

IV JORNADAS TÉCNICAS DA APRH

2o. ENCONTRO NACIONAL DOS DISTRIBUIDORES DE AGUA

EXPLORAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS. SUA FIABILIDADE.

TÉCNICAS DE SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE AGUA
MUNICIPAIS EM MICROCOMPUTADORES

EDUARDO RIBEIRO DE SOUSA

Professor Associado do Instituto Superior Técnico. Consultor da Hidroquatro, Consultores de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Lda.. Lisboa. Portugal.

ULISSES LAGES DA SILVA

Engenheiro Civil. Hidroquatro, Consultores de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Lda.. Lisboa. Portugal.

RESUMO

O desenvolvimento de modelos computacionais de análise e simulação de sistemas de distribuição de água municipais tem vindo a merecer a atenção de diversos investigadores nos últimos anos. No entanto, a aplicação prática de uma parte significativa destes modelos estava limitada apenas aos engenheiros que tinham acesso fácil a computadores de médio e grande porte, os quais são de utilização complexa e onerosa.

Recentemente, com a introdução no mercado dos modernos microcomputadores com potencialidades cada vez mais avançadas, a custos perfeitamente compatíveis com as capacidades financeiras dos municípios e de utilização bastante acessível, mesmo para técnicos não familiarizados com a informática, a perspectiva apontada parece ter tendência a alterar-se progressivamente, no sentido de uma maior vulgarização na aplicação destas tecnologias pelos técnicos de engenharia de sistemas de distribuição de água.

A presente comunicação tem por objectivo apresentar as características e potencialidades de um conjunto de três programas nesta área do conhecimento, desenvolvidos para utilização em microcomputadores do tipo Personal Computer.

1 - INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água municipais sempre constituíram infraestruturas de saneamento básico essenciais ao bem-estar das populações. O dimensionamento e exploração deste tipo de infraestruturas, de forma a garantir o mais adequado funcionamento hidráulico e a minimização dos encargos de exploração, devem constituir, entre outras, duas das preocupações fundamentais dos técnicos ligados à engenharia municipal. Por outro lado, com o evoluir dos tempos os sistemas de distribuição de água têm vindo a caracterizar-se por uma complexidade crescente, o que coloca aos engenheiros uma dificuldade, igualmente crescente, para o cabal cumprimento daquelas duas preocupações fundamentais.

Estes aspectos, associados à evolução progressiva dos meios informáticos, têm merecido uma grande atenção por parte de diversos investigadores nos últimos quinze anos, no sentido de desenvolver novas tecnologias de análise e simulação dos sistemas. Dentro destas tecnologias destacam-se os modelos computacionais de análise e simulação hidráulica dos sistemas, tendo-se atingido, presentemente, um enorme nível de sofisticação.

No entanto, nem sempre esta inovação tecnológica tem sido acompanhada de igual entusiasmo em aplicações práticas, o que em certa medida constitui uma evolução natural, sempre que se pretende introduzir novas tecnologias, em substituição das tradicionalmente utilizadas. Para além disso, considera-se que uma das razões adicionais desta situação é que a utilização de uma parte significativa daqueles modelos computacionais estava limitada apenas aos engenheiros que tinham acesso fácil a computadores de médio e grande porte, os quais são de utilização complexa e onerosa.

Recentemente, com a introdução no mercado dos modernos microcomputadores com potencialidades cada vez mais avançadas, a custos perfeitamente compatíveis com as capacidades financeiras dos municípios e de utilização bastante acessível, mesmo para técnicos não familiarizados com a informática, a perspectiva apontada parece ter tendência a alterar-se progressivamente, no sentido de uma maior vulgarização na aplicação destas tecnologias pelos técnicos de engenharia de sistemas de distribuição de água. Em Portugal, este sentido de mudança parece estar a dar os primeiros passos, afirmação fundamentada na experiência prática que os autores têm tido na aplicação destas tecnologias, para além do trabalho de investigação e desenvolvimento realizado.

A presente comunicação tem por objectivo apresentar as características e potencialidades de um conjunto de três programas nesta área do conhecimento (programas SIDADOS/MICRO/H4, SIDINA/MICRO/H4 e SIDIGRA/MICRO/H4), os quais são utilizados em cadeia e se destinam à preparação e edição interactiva dos ficheiros de dados para a análise do equilíbrio hidráulico ou simulação dinâmica (igualmente designada por simulação em regime quase-permanente) e para o processamento interactivo gráfico dos resultados.

Estes programas foram desenvolvidos em linguagem FORTRAN ("Microsoft Fortran", versão 3.31) e podem ser instalados em microcomputadores pessoais do tipo IBM compatível (os programas foram inicialmente desenvolvidos num SPERRY PC IT), sendo a configuração exigida em meios informáticos a que a seguir se indica:

- * Sistema operativo: MS-DOS (versão 2.xx ou 3.x).
- * Memória RAM: 512 Kb.

- * Unidade de disco rígido: recomendável, com um mínimo de 10 Mb.
- * Processador: 8088 ou 80286 da Intel.
- * Co-processador: 8087 ou 80287 da Intel (opcional).
- * Periféricos de saída: os indicados mais adiante.

Refira-se que os programas que se apresentam no âmbito da presente comunicação têm vindo a ser aplicados pelos autores em diversos casos práticos, em Portugal, dos quais se salientam os sistemas de abastecimento de água aos concelhos de Cascais (RIBEIRO DE SOUSA e COSTA (1984); RIBEIRO DE SOUSA, LAGES, SALSINHA e VIDEIRA (1985a e 1985b)) e Sintra (RIBEIRO DE SOUSA e LAGES (1986a e 1986b)), as redes de distribuição de água ao Território de Macau e à cidade de Castelo Branco (HIDROSISTEMAS (1986)) e o sistema da rede de distribuição de água à cidade de Lisboa de Campo de Ourique/Monsanto (RIBEIRO DE SOUSA e BETAMIO DE ALMEIDA (1986)).

2 - PROGRAMAS COMPUTACIONAIS PARA ANÁLISE E SIMULAÇÃO HIDRAULICA

2.1 - Programa de preparação interactiva de ficheiros de dados

Este programa é designado por SIDADOS/MICRO/H4 (HIDROQUATRO (1987a)) , sigla abreviada para Simulação Dinâmica de Sistemas de Distribuição de Água - Preparação de Ficheiros de DADOS - Versão para MICROcomputadores, e destina-se, como o próprio nome indica, a preparar os ficheiros de dados para as execuções de análise e simulação dos sistemas de distribuição de água, através do programa SIDINA/MICRO/H4.

Trata-se de um programa interactivo, auto-explicativo e de operação muito simples, o que o torna bastante acessível mesmo a utilizadores que não estejam familiarizados com microcomputadores. Esta programa permite manipular ficheiros nas modalidades de operação: criação, edição, impressão, alteração e paragem de processamento.

Para o efeito, o programa é constituído por uma sucessão de máscaras de ecran ou "menus" (como se mostra na Figura 1), sendo as três primeiras relativas, respectivamente, à identificação do programa, às instruções sumárias para a sua utilização e ao "menu" que permite escolher a modalidade de operação desejada e a designação do ficheiro a manipular, salvo se se pretender parar o processamento.

As restantes máscaras de ecran podem ser agrupadas em blocos, consoante a modalidade de operação escolhida pelo utilizador. Dentro de cada máscara correspondente a um dado bloco, distinguem-se duas partes: a primeira indica o modo de operação escolhido e à qual está associada uma dada cor, mantendo-se inalterável enquanto a respectiva operação não for concluída; a segunda parte engloba uma série de questionários, cujas perguntas variam consoante o modo de operação activo, e que devem ser respondidos de acordo com um determinado código de cores. Assim, para os campos com as cores azul, preto ou amarelo, o utilizador deve introduzir variáveis reais, inteiras ou alfanuméricas, respectivamente.

Durante a execução do programa, é possível utilizar certas teclas com funções específicas, as quais têm por objectivo simplificar a sua utilização e a entrada e/ou alteração dos dados. Estas teclas são as que a seguir se indicam:

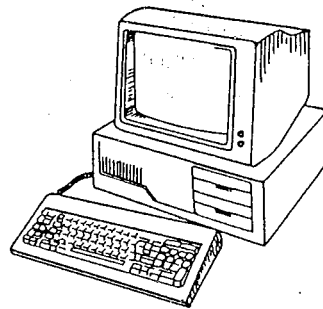
PROGRAMA S I D A D O S / M I C R O / H 4
 Programa interactivo de preparacao ou alteracao dos ficheiros de dados do programa SIDINA/MICRO/H4
 Lisboa - Abril 1986

Modo de operacao do programa :
 Criacao de ficheiro --> C
 Edicao de ficheiro --> E
 Impressao de ficheiro --> I
 Alteracao de ficheiro --> A
 Parar processamento --> P
 --> C
 Nome do ficheiro a Criar : EXEMPL01

HIDROQUATRO - Consultores de Hidraulica, Recursos Hidricos e Ambiente Lda.
 Modo de operacao --> CRIACAO

ELEMENTOS ESPECIAIS DO SISTEMA (responda com S ou N)
 O Sistema Possui :
 Factores de Ponta Diferenciados --> S
 Valvulas de Retencao --> S
 Reservatorios --> S
 Estacoes Elevatorias --> S
 Sobrepressores --> N
 Grupos em Paralelo --> N

Máscaras de ecran



Máscaras de ecran

HIDROQUATRO - Consultores de Hidraulica, Recursos Hidricos e Ambiente Lda.
 Modo de operacao --> CRIACAO

DADOS RESPEITANTES AS TUBAGENS

TUBG. Nr.	NO DE	PARA	COMP.	DIAM.	RUGOS.
9 10	3	8	800.	.2	"
10 11	9	1	500.	.3	"
11 12	10	101	250.	.45	"
12 121	101	2	350.	\	"
13 13	2	5	1150.	.15	"
14 1	1	2	800.	.300	"

Para parar a introducao de valores prima a tecla " F10 "

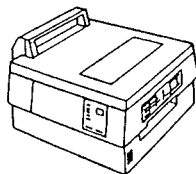
HIDROQUATRO - Consultores de Hidraulica, Recursos Hidricos e Ambiente Lda.
 Modo de operacao --> ALTERACAO

ALTERACAO DE DADOS RESPEITANTE A TUBAGENS

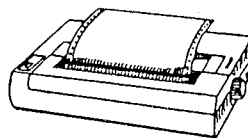
TUBAGENS --> ALTERAR
 ELIMINAR
 INTRODUIZIR
 PARAR

E

Nr. da Tubagen a ELIMINAR 1



Laser



Impressora



Suporte magnético

Fig. 1 - Representação esquemática da utilização do programa SIDADOS/MICRO/H4.

<F1> - no modo de criação, preenche o campo onde for primida com um valor igual ao do mesmo campo do vector anterior; no modo de alteração, mantém inalterável o campo onde for primida. Em qualquer dos casos o campo é preenchido com um sinal de =.

<F3> - no modo de criação, preenche todos os campos à direita do campo onde for primida com valores iguais aos da mesma posição do vector anterior; no modo de alteração, mantém inalteráveis todos os campos à direita do campo onde for primida. Em qualquer dos casos o campo é preenchido com uma \.

<F5> - especificamente utilizada no "menu" correspondente à selecção das opções alternativas para a execução das simulações com o programa SIDINA/MICRO/H4, destinando-se a manter inalteráveis as opções por defeito.

<F9> - tem uma função de ajuda ao utilizador, no sentido deste ter acesso, no ecran, a uma descrição sumária do significado das variáveis de opção.

<F10>- utilizada apenas no modo de criação e destinada a parar a introdução dos dados correspondentes a cada tipo de elementos do sistema de distribuição (tubagens, nós, reservatórios, estações elevatórias, etc.).

Refira-se que as teclas <F1> e <F3> têm uma função idêntica à das mesmas teclas no sistema operativo MS-DOS. Por outro lado, sempre que o utilizador inadvertidamente introduza um dado que não seja coerente com o tipo de informação necessária, a execução do programa não prossegue e o cursor é recolocado na posição inicial, sendo acompanhado de um sinal sonoro.

2.2 - Programa de simulação dos sistemas

Com base em técnicas e em princípios descritos por RIBEIRO DE SOUSA e SILVA (1986) foi implementado pelos autores um algoritmo para a análise do equilíbrio hidráulico e simulação dinâmica de sistemas de distribuição de água, em microcomputador. O programa de computador correspondente é designado por SIDINA/MICRO/H4, sigla abreviada para Simulação DINâmica de Sistemas de Distribuição de Agua - Versão para MICROcomputadores, é de âmbito bastante geral, numericamente muito eficiente e está orientado para a análise de sistemas malhados, ramificados ou mistos complexos e de grandes dimensões. Sumariamente apresenta as seguintes potencialidades:

1. Cálculo das condições de equilíbrio hidráulico e dimensionamento de componentes dos sistemas, tais como alturas de elevação e capacidades de estações elevatórias (EE) ou sobressoras (ESP) e/ou diâmetro das tubagens.

2. Simulação dinâmica dos sistemas em função de leis temporais de consumo nos nós e das capacidades de armazenamento nos reservatórios, das regras de operação (pressão ou tempo) das EE e ESP, do controle do caudal em tubagens, pela operação de válvulas, e dos caudais de alimentação do sistema de acordo com pressões em nós e cotas dos níveis de água nos reservatórios.

No que respeita às características do programa SIDINA/MICRO/H4, são de destacar as que a seguir se indicam:

1. O sistema de distribuição pode ser de qualquer tipo (malhado, ramificado ou misto) com alimentação através de EE, reservatórios ou nós. Outros tipos de elementos especiais podem ser analisados, tais como: ESP, diversos tipos de válvulas (seccionamento, válvulas redutoras de pressão (VRP), de pressão constante a montante, válvulas de retenção (VR)), orifícios e dispositivos de pressão diferencial. É permitida a fixação de caudais em determinadas tubagens e de pressão em certos nós de junção. Sempre que no sistema existam tubagens em paralelo, o algoritmo considera, para efeitos do equilíbrio hidráulico, uma

tubagem equivalente; a dimensão do problema fica assim reduzida e, consequentemente, o tempo de cálculo.

2. O programa apresenta um grande número de opções de utilização, todas elas com valores por defeito, alteráveis em função das exigências específicas de cada utilizador, salientando-se a escolha da equação a utilizar no cálculo das perdas de carga (Manning-Strickler, Hazen-Williams ou Darcy-Weisbach), do nível de informação dos resultados, do critério de convergência e da técnica de resolução do sistema de equações lineares do método de Newton-Raphson.

3. A definição das curvas características das EE e ESP pode ser feita por três ou mais pares de valores (H,Q) ou pela potência útil.

4. Para a resolução do sistema de equações lineares pelo método de Newton-Raphson para a equações das malhas (para uma análise mais detalhada sobre este aspecto consultar RIBEIRO DE SOUSA (1987)), o programa inclui três algoritmos alternativos: factorização de Cholesky, quando a matriz jacobiana é simétrica, positiva definida e após a sua transformação em banda; eficiente método de eliminação, se as válvulas redutoras de pressão ou outros elementos especiais destroem a simetria da matriz jacobiana, após a sua transformação em banda com a minimização da respectiva largura, através de um adequado ordenamento das equações e das incógnitas; técnicas de matrizes esparsas, independentemente da propriedade de simetria da matriz jacobiana. Em qualquer dos algoritmos a convergência é obtida, em geral, entre 4 e 10 iterações, independentemente da complexidade e da dimensão do sistema de distribuição em análise.

A estrutura dos dados de entrada do programa (leitura com formato livre e englobando uma vasta gama de procedimentos de verificação) é feita associando ao conjunto de dados correspondente a cada tipo de componente do sistema o nome de um comando (a ordem dos comandos é arbitrária). Os dados associados a cada comando obedecem a uma ordem tal que, no final da lista, figuram aqueles que mais frequentemente se mantêm constantes. Isto permite, por exemplo, a entrada do valor da rugosidade apenas para a primeira tubagem se as restantes tiverem o mesmo valor dessa rugosidade. A preparação destes dados de entrada pode ser feita na modalidade "batch" ou através do programa interactivo SIDADOS/MICRO/H4, anteriormente descrito. No Quadro 1 apresenta-se a listagem de um exemplo de um ficheiro de dados criado por este programa interactivo.

Os resultados numéricos do programa SIDADOS/MICRO/H4, para além das opções definidas nos dados de entrada, incluem essencialmente dois quadros síntese das condições de equilíbrio hidráulico; um correspondente aos troços e outro relativo aos nós. Os resultados incluem, ainda, as alturas de elevação, as potências e as energias consumidas em EE ou ESP, as energias dissipadas no escoamento e as cotas piezométricas a montante e a jusante de elementos especiais (VRP, etc.).

Na modalidade de simulação dinâmica o programa apresenta capacidades e uma flexibilidade dificilmente encontradas noutros algoritmos para esse fim. Os dados de entrada adicionais (que seguem os mesmos princípios anteriores, dependem das situações específicas a simular e são preparados, também, por utilização do programa SIDADOS/MICRO/H4) englobam, para além dos instantes inicial e final e o correspondente passo de cálculo da simulação, o seguinte: curvas de consumo (ou factores de ponta adimensionais) função do tempo e os nós ou conjunto de nós aos quais elas se aplicam; volumes de armazenamento nos reservatórios em função das respectivas alturas de água; cotas máximas e mínimas dos níveis de água nos reservatórios respeitantes às situações opera-

QUADRO 1 - EXEMPLO DE UM FICHEIRO DE DADOS CRIADO PELO PROGRAMA INTERACTIVO
SIDADOS/MICRO/H4

PROGRAMA S I D I N A / M I C R O / H 4

EXEMPLO DE APLICACAO - SIMULACAO DINAMICA
DURANTE 24 H COM INTERVALOS DE 1 HORA
PARA UM TIPO DE FUNCAO DE CONSUMO

*/

OPCA01
1 0 0 1.0 0 -3 0 0 0 1 1 0 15 .001 15.
TUBAGENS
1 1 2 800 0.3 .012
2 1 3/
3 2 3 700 0.25/
4 2 4 1100 0.20/
5 2 5 1150 0.30/
6 5 6 830 0.25/
7 6 7 400/
8 3 6 1200/
9 3 4 850/
10 3 8 800 0.20/
11 9 1 500 0.30/
12 10 101 250 .45/
121 101 2 350/
9999/
NODADOS
1 0. 105. 46. 104./
2 14.2 105. 113.5 141.5/
3 7.1 105. 113.5 75./
4 11.4 105. 194. 75./
5 14.2 105. 219. 117.5/
6 11.3 105. 219. 40./
7 14.2 105. 256. 40./
8 4.2 105. 46. 40./
101 0. 105. 113.5 175./
9 0. 146. 1. 104./
10 0. 123. 113.5 205./
9999/
VRETENCAO
121/
9999/
RESERVATORIOS
9 148.5
9999/
BOMBAS
10 70.8 40. 84.9 37.9 113.3 34. 120.
9999/
PCLOCALIZADA
8 2.5/
9999/
FIM /

Dados adicionais para a simulação
dinâmica

OPCA02
0. 24. 0. 1 0 4 1 0 0 1 1 1/
NOQUADROS
1-8/
RESVQUADROS
COMPLETOS
SOLEIRA
FIM QUADROS
CONSFUNCAO
1 1 0.9 2 0.83 3 0.80 4 0.81 5 0.9
6 1.3 7 1.7 8 2.1 9 2.26 10 2.3
11 2.26 12 2.2 13 2.14 14 2.1
15 2.16 16 2.4 17 2.7 18 2.8
19 2.8 20 2.7 21 2.3 22 1.87
23 1.45 24 1.0/
1-8 101/
9999/
RESVFNCAO
1 150. 8940.0 148. 4470. 146. 0.0/
9/
9999/
FIM SIMULACAO

cionais cheio/vazio; regras de exploração e de situação operacional para controlar o número de bombas em funcionamento nas EE e ESP (as primeiras definidas em função da pressão num determinado nó ou da cota do nível de água num reservatório, enquanto que as segundas são estabelecidas em função do tempo decorrido após o início da simulação); regras de exploração e de situação operacional para estabelecer as condições de variação das perdas de carga localizadas nas tubagens (grau de abertura ou de fecho de válvulas), ambas definidas tal como no caso anterior; definição prévia de caudais em certas tubagens em função do tempo ou de acordo com expressões que mantêm os níveis dos reservatórios (ou as cotas piezométricas em determinados nós) dentro de certos limites.

As regras de exploração e de situação operacional referidas permitem, em aplicações sofisticadas de gestão em tempo real, simular sistemas de distribuição equipados com sensores de automação e mecanismos de controle que operem, por exemplo, as aberturas ou os fechamentos de válvulas, para que se atinjam certos objectivos de funcionamento.

Os resultados numéricos obtidos da simulação dinâmica compreendem um vasto conjunto de informação (mais ou menos completo em função das exigências do utilizador), destacando-se o seguinte: quadros idênticos aos da análise do equilíbrio hidráulico, para os diferentes instantes ao longo do período de simulação, e criação de dois ficheiros (um sequencial e outro de acesso directo, que contêm toda a informação topológica e de funcionamento hidráulico em cada simulação, respectivamente). É a partir destes ficheiros que o programa interactivo de processamento gráfico, cuja descrição se faz em seguida, vai operar.

No Quadro 2 apresenta-se, a título ilustrativo, a listagem de um ficheiro de resultados obtido pelo programa SIDINA/MICRO/H4, o qual corresponde à síntese da topologia e ao funcionamento hidráulico, para o instante 8 horas, relativos às condições de simulação dinâmica do sistema de distribuição de água constante do ficheiro de dados apresentado no Quadro 1.

2.3 - Programa interactivo de processamento gráfico dos resultados

Um dos aspectos negativos na condução de análises de equilíbrio hidráulico e/ou simulação dinâmica de sistemas de distribuição de água é a obtenção de um grande volume de resultados, o que obriga o engenheiro a dispendir tempo na análise desses mesmos resultados, de forma a salientar os pontos principais das simulações. Assim, tirando partido das enormes potencialidades que podem ser obtidas em microcomputadores, os autores desenvolveram um programa interactivo de processamento gráfico dos resultados decorrentes das execuções do SIDINA/MICRO/H4.

Este programa é designado por SIDIGRA/MICRO/H4 (HIDROQUATRO 1987b), sigla abreviada para Simulação Dinâmica de Sistemas de Distribuição de Agua - Processamento GRÁFico dos Resultados - Versão para MICROcomputadores, e destina-se a ser utilizado como pós-processador dos outros dois programas anteriormente descritos. Trata-se de um programa interactivo e de grande eficácia em aplicações práticas de engenharia, auto-explicativo e de operação muito simples.

O programa oferece ao utilizador dois tipos distintos de tratamento gráfico. No primeiro, podem ser processadas graficamente, para cada tipo de e-

QUADRO 2 - EXEMPLO DE UM FICHEIRO DE RESULTADOS DO PROGRAMA SIDINA/MICRO/H4.
SINTESE DA TOPOLOGIA E DAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO HIDRAULICO
(INSTANTE 8 HORAS)

```
*****
*
* SIMULACAO DINAMICA DE SISTEMAS DE DISTRIBUICAO DE AGUA *
* ----- *
*   P R O G R A M A   S I D I N A / M I C R O / H 4   *
*
*   H I D R O Q U A T R O   -   C O N S U L T O R E S   D E   H I D R A U L I C A ,   *
*                               R E C U R S O S   H I D R I C O S   E   A M B I E N T E   *
*                               A V   V I S C O N D E   V A L M O R   2 0   2 0   L I S B O A   *
*
*****
```

P R O G R A M A S I D I N A / M I C R O / H 4

EXEMPLO DE APLICACAO - SIMULACAO DINAMICA
DURANTE 24 H COM INTERVALOS DE 1 HORA
PARA UM TIPO DE FUNCAO DE CONSUMO

FACTOR MULTIPLICATIVO DOS CONSUMOS: 1.0000

TUBAGENS:	13
NOS:	11
E ELEVATORIAS:	1
SOBREPRESSORAS:	0
RESERVATORIOS:	1
PC LOCALIZADAS:	1
VR PRESSAO:	0
ORIFICIOS:	0
V RETENCAO:	1
V P CONSTANTE:	0
PRESSAO DIFERENCIAL:	0
CAUDAIS DADOS:	0

E. ELEVATORIAS:

TUBG	COEF 2A. ORDEM	COEF LINEAR	ALT ELEVACAO EM VAZIO	COTA PIEZ ASPIRACAO
12	273.227	-191.477	52.19	120.00

RESERVATORIOS E ORIFICIOS:

NO. TUB	NO	COTA PIEZ
1 11	9	148.50

P. C. LOCALIZADAS - TUBAGENS E COEFICIENTES:

TUBG	K
8	2.50

VALVULAS DE RETENCAO (TUBAGENS):

121

QUADRO 2 - EXEMPLO DE UM FICHEIRO DE RESULTADOS DO PROGRAMA SIDINA/MICRO/H4.
 SINTESE DA TOPOLOGIA E DAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO HIDRAULICO
 (INSTANTE 8 HORAS) (Cont.)

 * SIMULACAO DO SISTEMA PARA O INSTANTE 8.00 HRS *

CAUDAL TOTAL - E. ELEVATORIAS E RESERVATORIOS: 160.86

PERDAS DEVIDAS A RESISTENCIA AO ESCOAMENTO NAS TUBGS:

PERDA DE POTENCIA: 7.585 CV
 5.658 KW
 PERDA DE ENERGIA : 33.777 KWH-SOM

NO	TUBG	ALTURA ELEVACAO	E. ELEVATORIAS:		
			CAUDAL	POTENCIA CV KW	ENERGIA-SOM KWH
10	12	30.49	142.18	56.9 42.5	363.5

UNIDADES DOS RESULTADOS:

DIAMETROS METRO
 COMPRIMENTOS METRO
 COTAS PIEZOMETRICAS METRO
 COTAS TOPOGRAFICAS METRO
 PRESSOES KN/M2
 CAUDAIS L/S

P. CARGA CALCULADAS PELA FORMULA DE MANNING-STRICKLER

QUADRO RESUMO DOS RESULTADOS NAS TUBAGENS

TUBG NO.	NOS DE PARA	COMP	DIAM	RUGOSI DADE	CAUDAL	VELOC	PERDA CARGA	P. CARGA UNITARIA
* 1	2 1	800.	.300	.0120	18.737	.265	.256	.320
2	1 3	800.	.300	.0120	37.417	.529	1.021	1.276
3	2 3	700.	.250	.0120	27.511	.560	1.277	1.824
4	2 4	1100.	.200	.0120	13.180	.420	1.514	1.376
5	2 5	1150.	.300	.0120	52.932	.749	2.936	2.553
6	5 6	830.	.250	.0120	23.112	.471	1.068	1.287
7	6 7	400.	.250	.0120	29.820	.607	.857	2.143
8	3 6	1200.	.250	.0120	30.438	.620	2.728	2.273
9	3 4	850.	.250	.0120	10.760	.219	.237	.279
10	3 8	800.	.200	.0120	8.820	.281	.493	.616
11	9 1	500.	.300	.0120	18.680	.264	.159	.318
12	10 101	250.	.450	.0120	142.180	.894	.530	2.119
121	101 2	350.	.450	.0120	142.180	.894	.742	2.119

VALORES MEDIOS DA VELOCIDADE E DA PERDA DE CARGA UNITARIA							.521	1.423
VALORES MAXIMOS E MINIMOS DA VELOCIDADE							.894	.219
COMPRIMENTO TOTAL DA REDE								9730.0

QUADRO 2 - EXEMPLO DE UM FICHEIRO DE RESULTADOS DO PROGRAMA SIDINA/MICRO/H4.
SINTESE DA TOPOLOGIA E DAS CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO HIDRAULICO
(INSTANTE 8 HORAS) (Cont.)

QUADRO RESUMO DOS RESULTADOS NOS NOS

NO NO.	CONSUMO (L/S)	COTA TOPG	ALT. PIEZOM	PRESSAO	COTA PIEZOM
1	.00	105.00	43.96	430.79	148.96
2	29.82	105.00	44.21	433.30	149.21
3	14.91	105.00	42.94	420.79	147.94
4	23.94	105.00	42.70	418.47	147.70
5	29.82	105.00	41.28	404.53	146.28
6	23.73	105.00	40.21	394.06	145.21
7	29.82	105.00	39.35	385.66	144.35
8	8.82	105.00	42.45	415.96	147.45
101	.00	105.00	44.96	440.57	149.96
10	-142.18	123.00	27.49	269.36	150.49
9	-18.68	146.00	3.12	30.55	149.12
VALORES MEDIOS DAS ALTURAS E COTAS PIEZOMETRICAS				42.45	147.45
VALORES MAXIMOS E MINIMOS DA ALTURA PIEZOMETRICA				44.96	39.35

lemento do sistema, as variações das grandezas hidráulicas ao longo do período de simulação (variação temporal); no segundo tipo, podem ser obtidos, em forma de esquematização do sistema, algumas das características de funcionamento hidráulico do mesmo num determinado instante (variação espacial), tal como se mostra na Figura 2.

No primeiro tipo obtêm-se o traçado gráfico da evolução no tempo das seguintes características hidráulicas (Figura 2):

- 1) Alturas de elevação em estações elevatórias.
- 2) Caudais bombados em estações elevatórias.
- 3) Alturas de água em reservatórios.
- 4) Caudais entrados/saídos em reservatórios.
- 5) Cotas piezométricas em nós de junção.
- 6) Pressões em nós de junção.
- 7) Caudais em tubagens.
- 8) Velocidades em tubagens.
- 9) Perdas de carga totais em tubagens.
- 10) Perdas de carga unitárias em tubagens.

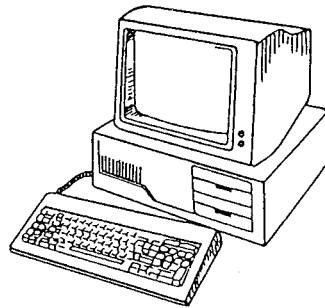
Para as seis primeiras opções, é facultada ao utilizador a possibilidade de, em sobreposição com o traçado da evolução no tempo da grandeza simulada pelo programa SIDINA/MICRO/H4, serem obtidos os traçados da variação dos valores dessa mesma grandeza que tenham sido medidos em ensaios de campo, durante o mesmo período. Esta potencialidade é particularmente útil durante o processo de calibração dos modelos computacionais dos sistemas de distribuição.

No segundo tipo de tratamento gráfico, obtêm-se esquematizações (comple-

<p>PROGRAMA SIDIGRA/MICRO/H4</p> <p>HIDROQUATRO - Consultores de Hidraulica , Recursos Hídricos e Ambiente Lda.</p>
<p>INDICACAO DOS FICHEIROS DE DADOS</p> <p>Dados Topologicos ==> FICTOPIC.OAT</p> <p>Dados da Simulacao ==> FICSIMC.OAT</p>

<p>PROGRAMA SIDIGRA/MICRO/H4</p> <p>HIDROQUATRO - Consultores de Hidraulica , Recursos Hídricos e Ambiente Lda.</p>
<p>TIPO DE TRATAMENTO GRAFICO</p> <p>Relativo a evolucao no tempo ==> 1</p> <p>Relativo a determinado instante ==> 2</p> <p>==> 2</p> <p>Instante da Simulacao (horas) ==> 0.0</p>

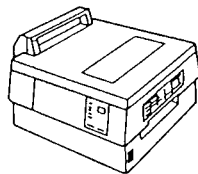
Máscaras de ecran



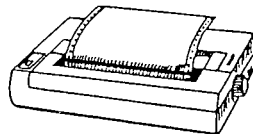
Máscaras de ecran

<p>PROGRAMA SIDIGRA/MICRO/H4</p> <p>HIDROQUATRO - Consultores de Hidraulica , Recursos Hídricos e Ambiente Lda.</p>
<p>OPCOES DE TRATAMENTO GRAFICO PARA UM DETERMINADO INSTANTE</p> <p>Esquematzacao Completa (Cotas Piezometricas) ==> 1</p> <p>Esquematzacao Completa (Pressoes) ==> 2</p> <p>Esquematzacao Simplificada ==> 3</p> <p>Isolinhas de Cota Piezometrica ==> 4</p> <p>Isolinhas de Pressao ==> 5</p> <p>==> 4</p>

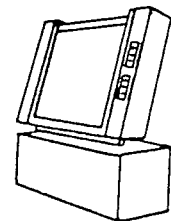
<p>PROGRAMA SIDIGRA/MICRO/H4</p> <p>HIDROQUATRO - Consultores de Hidraulica , Recursos Hídricos e Ambiente Lda.</p>
<p>OPCOES DE TRATAMENTO GRAFICO PARA EVOLUCAO NO TEMPO</p> <p>Alturas de Elevacao em E. Elevatorias ==> 1</p> <p>Caudais Bombados em E. Elevatorias ==> 2</p> <p>Alturas de Agua em Reservatorios ==> 3</p> <p>Caudais Entrados/Saidos em Reservatorios ==> 4</p> <p>Cotas Piezometricas em Nos de Juncao ==> 5</p> <p>Pressoes em Nos de Juncao ==> 6</p> <p>Caudais em Tubagens ==> 7</p> <p>Velocidades em Tubagens ==> 8</p> <p>P. de Carga Totais em Tubagens ==> 9</p> <p>P. de Carga Unitarias em Tubagens ==> 10</p> <p>==> 1</p>



Laser



Impressora



Traçador de gráficos

Fig. 2 - Representação esquemática da utilização do programa SIDIGRA/MICRO/H4.

tas e simplificadas), em planta, do sistema de distribuição de água em estudo, estando associado, a cada uma delas, um determinado tipo de informação topológica e de funcionamento hidráulico, correspondente a um dado instante declarado pelo utilizador, mas que deve ser compatível com as condições da simulação. É possível optar pelos seguintes tratamentos gráficos (Figura 2):

- 1) Esquematização completa (cotas piezométricas nos nós de junção).
- 2) Esquematização completa (pressões nos nós de junção).
- 3) Esquematização simplificada.
- 4) Esquematização simplificada com as isolinhas de cotas piezométricas.
- 5) Esquematização simplificada com as isolinhas de pressões.

Todos os desenhos podem ser obtidos em diversos formatos normalizados (A0, A1, A2 e A3), mediante a escolha do utilizador. Além disso, em qualquer dos tipos de tratamentos gráficos referidos anteriormente, o utilizador pode seleccionar o periférico de saída do processamento gráfico, mediante a introdução dos adequados valores das variáveis respectivas. Na versão actual, é possível utilizar, como periféricos alternativos, um ecrã (com capacidades gráficas, mono ou policromático), uma impressora de matriz por pontos (EPSON FX-100, FX-105 ou compatíveis), uma impressora "LaserJet" (Hewlett-Packard 2686A ou compatível) e um traçador de gráficos (Hewlett-Packard 7475A, 7585B, 7586B, 7595A e 7596A ou compatíveis).

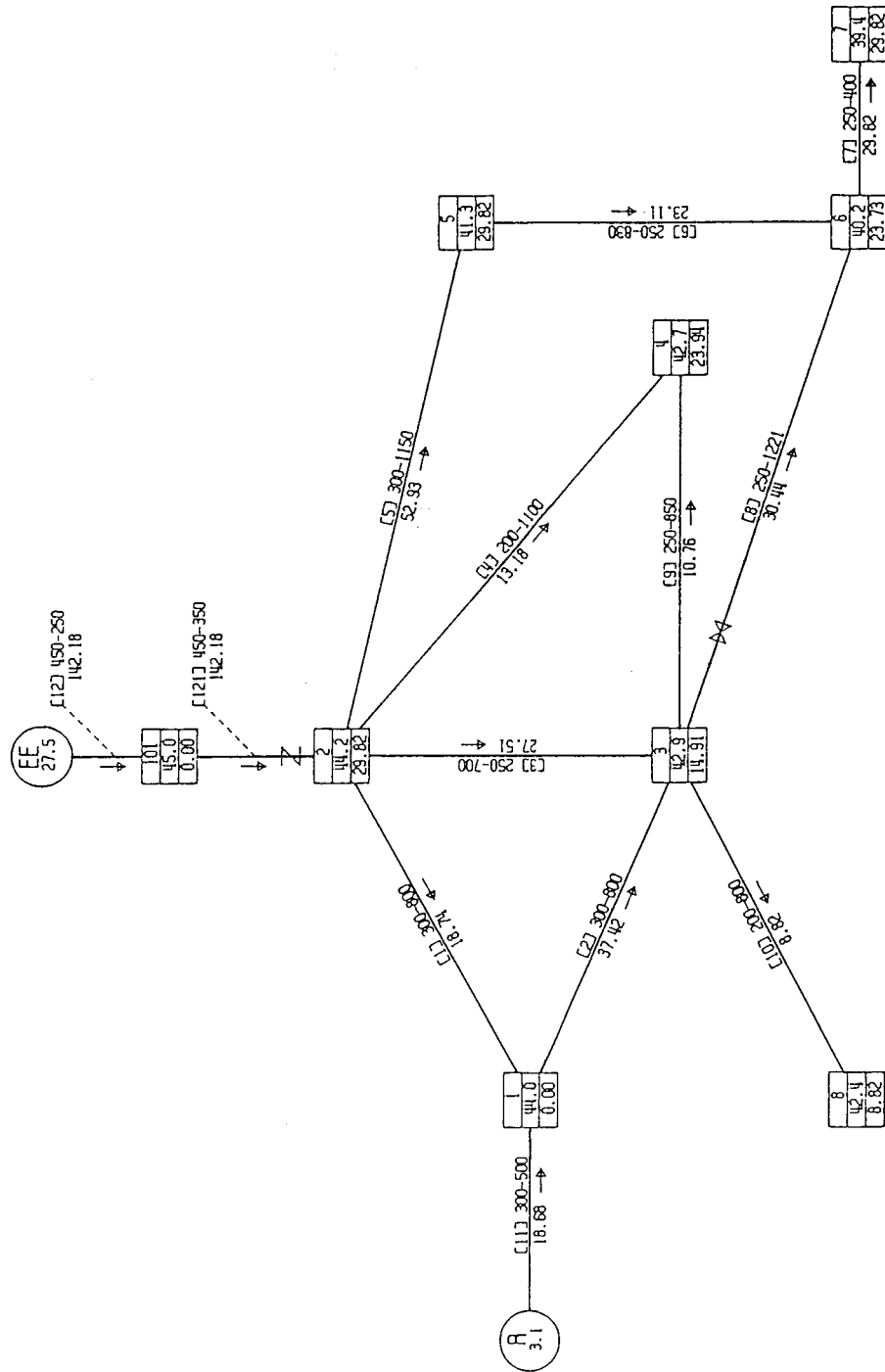
No caso das impressoras e do traçador de gráficos HP-7475A, muito embora os formatos dos desenhos permitidos pelo programa SIDIGRA/MICRO/H4 possam ser superiores às dimensões físicas destes periféricos, o traçado gráfico das esquematizações é feito por partes, de uma forma automática. O programa pode ser adaptado para a utilização de outros tipos de periféricos, para além dos anteriormente mencionados.

A título ilustrativo, apresentam-se nas Figuras 3 a 5 alguns exemplos das opções de utilização do programa SIDIGRA/MICRO/H4. Nas duas primeiras, incluem-se uma esquematização completa e as correspondentes isolinhas de cotas piezométricas, em qualquer dos casos para o sistema de distribuição relativo ao ficheiro de dados do Quadro 1 e para o instante 8 horas. A Figura 5 ilustra as flutuações do nível de água num reservatório e da cota piezométrica num nó ao longo de um período de simulação de 24 horas, para o sistema de distribuição de água à cidade de Lisboa de Campo de Ourique-Monsanto - RIBEIRO DE SOUSA e BETAMIO DE ALMEIDA (1986). Neste caso, para além dos valores calculados pelo programa SIDIGRA/MICRO/H4, encontram-se assinalados, ainda, os correspondentes valores medidos em ensaios de campo.

REFERÊNCIAS

- HIDROQUATRO - Programa de Computador de Preparação Interactiva de Ficheiros de Dados para Simulação de Sistemas de Distribuição de Água. SIDIGRA/MICRO/H4. Versão 1.0. Manual do Utilizador. Lisboa. Março 1987a.
- HIDROQUATRO - Programa Interactivo de Processamento Gráfico dos Ficheiros de Resultados do Programa Sidina/micro/h4. SIDIGRA/MICRO/H4. Versão 1.0. Manual do Utilizador. Lisboa. Abril 1987b.
- HIDROSISTEMAS - Estudo do Modelo Computacional para Apoio ao Planeamento e Exploração do Sistema de Distribuição de Água a Castelo Branco. Volume 1 - Peças Escritas (Tomos I e II) e Volume 2 - Peças Desenhadas. Lisboa.

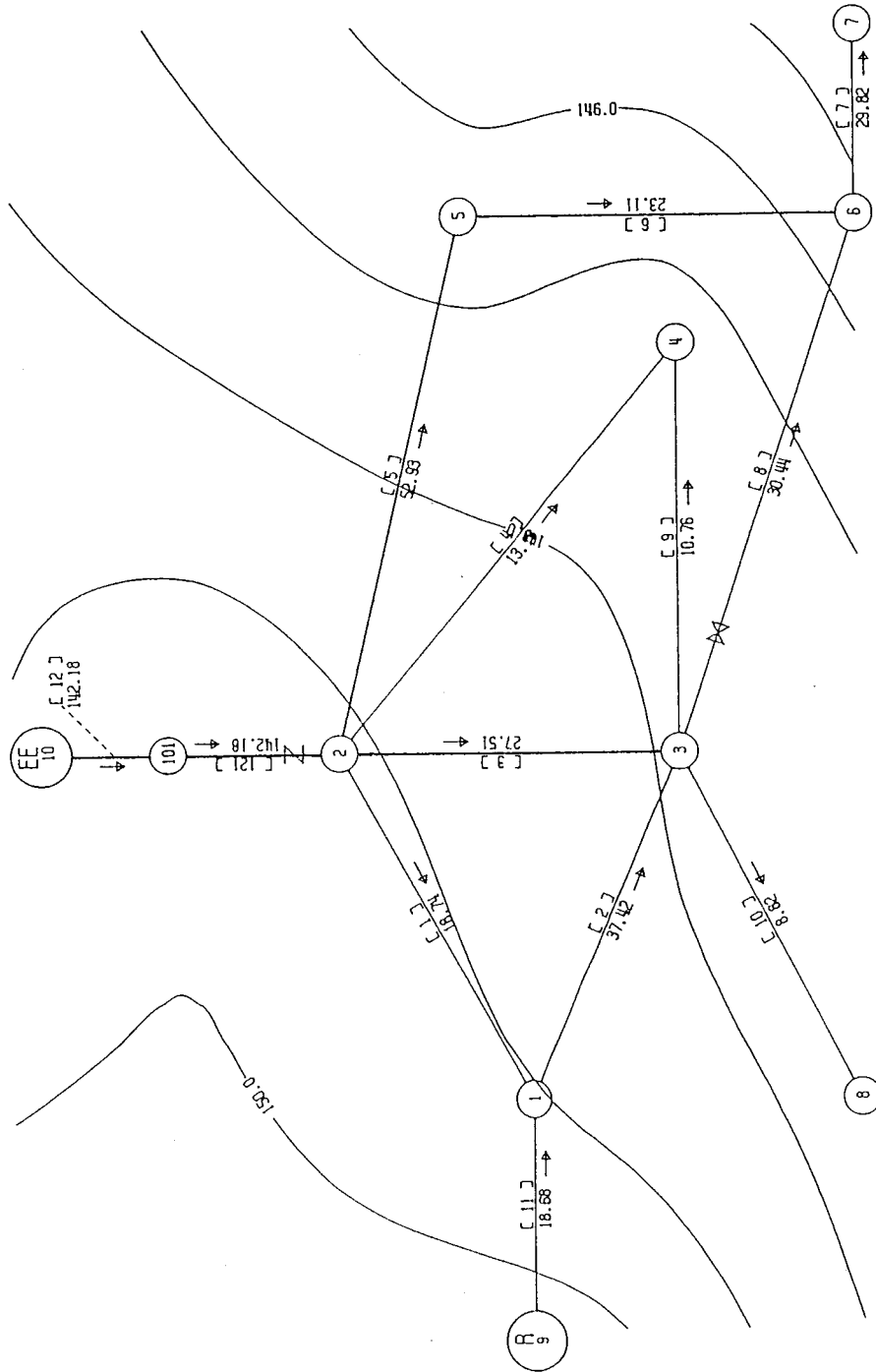
SIMULACAO DE SISTEMAS DE DISTRIBUICAO DE AGUA - SIDIGRA/MICRO/H4 -
 ESQUEMATIZACAO COMPLETA (ALTURAS PIEZOMETRICAS). INSTANTE = 8.0 h
 Exemplo Ilustrativo



© 1996 HIDROQUANTO, LDA.

Figura 3 - Exemplo de uma esquematização completa obtida pelo SIDIGRA/MICRO/H4

SIMULACAO DE SISTEMAS DE DISTRIBUICAO DE AGUA - SIDIGRA/MICRO/H4 -
 ISOLINHAS DE COTAS PIEZOMETRICAS. INSTANTE = 8.0 h
 Exemplo Ilustrativo



© 1988, HIDROCALIBRO, LDC.

Figura 4 - Exemplo de um traçado de isolinhas de cotas piezométricas obtido pelo SIDIGRA/MICRO/H4

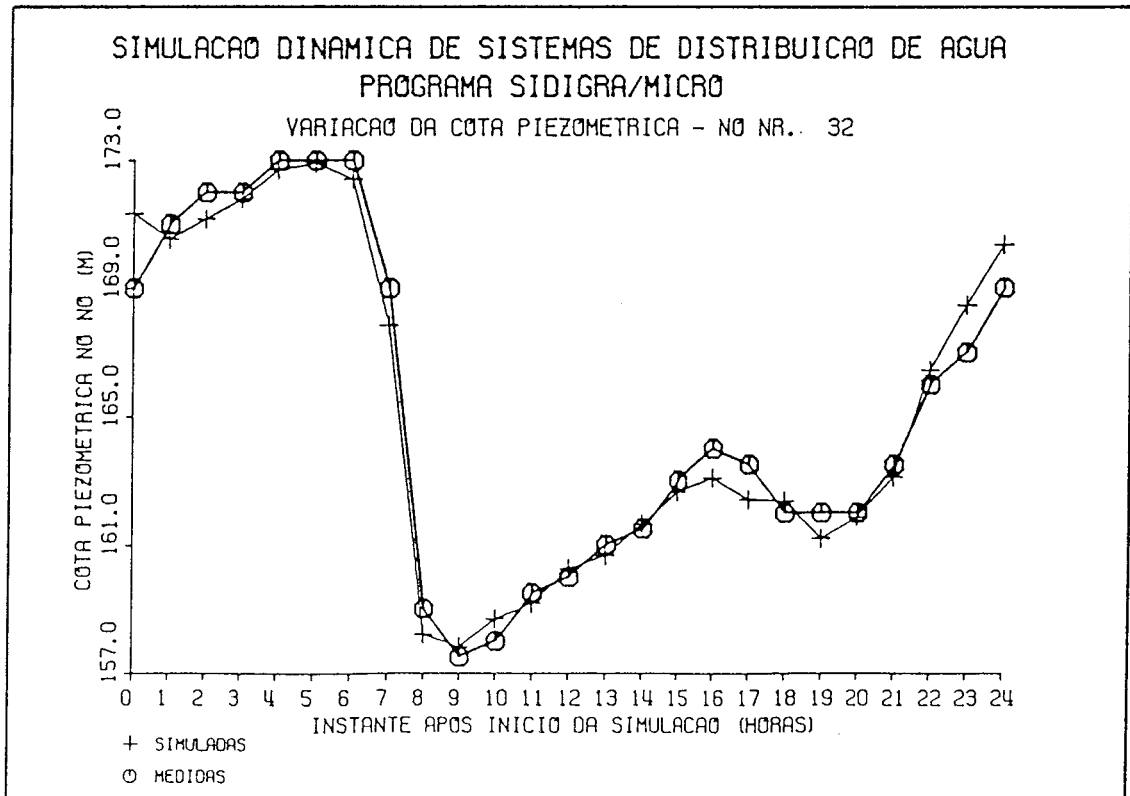
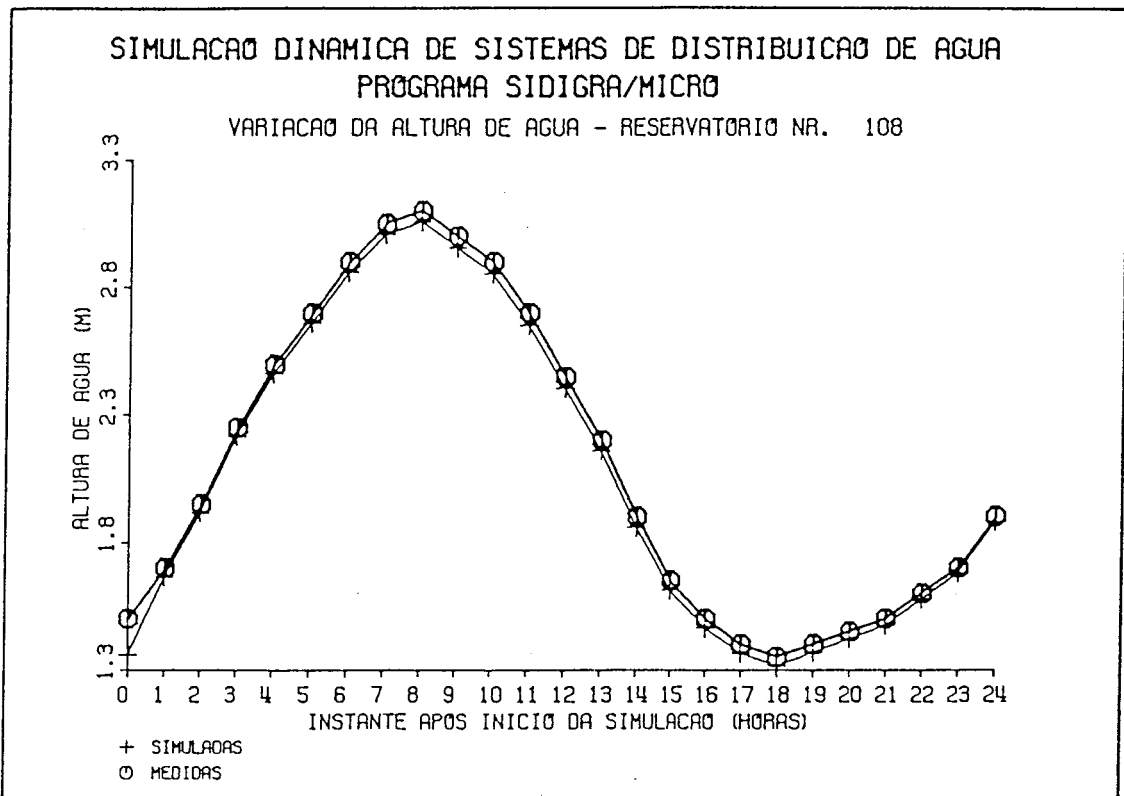


Fig. 5 - Exemplo das flutuações do nível de água num reservatório e das cotas piezométricas num nó obtidas pelo SIDIGRA/MICRO/H4.

Agosto 1986.

- RIBEIRO DE SOUSA, E. A. e COSTA, A. P. - "Simulação de Sistemas de Distribuição de Água: Situação Actual e Perspectivas para Portugal", 1o. Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Lisboa. Setembro 1984.
- RIBEIRO DE SOUSA, E. A., LAGES, U., SALSINHA, J. e VIDEIRA, A. - "Modelo Matemático de Planeamento e Exploração do Sistema de Abastecimento de Água ao Concelho de Cascais - Parte A". 2as. Jornadas Técnicas da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). Estoril. Outubro 1985a.
- RIBEIRO DE SOUSA, E. A., LAGES, U., SALSINHA, J. e VIDEIRA, A. - "Modelo Matemático de Planeamento e Exploração do Sistema de Abastecimento de Água ao Concelho de Cascais - Parte B". 2as. Jornadas Técnicas da Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). Estoril. Outubro 1985b.
- RIBEIRO DE SOUSA, E. A. e LAGES, U. - "Modelo Computacional de Planeamento e Exploração do Sistema de Distribuição ao Concelho de Sintra - Parte A". 2o. Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos. Lisboa. Fevereiro 1986a.
- RIBEIRO DE SOUSA, E. A. e LAGES, U. - "Modelo Computacional de Planeamento e Exploração do Sistema de Distribuição ao Concelho de Sintra - Parte B". 2o. Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos. Lisboa. Fevereiro 1986b.
- RIBEIRO DE SOUSA, E. A. e SILVA, U. L. - "Simulação de Sistemas de Distribuição de Água Municipais em Microcomputador". II Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Salvador (Bahia) - Brasil. Agosto 1986.
- RIBEIRO DE SOUSA, E. A. e BETAMIO DE ALMEIDA, A. - "Simulação Dinâmica do Sistema da EPAL Campo de Ourique - Monsanto da Rede de Distribuição de Água de Lisboa". 1o. Encontro Nacional dos Distribuidores de Água. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH) / Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra. Sintra. Outubro 1986.
- RIBEIRO DE SOUSA, E. A. - Modelação de Sistemas de Distribuição de Água Municipais. Centro de Estudos de Hidrosistemas (CEHIDRO), Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil (Secção de Hidráulica). Lisboa. 1987.