE ARMAZENAMENTO DE AGUA BRUTA
PROBABILIDADE DE SER ATINTEIDO VOLUME ARMAZENADO SUPERIOR
AO INDICADO (EM PORCENTAGEM), AO FINAL DE DETERMINADO MES

PERIODO	VOLUME ARMAZENADO (%)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
NOV 82	54.4	49.5	44.7	40.1	35.7	31.7	27.9	24.4	21.2	18.3	15.8
DEZ 82	53.9	49.3	44.8	40.5	36.4	32.5	28.9	25.5	22.4	19.6	17.1
JAN 83	58.3	53.8	49.4	45.1	40.9	36.9	33.2	29.6	26.3	23.3	20.5
FEV 83	63.0	58.7	54.4	50.1	45.9	41.8	37.9	34.1	30.6	27.3	24.3
MAR 83	65.5	61.5	57.5	53.4	49.4	45.4	41.6	37.9	34.4	31.0	27.9
ABR 83	64.2	60.4	56.5	52.6	48.7	45.0	41.3	37.8	34.4	31.2	28.2
MAI 83	61.1	57.3	53.5	49.8	46.1	42.4	39.0	35.6	32.4	29.4	26.6
JUN 83	57.4	53.7	50.0	46.3	42.8	39.3	36.0	32.8	29.8	27.0	24.4

ANEXO I

LISTAGEM DO PROGRAMA

(votarem manuseio de saída)

```

1 C--PREVISAO DE ARMAZENAMENTO DE AGUA BRUTA
2 DIMENSION ONC(20), (20R), (20R), VARM(20), VVORT(20),
3   OADUZ(20), OJ(20), OJIS(20)
4   MRESNT(20), STATUS(20), SSK(20), (100)
5   IPOS(40), ORET(40), ORET(40), ORET(40), (20), (14)
6   P,PROB(40), (4), RMDIA(40), DESPRD(40)
7   INTEGER ANOINI, ANOIS, ANOENT(20)
8   CHARACTER*3 MESICH, MESOCH, MESECH(20)
9   COMMON /ANDS/ ANOINI, ANOIS, ANOENT
10  COMMON /MESES/ MESICH, MESOCH, MESECH
11  INTEGER FIN, R, PORCEN, T, TMAX, T1
12  CHARACTER*8 DAY
13  CHARACTER*28 REPRESENT(20)
14  COMMON /PROB/SS, DESPRD, NOBS, IPOS, RMEDIA
15  /REPR/ REPR, VARM, VVORT, OJ, MREP, MESINI
16  COMMON /VAZ/ QYDT, SQADUZ, QACRES, CAPTOT, RESENT
17  COMMON /IMPRES/ IPAG, LINHA, PROB, DAY
18 C--ENTRADA DE DADOS
19 READ(S,*) NREP, MANOS, DAY
20 DO 10 R=1, NREP
21   INICIO=0
22   FIN=0
23   DO 11 I=1, MANOS
24     INICIO=FIN+1
25     FIN=FIN+12
26     READ(S,*) (ONC(R), T)=INICIO, FIN)
27 10 CONTINUE
28 DO 14 J=INICIO, FIN
29   IF (ONC(J), (J), (J), (J)) GO TO 12
30 11 CONTINUE
31 12 TMAX=J-1
32 DO 13 I=1, NREP
33 13 READ(S,*) REPRESENT(I), VARM(I), VVORT(I), OJ(I)
34 READ(S,*) MADUZ, (MADUZ(I), I=1, MADUZ)
35 READ(S,*) QTOT, QACRES, CAPTOT
36 DO 15 I=1, MADUZ
37   SQADUZ=SQADUZ+MADUZ(I)
38 15 CALL LISDAD
39 CAPTOT=CAPTOT+1.0E3
40 READ(S,*) NCASOS
41 DO 20 IC=1, NCASOS
42 READ(S,*) MESICH, ANOINI
43 READ(S,*) MESOCH, ANOIS
44 MESINI=MRESCH(MESICH)
45 MESOIS=MRESCH(MESOCH)
46 MWEINI=(ANOINI-13)*12 + MESINI
47 MNOIS=(ANOIS-13)*12 + MESOIS
48 MNOBS=MRESCH(MWEINI)+1
49 DO 61 R=1, NREP
50 READ(S,*) MESECH(R), ANOENT(R)
51 ME=MRESCH(MESECH(R))
52 MWEENT=(ANOENT(R)-13)*12 + ME
53 MWEENT(R)=MWEENT-MWEINI+1
54 61 CONTINUE
55 CALL LISCAS
56 DO 31 J1=1, 120
57 DO 31 J2=1, 120
58 31 STATUS(I, J)=0
59 DO 39 R=1, NREP
60 IF (RESENT(R), (R), (R)) THEN
61 DO 32 T=1, 100
62 32 STATUS(R, T)=1
63 ELSE
64 DO 40 T=1, MESENT(R)-1
65 40 STATUS(R, T)=0
66 DO 50 T=MESENT(R), NOBS
67 50 STATUS(R, T)=1
68 END IF
69 39 CONTINUE
70 DO 62 T=1, 120
71 DO 62 J=1, 100
72 62 SS(I, J)=0
73 DO 68 N=1, NOBS
74 DO 61 T=1, TMAX-N+1, 12
75 DO 61 T1=T, T+N-1
76 DO 61 J=1, NREP
77   IF (NOENT(12), (12), (12)) THEN
78     M=T/12
79   ELSE
80     M=T/12+1
81   END IF
82   SSCH(M)=STATUS(J, T1)+1+(NOENT(T1)+SSCH(M))
83   CONTINUE
84   IF (NOENT(12), (12), (12)) THEN
85     IPOS(N)=CT-12/12
86   ELSE
87     IPOS(N)=(T-12)/12+1
88   END IF
89   CONTINUE
90 DO 78 N=1, NOBS
91 DO 78 T=1, IPOS(N)
92 78 SSCH(T)=LOG10(SSCH(T)/FLOAT(N))
93 CALL MDDVP
94 DO 94 T=1, 120
95 94 QJUS(T)=0.0
96 DO 98 T=1, NOBS
97 DO 98 R=1, NREP
98 98 QJUS(T)=STATUS(R, T)+QJ(R)+QJUS(T)
99 DO 100 T=1, NOBS
100 100 QRET(T)=QTOT-SQADUZ+QJUS(T)+(CT-13)*QACRES
101 QRET=0
102 DO 140 T=1, NOBS
103 SQRET=QRET+QRET(T)
104 140 QRET(T)=SQRET/FLOAT(T)
105 VBAR=0
106 VVAR=0
107 DO 121 I=1, NREP
108 VBAR=VBAR+VARM(I)+1.0E3
109 121 VVAR=VVAR+VVORT(I)+1.0E3
110 DO 120 T=1, NOBS
111 DO 120 PORCEN=1, 14
112   Q=CAPTOT*(FLOAT(PORCEN)-1.34837100)-(VBAR+VVORT)
113   IF (Q<0) THEN
114     IF (Q<0) THEN
115       Q=0
116     ELSE
117       Q=Q*QACRES+LOG10(QACRES)/(CT)+0.6480+0.413
118     Z=QACRES*(PORCEN-RMEDIA(T))/DESPRD(T)
119     PROB(T, PORCEN)=PROBNO(Z)
120   END IF
121 CONTINUE
122 CALL LISPRO
123 CONTINUE
124 STOP
125 END
126 SUBROUTINE CAB1
127 CHARACTER*8 DAY
128 COMMON /IMPRES/ IPAG, LINHA, PROB(40), (40), DAY
129 WRITE(6, 10) IPAG, DAY
130
131 10 FORMAT(4//, '1', '4321', '3', //
132   '33X, COMPANHIA DE SANEAMENTO BASICO DO
133   ' ESTADO DE SAO PAULO', '22X, FOLHA : '13, ' ',
134   '1', '138X', ' ', //
135   '54X, DIRETORIA DE OPERACAO', '53X, ' ', //
136   '51X, SUPERINTENDENCIA DE PRODUCAO', '49X, ' ', //
137   '48X, DEPARTAMENTO DE APOIO E CONTROLE',
138   ' DA PRODUCAO', '28X, AB, ' ', //
139   '138X', '1', '1', '4321', '3', //
140   '46X, PREVISAO DE ARMAZENAMENTO DE AGUA BRUTA')
141 LINHA=14
142 RETURN
143 END
144 SUBROUTINE LISDAD
145 CHARACTER*8 DAY
146 CHARACTER*28 REPRESENT
147 COMMON /REPR/ REPR(20), VARM(20), VVORT(20), OJ(20), MREP, MESINI
148 COMMON /VAZ/ QYDT, SQADUZ, QACRES, CAPTOT, RESENT(20)
149 COMMON /PROB/SS(40), DESPRD(40), NOBS, IPOS(40), RMDIA(40)
150 COMMON /IMPRES/ IPAG, LINHA, PROB(40), (40), DAY
151 CALL CAB1
152 WRITE(6, 10)
153 10 FORMAT(5X, 'DADOS UTILIZADOS NA SIMULACAO', //,
154   '32X, 'REPRES', '4X, 'VOLUME', '18X, 'VOLUME', '46X, 'DESCARDA', //,

```

```

455 651X,'ARMAZENADO',46X,'NINIRO',45X,'A JUSANTE',//
456 652X,('100003'),45X,('100003'),46X,('N3/S'),//
457 DO 20 I=1,NREP
458 WRITE(6,30) REPRES(I),VARI(I),VMORT(I),OJ(I)
459 FORMATE(,26X,A20.6X,F0.1,46X,F0.1,46X,F5.2)
460 CONTINUE
461 WRITE(6,40) CAPTOT,DTOT,QACRES,SOMADU
462 FORMATE(,26X,'CAPACIDADE TOTAL DE ARMAZENAMENTO : ',F9.4,
463 6 ('100003'),//,
464 626X,'DEMANDA TOTAL ATUAL : ',10X,F5.2, ' (N3/S)',//,
465 626X,'ACRESCIMO MENSAL NA DEMANDA : ',10X,F5.2, ' (N3/S)',//,
466 626X,'VAZAO ADUZIDA POR OUTROS SISTEMAS : ',4X,F5.2, ' (N3/S)',//
467 LINHA=0
468 RETURN
469 END
470 SUBROUTINE LISGAS
471 CHARACTER*20 REPRES
472 CHARACTER*8 DAY
473 CHARACTER*3 MESICH,MESDOCH,MESSECH(20)
474 INTEGER ANOINI,ANOS,ANOENT(20)
475 COMMON /ANOS/ ANOINI,ANOS,ANOENT
476 COMMON /MESES/ MESICH,MESDOCH,MESSECH
477 COMMON /REPR/ REPRES(20),VARI(20),VMORT(20),OJ(20),NREP,MESINI
478 COMMON /VAZ/ DTOT,SOMADU,QACRES,CAPTOT,MESENT(20)
479 COMMON /PROB/ SS(120,100),DESPRO(120),NOBS,IPOS(100),RMEDIA(120)
480 COMMON /IMPRES/ IPAG,LINHA,PROB(120,11),DAY
481 CALL CAR1
482 WRITE(6,10) MESICH,ANOINI,MESDOCH,ANOS
483 FORMATE(,40X,'INICIO : ',A3.2X,I2,10X,'FIN : ',A3.2X,I2)
484 WRITE(6,20)
485 FORMATE(,54X,'REPRES',46X,'ENTRADA')
486 DO 30 I=1,NREP
487 WRITE(6,40) REPRES(I),MESSECH(I),ANOENT(I)
488 FORMATE(,40X,A20.9X,A3.2X,I2)
489 CONTINUE
490 LINHA=0
491 RETURN
492 END
493 SUBROUTINE LISPRO
494 INTEGER ANOINI,ANOS,ANOENT,ANO
495 CHARACTER*20 REPRES(20)
496 CHARACTER*3 TABRES(20)
497 CHARACTER*8 DAY
498 COMMON /ANOS/ ANOINI,ANOS,ANOENT(20)
499 COMMON /THES/ TABRES
500 COMMON /REPR/ REPRES,VARI(20),VMORT(20),OJ(20),NREP,MESINI
501 COMMON /IMPRES/ IPAG,LINHA,PROB(120,11),DAY
502 COMMON /PROB/ SS(120,100),DESPRO(120),NOBS,IPOS(100),RMEDIA(120)
503 I=1
504 IF((LINHA-01.57).OR.(LINHA-01.5)) THEN
505 CALL CAR1
506 LINHA=LINHA+11
507 WRITE(6,10)
508 FORMATE(,57X,'PROBABILIDADE DE SER ATINGIDO VOLUME',
509 6 ' ARMAZENADO SUPERIOR',//,57X,
510 6 ' AO INDICADO (EM PORCENTAGEM), AO FINAL DE',
511 6 ' DETERMINADO MES',//,
512 614X,'PERIODO',34X,'VOLUME ARMAZENADO (2)',//,
513 630X,'0',40X,'7X',20X,'7X',30X,'7X',40X,'7X',50X,
514 67X,'60',7X,'70',7X,'80',7X,'90',7X,'100')
515 END IF
516 LINHA=LINHA+2
517 MES=NOI(MESINI+(I-1),12)
518 IF(MES-01) THEN
519 MES=12
520 END IF
521 MAUX=MESINI+(I-1)
522 IF(MOI(MAUX,12),01) THEN
523 ANO=ANOINI+MAUX/12-1
524 ELSE
525 ANO=ANOINI+MAUX/12
526 END IF
527 WRITE(6,20) TABRES(MES),ANO,IPROB(I),J,J=1,41)
528 FORMATE(,44X,A3.2X,I2,3X,4(4X,F5.1))
529 I=I+1
530 IF(I-LE:NOBS) GO TO 30
531 LINHA=0
532 RETURN
533 END
534 SUBROUTINE MEDDUP
535 COMMON /PROB/ SS(120,100),DESPRO(120),NOBS,IPOS(100),RMEDIA(120)
536 DO 10 I=1,NOBS
537 RMEDIA(I)=0.
538 DESPRO(I)=0.
539 DO 20 N=1,NOBS
540 S=0.
541 DO 30 J=1,IPOS(N)
542 S=S+SS(N,J)
543 RMEDIA(N)=S/FLOAT(IPOS(N))
544 CONTINUE
545 DO 40 N=1,NOBS
546 S=0.
547 DO 50 J=1,IPOS(N)
548 S=S+(SS(N,J)-RMEDIA(N))*2
549 DESPRO(N)=SURT(S/FLOAT(IPOS(N)-1))
550 CONTINUE
551 RETURN
552 END
553 FUNCTION PROBNO(X)
554 AX=ABS(X)
555 T=1.0/(1.0+0.2316419*AX)
556 P=0.398942384*EXP(-AX*AX/2.0)
557 F=1.0-0.2316419*AX*(1.3382641+1.8212561*AT+1.781478)*AT
558 G=0.3654381*AT+0.3492345)
559 IF(IX,GE,0) GO TO 10
560 F=1.0-P
561 PROBNO=(1.0 - P) * 100
562 RETURN
563 END
564 FUNCTION NMES(MESCH)
565 CHARACTER*3 MESCH,TABRES(12)
566 COMMON /THES/ TABRES
567 DATA TABRES /'JAN','FEV','MAR','ABR','MAI',
568 'JUN','JUL','AGO','SET','OUT',
569 'NOV','DEZ'/
570 DO 10 I=1,12
571 IF(MESCH-ED,TABRES(I)) GO TO 20
572 CONTINUE
573 NMES=I
574 RETURN
575 END
576 END OF FILE

```

LISTAGEM DO PROGRAMA

(volume d'écrit de suite)

```

P A
1 C--PREVISAO DE ARMAZEMAZETO DE AGUA BRUTA
2 INTEGER DI,DMAX
3 DIMENSION ON(20,040),VARI(20),VMORT(20),
4 SOMADU(20),OJ(20),OJUS(100),
5 MESENT(20),STATUS(20,100),SS(100,70),

```

```

6 IPOS(100),DRET(100),DMRET(100),QNEC(100,41)
7 6,PROB(100,11),RMEDIA(100),DESPRO(100)
8 INTEGER ANOINI,ANOS,ANOENT(20)
9 6,DIANI,DIADDS,DIAGENT
10 CHARACTER*3 MESICH,MESDOCH,MESSECH(20)
11 COMMON /ANOS/ ANOINI,ANOS,ANOENT
12 6,DIANI,DIADDS,DIAGENT(20)
13 COMMON /MESES/ MESICH,MESDOCH,MESSECH
14 INTEGER DIAC
15 COMMON /MESAC/ DIAC(12),MESDIA(12)
16 COMMON /DI/ DI
17 INTEGER FIN,R,PORCEN,T,TMAX,T1
18 CHARACTER*8 DAY
19 CHARACTER*20 REPRES(20)
20 COMMON /PROB/ SS,DESPRO,NOBS,IPOS, RMEDIA
21 6,REPR/ REPRES,VARI,VMORT,OJ,NREP,MESINI
22 COMMON /VAZ/ DTOT,SOMADU,QACRES,CAPTOT,MESENT
23 COMMON /IMPRES/ IPAG,LINHA,PROB,DAY
24 DIAC(1) = 0
25 DIAC(2) = 34
26 DIAC(3) = 59
27 DIAC(4) = 90
28 DIAC(5) = 120
29 DIAC(6) = 151
30 DIAC(7) = 181
31 DIAC(8) = 212
32 DIAC(9) = 243
33 DIAC(10) = 273
34 DIAC(11) = 304
35 DIAC(12) = 334
36 MESDIA(1) = 31
37 MESDIA(2) = 28
38 MESDIA(3) = 31
39 MESDIA(4) = 30
40 MESDIA(5) = 31
41 MESDIA(6) = 30
42 MESDIA(7) = 31
43 MESDIA(8) = 31
44 MESDIA(9) = 30
45 MESDIA(10) = 31
46 MESDIA(11) = 30
47 MESDIA(12) = 31
48 C--ENTRADA DE DADOS
49 READ(6,*) NREP,NANOS,DAY
50 DO 10 R=1,NREP
51 IMICIO=0
52 FIN=0
53 DO 10 I=1,NANOS
54 IMICIO=FIN+1
55 FIN=FIN+12
56 READ(6,*) (ON(R,T),T=IMICIO,FIN)
57 CONTINUE
58 DO 11 J=IMICIO,FIN
59 IF(ON(1,J),01) GO TO 12
60 CONTINUE
61 TMAX=J-1
62 IF(MOI(TMAX,12),NE,0) K=DIAC(MOI(TMAX,12))
63 DMAC=(DMAC(TMAX/12)+365) + K
64 DO 1 I=1,NREP
65 READ(6,*) REPRES(I),VARI(I),VMORT(I),OJ(I)
66 READ(6,*) SOMADU,(OJUS(I),I=1,SOMADU)
67 READ(6,*) DTOT,QACRES,CAPTOT
68 QACRES=QACRES/30.
69 DO 80 I=1,SOMADU
70 SOMADU=SOMADU+OJUS(I)
71 CALL LISGAS
72 CAPTOT=CAPTOT+4.0E3
73 READ(6,*) NCASOS
74 DO 20 IC=1,NCASOS
75 READ(6,*) DIANI,MESICH,ANOINI
76 READ(6,*) DIADDS,MESDOCH,ANOS
77 MESINI=NMES(MESICH)
78 MESDOS=NMES(MESDOCH)
79 NMESINI=(ANOINI-1)*365 + DIAC(MESINI) + DIANI
80 NMESDOS=(ANOS-1)*365 + DIAC(MESDOS) + DIADDS
81 NOBS=NMESINI+NMESDOS
82 DI=DIAC(MESINI)+DIANI
83 DO 81 R=1,NREP
84 READ(6,*) DIAENT(R),MESECH(R),ANOENT(R)
85 ME=NMES(MESECH(R))
86 NMEENT=(ANOENT(R)-1)*365 + DIAC(ME) + DIACTER
87 MESETER(R)=NMEENT-NMEINI+4
88 CONTINUE
89 CALL LISGAS
90 DO 31 I=1,20
91 DO 31 J=1,100
92 STATUS(I,J)=0.
93 DO 30 R=1,NREP
94 IF(MESENT(R),01) THEN
95 DO 32 T=1,NOBS
96 STATUS(R,T)=1.
97 ELSE
98 DO 40 T=1,MESENT(R)-1
99 STATUS(R,T)=0.
100 DO 50 T=MESENT(R),NOBS
101 STATUS(R,T)=1.
102 END IF
103 CONTINUE
104 DO 62 I=1,100
105 DO 62 J=1,70
106 SS(I,J)=0.
107 DO 40 N=1,NOBS
108 DO 41 T=DI,DMAX-N+1,365
109 DO 41 I=1,NREP
110 DO 41 J=1,NREP
111 IF(MOI(T,365),01) THEN
112 NM=T/365
113 ELSE
114 NM=T/365+1
115 END IF
116 T1AUX=NOBS*(T1)
117 SS(N,NM)=STATUS(I,T1-T+1)+ON(I,T1AUX)+SS(N,NM)
118 CONTINUE
119 IF(MOI(T,365),01) THEN
120 IPOS(N)=(T-365)/365
121 ELSE
122 IPOS(N)=(T-365)/365+1
123 END IF
124 CONTINUE
125 DO 70 N=1,NOBS
126 DO 70 T=1,IPOS(N)
127 SS(N,T)=LOG(1+SS(N,T)/FLOAT(N))
128 CALL MEDDUP
129 DO 91 T=1,100
130 OJUS(T)=0.0
131 DO 90 R=1,NREP
132 OJUS(T)=STATUS(R,T)+OJ(R)+OJUS(T)
133 DO 100 T=1,NOBS
134 ORET(T)=DTOT-SOMADU+OJUS(T)+(T-1)*QACRES
135 OSRET=0.
136 DO 110 T=1,NOBS
137 OSRET=OSRET+ORET(T)
138 USARR=0.
139 USMORT=0.
140 USARR=0.
141 DO 121 I=1,NREP
142 USARR=USARR+VARI(I)+1.0E3
143 VMORT=VMORT+VMORT(I)+1.0E3
144 DO 120 T=1,NOBS
145 DO 120 PORCEN=1,41
146 QNEC(T,PORCEN)=DMRET(T)+((T-1)*86400)

```

```

148  *CAPTOT=((FLOAT(PORCEN)-1.3+10.)/100.)-(USARN+VSHORT)
149  IF(QNEC(T,PORCEN).LE.0.) THEN
150  PROB(T,PORCEN)=100.
151  ELSE
152  QNEC(T,PORCEN)=LOG(QNEC(T,PORCEN)/((T)*84400))
153  Z=(QNEC(T,PORCEN)-RHEDIAT(T))/DESPRD(T)
154  PROB(T,PORCEN)=PROBNO(Z)
155  END IF
156 120 CONTINUE
157  CALL LISPRO
158 20 CONTINUE
159  STOP
160  END
161  SUBROUTINE CAPT
162  CHARACTER*8 DAY
163  COMMON /IMPRES/ IPAG,LINHA,PROB(100,4),DAY
164  IPAG=IPAG+1
165  WRITE(4,10) IPAG,DAY
166 10  FORMAT(//,' ',432(' '),//
167  ' ',33X,'COMPANHIA DE SANEAMENTO BASICO DO
168  ' ESTADO DE SAO PAULO',22X,'FOLHA ',13,' ',
169  ' ',130X,' ',//
170  ' ',54X,'DIRETORIA DE OPERACOES',53X,' ',//
171  ' ',54X,'SUPERINTENDENCIA DE PRODUCAO',49X,' ',//
172  ' ',48X,'DEPARTAMENTO DE AFOIO E CONTROLE',
173  ' ',DA,'PRODUCAO',20X,'AB.',
174  ' ',130X,' ',//,4X,432(' '),//
175  444X,'PREVISAO DE ARMAZENAMENTO DE AGUA BRUTA')
176  LINHA=14
177  RETURN
178  END
179  SUBROUTINE LISPAD
180  CHARACTER*8 DAY
181  CHARACTER*20 REPRES
182  COMMON /REPR/REPRES(20),VARN(20),VNORT(20),OJ(20),NREP,MESINI
183  COMMON /VAZ/ QTOT,SGADUZ,QACRES,CAPTOT,MESENT(20)
184  * /PROB/SS(100,70),DESPRD(100),NOBS,IPOS(100),RHEDIAT(100)
185  COMMON /IMPRES/ IPAG,LINHA,PROB(100,4),DAY
186  CALL CAB1
187  WRITE(6,10)
188 10  FORMAT(//,52X,'DADOS UTILIZADOS NA SIMULACAO',//,
189  432X,'REPRES',4X,'VOLUME',48X,'VOLUME',16X,'DESCARDA',//,
190  454X,'ARMAZENADO',46X,'NINHO',45X,'A JUSANTE',//,
191  452X,'(4000M3)',46X,'(4000M3)',46X,'(M3/S)',//
192  DO 20 I=1,NREP
193  WRITE(6,20) REPRES(I),VARN(I),VNORT(I),OJ(I)
194 20  FORMAT(//,26X,A20,6X,F8.1,46X,F8.1,46X,F5.2)
195 20 CONTINUE
196  WRITE(6,40) CAPTOT,QTOT,QACRES,SGADUZ
197 40  FORMAT(//,26X,'CAPACIDADE TOTAL DE ARMAZENAMENTO : ',F9.1,
198  ' '(4000M3)',//,
199  626X,'DEMANDA TOTAL ATUAL : ',40X,F5.2,' (M3/S)',//,
200  626X,'ACRESCIHO MENSAL NA DEMANDA : ',40X,F5.2,' (M3/S)',//,
201  626X,'VAZAO ADUZIDA POR OUTROS SISTEMAS : ',4X,F5.2,' (M3/S)')
202  LINHA=0
203  RETURN
204  END
205  SUBROUTINE LISCAS
206  CHARACTER*20 REPRES
207  CHARACTER*8 DAY
208  CHARACTER*3 MESICH,MESDICH,MESECH(20)
209  INTEGER ANOINI,ANOS,ANOENT(20)
210  * ,DIAINI,DIAOS,DIAENT(20)
211  COMMON /ANOS/ ANOINI,ANOS,ANOENT
212  * ,DIAINI,DIAOS,DIAENT
213  COMMON /MESES/ MESICH,MESDICH,MESECH
214  COMMON /REPR/ REPRES(20),VARN(20),VNORT(20),OJ(20),NREP,MESINI
215  COMMON /VAZ/ QTOT,SGADUZ,QACRES,CAPTOT,MESENT(20)
216  COMMON /PROB/SS(100,70),DESPRD(100),NOBS,IPOS(100),RHEDIAT(100)
217  COMMON /IMPRES/ IPAG,LINHA,PROB(100,4),DAY
218  CALL CAB1
219  WRITE(6,10) DIAINI,MESICH,ANOINI,DIAOS,MESDICH,ANOS
220 10  FORMAT(//,48X,'INICIO : ',32,2X,A3,2X,12,40X,'FIN : ',
221  32,2X,A3,2X,12)
222  WRITE(6,20)
223 20  FORMAT(//,54X,'REPRES',46X,'ENTRADA')
224  DO 30 I=1,NREP
225  WRITE(6,40) REPRES(I),DIAENT(I),MESECH(I),ANOENT(I)
226 40  FORMAT(//,40X,A20,7X,32,2X,A3,2X,12)
227 30 CONTINUE
228  LINHA=0
229  RETURN
230  END
231  SUBROUTINE LISPRO
232  INTEGER ANOINI,ANOS,ANOENT,ANO
233  * ,DIAINI,DIAOS,DIAENT(20)
234  CHARACTER*20 REPRES(20)
235  CHARACTER*3 TABMES(20)
236  CHARACTER*8 DAY
237  COMMON /ANOS/ ANOINI,ANOS,ANOENT(20)
238  * ,DIAINI,DIAOS,DIAENT
239  COMMON /TNES/ TABMES
240  COMMON /REPR/ REPRES,VARN(20),VNORT(20),OJ(20),NREP,MESINI
241  COMMON /IMPRES/ IPAG,LINHA,PROB(100,4),DAY
242  COMMON /PROB/ SS(100,70),DESPRD(100),NOBS,IPOS(100),RHEDIAT(100)
243  INTEGER DIA,DI
244  COMMON /DI/ DI
245  INTEGER DIAC
246  COMMON /RESAC/DIAC(12),MESDIAC(12)
247  DIA=DIAINI+1
248  MES=MESINI
249  ANO=ANOINI
250  I=1
251 30 IF((LINHA.GT.57).OR.(LINHA.EQ.0)) THEN
252  CALL CAB1
253  LINHA=LINHA+12
254  WRITE(6,10)
255 10  FORMAT(//,37X,'PROBABILIDADE DE SER ATINGIDO VOLUME',
256  ' ARMAZENADO SUPERIOR',7,37X;
257  ' AO INDICADQ (EM PORCENTAGEM), AO FINAL DE',
258  ' DETERMINADO MES',////,
259  444X,'PERIODO',34X,'VOLUME ARMAZENADO (I)',//,
260  430X,' ',8X,' ',10,'7X',20,'7X',30,'7X',40,'7X',50',
261  47X',60',7X',70',7X',80',7X',90',7X',100',//)
262  END IF
263  C LINHA=LINHA+1
264  DIA=DIA+1
265  IF(DIA.GT.MESDIAC(MES)) THEN
266  DIA=1
267  MES=MES+1
268  IF(MES.GT.12) THEN
269  MES=1
270  ANO=ANO+1
271  END IF
272 272
273 273
274 20 WRITE(6,20) DIA,TABMES(MES),ANO,(PROB(I,37),I=1,11)
275 20  FORMAT(48X,32,2X,A3,2X,12,3X,11(4X,F5.1))
276  I=I+1
277  IF(I.LE.NOBS) GO TO 30
278  LINHA=0
279  RETURN
280  END
281  SUBROUTINE HEDDVP
282  COMMON /PROB/ SS(100,70),DESPRD(100),NOBS,IPOS(100),RHEDIAT(100)
283  DO 10 I=1,NOBS
284  RHEDIAT(I)=0
285  DESPRD(I)=0
286  DO 20 N=1,NOBS
287  S=0
288  DO 30 J=1,IPOS(N)
289  S=S+SS(N,J)
290  RHEDIAT(N)=S/FLOAT(IPOS(N))
291 20 CONTINUE
292  DO 40 N=1,NOBS
293  S=0
294  DO 50 J=1,IPOS(N)
295  S=S+(SS(N,J)-RHEDIAT(N))**2
296  DESPRD(N)=SQRT(S/FLOAT(IPOS(N)-1))
297 296 40 CONTINUE
298  RETURN
299  END
300  FUNCTION PROBNO(X)
301  AX=ABS(X)
302  T=1.0/(1.0+0.2316419*AX)
303  P=1.0-0.39894228*EXP(-X*X/2.0)
304  P=1.0-DATN(C(1.330274*t-1.821256)*T+1.704778)*T
305  P=0.3545438*t+0.3193815
306  IF(X.GE.0) GO TO 10
307  P=1.0-P
308 10  PROBNO=(1.0-P)*100
309  RETURN
310  END
311  FUNCTION MWES(MESCH)
312  CHARACTER*3 MESCH,TABMES(12)
313  COMMON /TNES/ TABMES
314  DATA TABMES /'JAN','FEV','MAR','ABR','MAI',
315  'JUN','JUL','AGO','SET','OUT',
316  'NOV','DEZ'/
317  DO 10 I=1,12
318  IF(MESCH.EQ.TABMES(I)) GO TO 20
319 20 CONTINUE
320  MWES=I
321  RETURN
322  END
323  FUNCTION NOAHES(IDIA)
324  INTEGER DIAC
325  COMMON /MESAC/ DIAC(12),MESDIAC(12)
326  IF(MOD(IDIA,365).NE.0) THEN
327  IRESTO=MOD(IDIA,365)
328  DO 10 I=2,12
329 10 IF((IRESTO.GE.DIAC(I-1)).AND.(IRESTO.LT.DIAC(I))) GO TO 20
330  K=I-1
331  END IF
332  NOAHES=(IDIA/365)+12+K
333  RETURN
334  END
335  END OF FILE

```