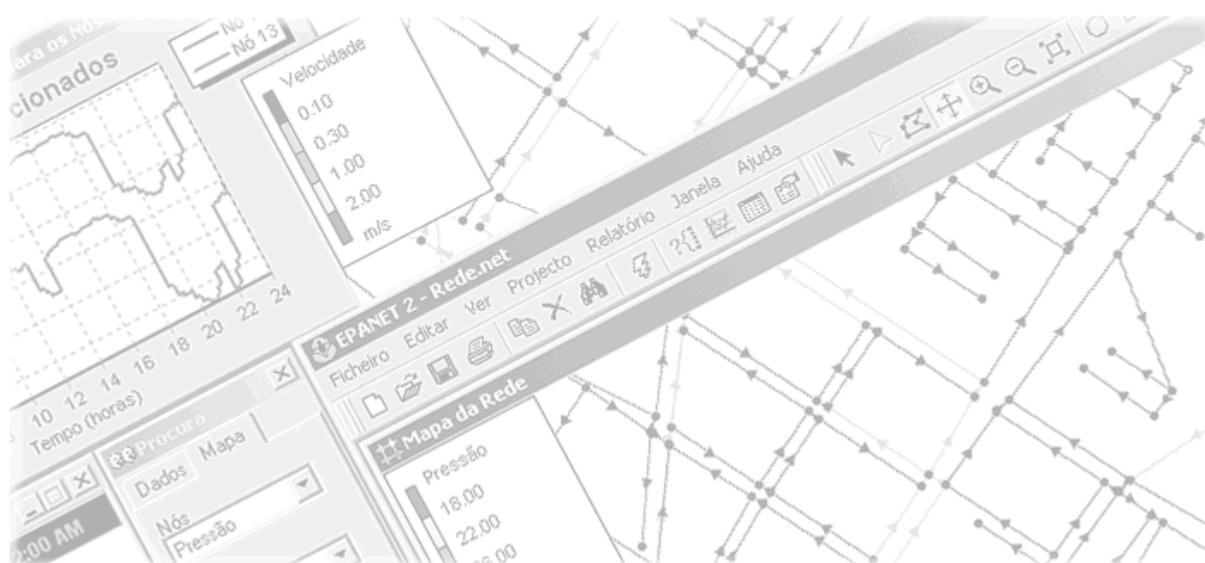


# EPANET 2.0 em português

**Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade  
em sistemas de transporte e distribuição de água**



## Manual do Utilizador

Lisboa

Março 2002

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Versão publicada em: 06/09/2004

# **EPANET 2**

# **MANUAL DO UTILIZADOR**

por

Lewis A. Rossman  
Water Supply and Water Resources Division  
National Risk Management Research Laboratory  
United States Environmental Protection Agency

Tradução e adaptação



Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Lisboa, Portugal

**Título original:**

“EPANET 2 User’s Manual”  
EPA/600/R-00/057 - September 2000  
National Risk Management Research Laboratory  
Office of Research and Development  
U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY  
Cincinnati, OH 45268  
U.S.A.

**Tradução e adaptação para língua portuguesa:**

Dália Loureiro  
Sérgio Teixeira Coelho  
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL  
Av. Brasil, 101 – 1700-066 Lisboa  
PORTUGAL

**Nota:**

A informação publicada na versão original em inglês deste documento foi sujeita à revisão técnica e administrativa da EPA, e a sua publicação como documento da EPA foi aprovada.

A tradução e adaptação para português deste documento são da responsabilidade do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Embora tenham sido feitos todos os esforços para garantir que os resultados obtidos são correctos, os programas de computador descritos no presente manual são experimentais. Assim, o autor, a U.S. Environmental Protection Agency e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil não são responsáveis, nem assumirão qualquer responsabilidade, por quaisquer resultados ou pela utilização feita dos resultados destes programas, nem por quaisquer danos ou litígio que possam resultar da utilização destes programas para qualquer fim. A menção de marcas ou produtos comerciais não constitui recomendação do seu uso.

## PREFÁCIO À EDIÇÃO PORTUGUESA

Os modelos de simulação de sistemas de transporte e distribuição de água constituem os instrumentos computacionais mais utilizados e consagrados no campo do planeamento, do projecto e do diagnóstico de funcionamento, sendo um complemento ao discernimento e experiência dos técnicos envolvidos.

O desenvolvimento de um modelo de simulação fiável é, tanto para a componente hidráulica como para a de qualidade da água, uma opção de fundo na gestão moderna de um sistema de abastecimento de água. A utilidade de um modelo de simulação, tanto para a correcta exploração dos sistemas – na procura da garantia de satisfação das condições hidráulicas e de qualidade ideais – como para o melhor planeamento das suas expansões e outras intervenções, é incontornável e diariamente atestada pela experiência de inúmeras entidades gestoras em todo o mundo.

Um dos simuladores mais atractivos para as entidades gestoras, consultores, investigadores, académicos e estudantes portugueses é o EPANET, desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency*<sup>1</sup> (EPA), dos Estados Unidos da América. Trata-se de um simulador amplamente testado e credível, que beneficia há cerca de uma década de uma alargada comunidade de utilizadores em todo o mundo, fruto de uma filosofia transparente de distribuição gratuita tanto do programa como do seu código computacional. O propósito original da EPA, de produzir e colocar à disposição dos pequenos e médios distribuidores de água um *software* competente que lhes permitisse aceder a custo mínimo à tecnologia da simulação dos sistemas, foi amplamente atingido. A versão mais recente – EPANET 2.0 – publicada em Setembro de 2000, tornou o programa comparável, nos principais aspectos, aos melhores simuladores comerciais disponíveis no mercado, tanto do ponto de vista funcional como da sua facilidade de utilização.

Ao traduzir e adaptar o programa e os seus materiais de apoio para língua portuguesa, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil associa-se ao propósito da EPA, procurando desta forma promover a divulgação da simulação de sistemas de transporte e distribuição de água entre os utilizadores lusófonos, nomeadamente os profissionais da indústria da água, os consultores e projectistas, os docentes e os estudantes de engenharia.

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Lisboa, Portugal

Março de 2002

---

<sup>1</sup> Agência para a Protecção do Ambiente

## PREFÁCIO À EDIÇÃO ORIGINAL

A *U.S. Environmental Protection Agency* é a agência estatal encarregue pelo Congresso dos E.U.A. da protecção do ambiente e recursos naturais do país. De acordo com a legislação norte-americana em matéria ambiental, cabe a esta instituição conceber e implementar acções que conduzam a um equilíbrio entre as actividades humanas e a capacidade dos sistemas naturais para suportar e garantir níveis ambientais aceitáveis. Para cumprir este objectivo, o programa de investigação da EPA fornece informação de base e suporte técnico para a resolução de problemas ambientais actuais, que permitam construir um base de conhecimento científico necessária a uma adequada gestão dos recursos ecológicos, ajudar a compreender o modo como os poluentes podem afectar a saúde pública, e prevenir ou minimizar futuros riscos ambientais.

O *National Risk Management Research Laboratory*<sup>2</sup>, um dos laboratórios da EPA, constitui a unidade principal para a investigação de técnicas e metodologias de gestão que permitam reduzir os riscos para a saúde humana e o ambiente. Os seus principais objectivos são: o desenvolvimento de metodologias de prevenção e controlo da poluição do ar, solos e recursos superficiais; a protecção de qualidade da água em sistemas públicos de abastecimento; o melhoramento das condições ambientais de locais contaminados e de aquíferos subterrâneos; e a prevenção e controlo da poluição do ar em recintos fechados. As principais funções desta unidade de investigação são: desenvolver e implementar tecnologias ambientais inovadoras e economicamente viáveis; desenvolver informação científica e de engenharia necessárias à EPA para apoio à decisão no âmbito de regulamentos e de políticas; e ainda fornecer suporte técnico e proporcionar a transferência de informação que assegure a implementação eficaz de decisões e regulamentação ambientais.

Por forma a satisfazer os requisitos regulamentares e as necessidades dos consumidores, as entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água sentem a necessidade de compreender melhor os movimentos e transformações a que a água destinada ao consumo humano está sujeita através dos sistemas de distribuição. O EPANET é um modelo de simulação em computador que ajuda a atingir este objectivo. Permite simular o comportamento hidráulico e de qualidade da água de um sistema de distribuição sujeito a diversas condições operacionais durante um determinado período de funcionamento. Este manual descreve como utilizar esta nova versão do programa, a qual incorpora vários avanços na modelação conseguidos durante os últimos anos.

E. Timothy Oppelt

Director do *National Risk Management Research Laboratory*

---

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Investigação sobre Gestão do Risco

# ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O QUE É O EPANET .....	1
1.2 CAPACIDADES DE MODELAÇÃO HIDRÁULICA.....	1
1.3 CAPACIDADES DE MODELAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA .....	2
1.4 PASSOS A SEGUIR NA UTILIZAÇÃO DO EPANET .....	3
1.5 SOBRE ESTE MANUAL.....	3
CAPÍTULO 2 - VISITA GUIADA AO EPANET.....	7
2.1 INSTALAR O EPANET .....	7
2.2 EXEMPLO DE APLICAÇÃO .....	7
2.3 CONFIGURAR O PROJECTO .....	9
2.4 TRAÇADO DA REDE.....	10
2.5 CONFIGURAR AS PROPRIEDADES DOS OBJECTOS .....	12
2.6 GUARDAR E ABRIR PROJECTOS.....	14
2.7 EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO ESTÁTICA .....	15
2.8 EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO DINÂMICA .....	16
2.9 EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	19
CAPÍTULO 3 - O MODELO DA REDE.....	21
3.1 COMPONENTES FÍSICOS .....	21
3.2 COMPONENTES NÃO-FÍSICOS.....	30
3.3 MODELO DE SIMULAÇÃO HIDRÁULICA.....	36
3.4 MODELO DE SIMULAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA .....	37
CAPÍTULO 4 - O AMBIENTE DE TRABALHO DO EPANET.....	43
4.1 VISÃO GERAL .....	43
4.2 BARRA DE MENUS PRINCIPAL.....	43
4.3 BARRAS DE FERRAMENTAS.....	47
4.4 BARRA DE ESTADO .....	48
4.5 JANELA DO MAPA DA REDE .....	49
4.6 PÁGINA DE DADOS DA JANELA DE PROCURA.....	49
4.7 PÁGINA DO MAPA DA JANELA DE PROCURA .....	50
4.8 JANELA DO EDITOR DE PROPRIEDADES .....	51
4.9 PREFERÊNCIAS DO PROGRAMA .....	52
CAPÍTULO 5 - TRABALHAR COM PROJECTOS.....	55
5.1 ABRIR E GUARDAR FICHEIROS DE PROJECTO.....	55
5.2 VALORES POR DEFEITO DO PROJECTO .....	56
5.3 DADOS DE CALIBRAÇÃO .....	58
5.4 SUMÁRIO DO PROJECTO .....	60
CAPÍTULO 6 - TRABALHAR COM OBJECTOS.....	61
6.1 TIPOS DE OBJECTOS.....	61
6.2 ADICIONAR OBJECTOS .....	61
6.3 SELECIONAR OBJECTOS .....	63
6.4 EDITAR OBJECTOS VISÍVEIS.....	63
6.5 EDITAR OBJECTOS NÃO-VISÍVEIS.....	70
6.6 COPIAR E COLAR OBJECTOS .....	75
6.7 CONFIGURAR E INVERTER TROÇOS.....	75
6.8 APAGAR UM OBJECTO.....	77
6.9 MOVER UM OBJECTO .....	77
6.10 SELECIONAR UM GRUPO DE OBJECTOS .....	77
6.11 EDITAR UM GRUPO DE OBJECTOS .....	78
CAPÍTULO 7 - TRABALHAR COM O MAPA DA REDE.....	79
7.1 SELECIONAR PARÂMETROS A VISUALIZAR NO MAPA .....	79
7.2 CONFIGURAR AS DIMENSÕES DO MAPA.....	80
7.3 UTILIZAR UMA IMAGEM DE FUNDO DO MAPA .....	81

7.4	AUMENTAR/DIMINUIR O TAMANHO DO MAPA .....	82
7.5	MOVER O MAPA .....	82
7.6	LOCALIZAR UM OBJECTO.....	83
7.7	LEGENDAS DO MAPA .....	84
7.8	VISTA PANORÂMICA.....	85
7.9	OPÇÕES DE VISUALIZAÇÃO DO MAPA.....	85
CAPÍTULO 8 - SIMULAÇÃO DE UMA REDE.....		89
8.1	CONFIGURAR AS OPÇÕES DE SIMULAÇÃO.....	89
8.2	EXECUTAR UMA SIMULAÇÃO.....	94
8.3	ELIMINAR ERROS DOS RESULTADOS DE SIMULAÇÃO.....	94
CAPÍTULO 9 - VISUALIZAÇÃO DE RESULTADOS.....		97
9.1	VER RESULTADOS NO MAPA .....	97
9.2	VER RESULTADOS ATRAVÉS DE GRÁFICOS.....	99
9.3	VER RESULTADOS ATRAVÉS DE TABELAS .....	107
9.4	VER RELATÓRIOS ESPECÍFICOS.....	110
CAPÍTULO 10 - IMPRIMIR E COPIAR DADOS.....		117
10.1	SELECIONAR UMA IMPRESSORA.....	117
10.2	CONFIGURAR O FORMATO DE UMA PÁGINA.....	117
10.3	VER ANTES.....	118
10.4	IMPRIMIR VISTA ACTUAL .....	118
10.5	COPIAR PARA O <i>CLIPBOARD</i> OU PARA UM FICHEIRO.....	119
CAPÍTULO 11 - IMPORTAR E EXPORTAR DADOS.....		121
11.1	CENÁRIOS DE PROJECTO CENÁRIO .....	121
11.2	EXPORTAR UM CENÁRIO.....	121
11.3	IMPORTAR UM CENÁRIO .....	122
11.4	IMPORTAR DADOS PARCIAIS DA REDE.....	122
11.5	IMPORTAR UM MAPA DA REDE .....	123
11.6	EXPORTAR O MAPA DA REDE .....	123
11.7	EXPORTAR PARA UM FICHEIRO DE TEXTO .....	124
CAPÍTULO 12 - QUESTÕES FREQUENTES.....		127
ANEXO A - UNIDADES DE MEDIDA .....		131
ANEXO B - MENSAGENS DE ERRO.....		133
ANEXO C - TRABALHAR EM DADOS.....		135
C.1	INSTRUÇÕES GERAIS.....	135
C.2	FORMATO DO FICHEIRO DE DADOS.....	135
C.3	FORMATO DO FICHEIRO DE RELATÓRIO.....	174
C.4	FORMATO DO FICHEIRO BINÁRIO DE RESULTADOS.....	177
ANEXO D - ALGORITMOS DE ANÁLISE .....		183
D.1	HIDRÁULICA .....	183
D.2	QUALIDADE DA ÁGUA .....	190
D.3	REFERÊNCIAS .....	196
D.4	BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA EM LÍNGUA PORTUGUESA .....	197
ANEXO E - DICIONÁRIOS .....		199
E.1	DICIONÁRIO INGLÊS - PORTUGUÊS.....	199
E.2	DICIONÁRIO PORTUGUÊS - INGLÊS.....	214
ÍNDICE REMISSIVO.....		229

## SIMBOLOGIA

<i>Símbolo</i>	<i>Grandeza</i>
$\varepsilon$	Rugosidade absoluta (ou rugosidade de Darcy-Weisbach).
$\gamma$	Expoente do emissor.
$\theta$	Constante.
$\varpi$	Parâmetro de regulação de velocidade.
$A$	Termo de perda de carga, constante, secção transversal da tubagem, matriz jacobiana.
$A_{ii}$	Elementos da diagonal da matriz jacobiana.
$B$	Expoente do caudal, constante.
$C$	Coefficiente da fórmula de Hazen-Williams, constante, concentração de uma substância, coeficiente de vazão.
$C_0$	Concentração no instante inicial.
$C_i$	Concentração na tubagem $i$ .
$C_{i x=0}$	Concentração no início do troço $i$ .
$C_{i x=L}$	Concentração no final do troço $i$ .
$C_L$	Concentração-limite.
$C_s$	Concentração no reservatório.
$C_t$	Concentração no instante $t$ .
$d$	Diâmetro da tubagem.
$D$	Difusão molecular.
$D_i$	Consumo no nó $i$ .
$F$	Factor que relaciona a reacção na parede com a rugosidade da tubagem, vector.
$f$	Factor de resistência (factor de Darcy-Weisbach).
$F_i$	Termo $i$ do vector.
$g$	Aceleração da gravidade.
$h$	Perda de carga total.
$H$	Cota piezométrica, vector de incógnitas em termos de cotas piezométricas.
$h_0$	Altura de elevação para caudal nulo.
$h_G$	Altura de elevação.
$H_i$	Cota piezométrica no nó $i$ .
$h_L$	Perda de carga.
$i$	Índice do nó de montante.
$I_k$	Conjunto de troços com caudal que convergem no nó $k$ .
$I_s$	Conjunto de troços que fornecem caudal ao reservatório.

$j$	Índice do nó de jusante.
$K$	Coefficiente de perda de carga singular ou localizada.
$K_b$	Coefficiente de reacção no seio do escoamento.
$k_f$	Coefficiente de transferência de massa.
$K_w$	Coefficiente de reacção na parede da tubagem.
$L$	Comprimento da tubagem.
$L_j$	Comprimento do troço $j$ .
$m$	Coefficiente de perda de carga singular.
$n$	Coefficiente de rugosidade de Manning, ordem da reacção, expoente do caudal, coefficiente da curva da bomba.
$N$	Velocidade de rotação da bomba.
$O_s$	Conjunto de troços que recebem caudal do reservatório.
$p$	Pressão.
$p_{if}$	Inverso da derivada da perda de carga total no troço entre os nós $i$ e $j$ .
$p_{ij}$	Inverso da derivada da perda de carga total no troço entre os nós $i$ e $j$ .
$Q$ ou $q$	Caudal.
$Q_{ij}$	Caudal no troço entre os nós $i$ e $j$ .
$Q_j$	Caudal no troço $j$ .
$Q_{k,ext}$	Origem externa de caudal que entra na rede através do nó $k$ .
$r$	Coefficiente da curva da bomba, taxa de reacção, termo de perda de carga.
$R$	Taxa de reacção instantânea.
$R$	Raio da secção transversal circular da tubagem.
$Re$	Número de Reynolds.
$Sc$	Nº de Schmidt.
$Sh$	Nº de Sherwood.
$T$	Tempo.
$u_i$	Velocidade do escoamento na tubagem $i$ .
$V$	Velocidade do escoamento.
$V$	Volume.
$X$	Distância.
$y_{ij}$	Factor de correcção do caudal.

## ABREVIATURAS

<i>Símbolo</i>	<i>Descrição</i>
ASCII	Código-padrão americano para intercâmbio de informação.
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> (desenho ou projecto apoiado em computador).
DOC	Concentração de carbono orgânico dissolvido.
FIFO	Modelo de mistura do tipo “ <i>first-in, first-out</i> ” (primeiro a entrar, primeiro a sair) em reservatórios de nível variável.
GIS	<i>Geographical Information System</i> (sistema de informação geográfica).
HOCL	Cloro livre.
ID	Identificação dos objectos.
LIFO	Modelo de mistura do tipo “ <i>last-in, first-out</i> ” (último a entrar, primeiro a sair) em reservatórios de nível variável.
MO	Matéria orgânica.
RNF	Reservatório de nível fixo.
RNV	Reservatório de nível variável.
SI	Sistema internacional de unidades.
SPD	Subprodutos da desinfecção.
THM	Trihalometanos.
US	Sistema de unidades americano.
UVA	Absorvância no ultravioleta.
VA	Válvula de alívio ou válvula de controlo da pressão a montante.
VB	Válvula de borboleta.
VG	Válvula genérica.
VPCF	Válvula de perda de carga fixa.
VR	Válvula de retenção de caudal.
VRC	Válvula reguladora de caudal.
VRP	Válvula redutora de pressão ou válvula de controlo da pressão a jusante.

## ABREVIATURAS COM BASE NA VERSÃO INGLESA

O quadro abaixo contém um conjunto de termos e siglas de modelação utilizados no Epanet, programa cuja versão original foi desenvolvida em língua inglesa. Para garantir a compatibilidade dos ficheiros de modelação criados nas versões do Epanet em diferentes línguas, essas siglas foram adoptadas sem alteração na versão portuguesa apresentada neste manual.

<i>Sigla ou designação em português</i>	<i>Sigla ou designação em inglês</i>	<i>Significado</i>
aberto	<b>open</b>	Estado de uma tubagem, bomba ou válvula
AFD	<b>acft/dia</b>	Acre-pé por dia
CFS	<b>ft<sup>3</sup>/s</b>	Pés cúbicos por segundo
CMD	<b>m<sup>3</sup>/dia</b>	Metro cúbico por dia
CMH	<b>m<sup>3</sup>/h</b>	Metro cúbico por hora
CV	<b>VR</b>	Válvula de retenção
fechado	<b>closed</b>	Estado de uma tubagem, bomba ou válvula
GPM	<b>gal/min</b>	Galão americano por minuto
IMGD	<b>Imp Mgal/dia</b>	Mega-galão imperial por dia
LPM	<b>l/min</b>	Litro por minuto
LPS	<b>l/s</b>	Litro por segundo
MGD	<b>Mgal/dia</b>	Mega-galão americano por dia
MLD	<b>MI/dia</b>	Mega-litro por dia
parâmetro de controlo	<b>setting</b>	Regulação da velocidade numa bomba ou parâmetro de controlo de uma válvula
RNF	<b>reservoir</b>	Reservatório de nível fixo (reservatório de capacidade ilimitada e nível de água fixado a priori)
RNV	<b>tank</b>	Reservatório de nível variável (reservatório de rede, de capacidade limitada e geometria conhecida ou cuja capacidade, em cada instante, é possível de definir através de uma função)
VA	<b>PSV</b>	Válvula de alívio
VB	<b>TCV</b>	Válvula de borboleta
VR	<b>CV</b>	Válvula de retenção
VRC	<b>FCV</b>	Válvula reguladora de caudal
VRP	<b>PRV</b>	Válvula redutora de pressão

# CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

---

## 1.1 O que é o EPANET

O EPANET é um programa de computador que permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água de sistemas de distribuição em pressão. Uma rede é constituída por tubagens, bombas, válvulas, reservatórios de nível fixo e/ou reservatórios de nível variável. O EPANET permite obter os valores do caudal em cada tubagem, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o período de simulação, subdividido em múltiplos passos de cálculo. Adicionalmente, para além de espécies químicas, o cálculo da idade da água e o rastreio da origem de água em qualquer ponto da rede também podem ser levados a cabo.

O EPANET foi concebido para ser uma ferramenta de apoio à análise de sistemas de distribuição, melhorando o conhecimento sobre o transporte e o destino dos constituintes da água para consumo humano. Pode ser utilizado em diversas situações onde seja necessário efectuar simulações de sistemas de distribuição. O estabelecimento de cenários de projecto (p.ex., expansão de uma rede existente), a calibração de modelos hidráulicos, a análise do decaimento do cloro residual e a avaliação dos consumos constituem alguns exemplos. O EPANET pode ajudar a analisar estratégias alternativas de gestão, de modo a melhorar a qualidade da água através do sistema, através de, por exemplo:

- alterações na utilização de origens de água num sistema com múltiplas origens,
- alteração de esquemas de funcionamento de grupos elevatórios e enchimento/esvaziamento de reservatórios de nível variável,
- utilização de tratamento adicional, como seja a recloração,
- selecção de tubagens para limpeza e substituição.

Em ambiente *Windows*, o EPANET fornece um ambiente integrado para editar dados de entrada da rede, executar simulações hidráulicas e de qualidade da água e visualizar os resultados em vários formatos. Estes últimos incluem a possibilidade de visualizar mapas da rede com codificação a cores, tabelas de dados, gráficos de séries temporais e gráficos de isolinhas.

## 1.2 Capacidades de Modelação Hidráulica

Uma rede completamente caracterizada (ou seja, incluindo todas as tubagens, sem simplificações) e uma modelação hidráulica fiável constituem pré-requisitos essenciais para a correcta modelação de qualidade da água. O EPANET contém um conjunto de ferramentas de cálculo para apoio à simulação hidráulica, de que se destacam como principais características:

- dimensão (número de componentes) da rede a analisar ilimitada;
- cálculo da perda de carga utilizando as fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning;

- consideração das perdas de carga singulares em curvas, alargamentos, estreitamentos, etc.;
- modelação de bombas de velocidade constante ou variável;
- cálculo da energia de bombeamento e do respectivo custo;
- modelação dos principais tipos de válvulas, incluindo válvulas de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de caudal;
- modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável de formas diversas, através de curvas de volume em função da altura de água;
- múltiplas categorias de consumo nos nós, cada uma com um padrão próprio de variação no tempo;
- modelação da relação entre pressão e caudal efluente de dispositivos emissores (p.ex. aspersores de rega, ou consumos dependentes da pressão);
- possibilidade de basear as condições de operação do sistema em controlos simples, dependentes de uma só condição (p.ex.; altura de água num reservatório de nível variável, tempo), ou em controlos com condições múltiplas.

### 1.3 Capacidades de Modelação da Qualidade da Água

Para além da modelação hidráulica, o EPANET fornece as seguintes possibilidades relativamente à modelação da qualidade da água:

- modelação do transporte de um constituinte não-reactivo (p.ex., um traçador) através da rede ao longo do tempo;
- modelação do transporte, mistura e transformação de um constituinte reactivo, à medida que este sofre decaimento (p.ex., cloro residual) ou crescimento (p.ex., um subproduto da desinfecção) com o tempo;
- modelação do tempo de percurso da água através da rede;
- cálculo da percentagem de caudal que, com origem em determinado nó, atinge qualquer outro nó ao longo do tempo (p.ex., cálculo da importância relativa de duas origens de água diferentes);
- modelação de reacções de decaimento do cloro no seio do escoamento e na parede da tubagem;
- utilização de cinéticas de ordem  $n$  para modelar reacções no seio do escoamento em tubagens e reservatórios;
- utilização de cinéticas de ordem 0 ou 1 para modelar reacções na parede das tubagens;
- definição de limites para a transferência de massa na modelação de reacções na parede;
- permitir que as reacções de crescimento ou decaimento sejam controladas por um valor de concentração-limite;

- aplicação à rede de coeficientes de reacção globais, que podem ser modificados individualmente para cada tubagem;
- possibilidade de relacionar o coeficiente de reacção na parede com a rugosidade da tubagem;
- definição de variação temporal da concentração ou de entrada de massa em qualquer ponto da rede;
- modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável como reactores de mistura completa, de escoamento em êmbolo ou ainda de mistura com dois compartimentos.

Tirando partido destas possibilidades, o EPANET pode efectuar os seguintes tipos de análise:

- mistura de água a partir de diversas origens;
- determinação do tempo de percurso da água através de um sistema;
- determinação da perda de cloro residual;
- determinação do crescimento de subprodutos da desinfecção;
- rastreio da propagação de contaminantes ao longo da rede.

#### **1.4 Passos a Seguir na Utilização do EPANET**

A modelação de um sistema de distribuição de água através do EPANET utiliza tipicamente os seguintes passos:

1. desenhar uma representação esquemática do sistema de distribuição (ver secção 6.1) ou importar uma descrição-base do sistema a partir de um ficheiro de texto (ver secção 11.4);
2. editar as propriedades dos objectos que constituem o sistema (ver secção 6.4);
3. descrever as condições de operacionalidade do sistema (ver secção 6.5);
4. seleccionar um conjunto de opções de simulação (ver secção 8.1);
5. executar uma simulação hidráulica ou de qualidade da água (ver secção 8.2);
6. visualizar os resultados da simulação (ver Capítulo 9).

#### **1.5 Sobre este Manual**

O Capítulo 2 deste manual descreve como instalar o EPANET e fornece uma breve visita guiada sobre a sua utilização. Os utilizadores menos familiarizados com os conceitos básicos da modelação de sistemas de distribuição devem ler o Capítulo 3 antes de efectuar a visita guiada no Capítulo 2.

O Capítulo 3 descreve os componentes que o EPANET utiliza para modelar um sistema de distribuição de água. Discute o comportamento dos componentes físicos que integram um sistema de distribuição, assim como a informação adicional necessária para a modelação, como sejam os padrões temporais e os

controles das condições operacionais. Também fornece informação sobre o modo como a simulação numérica do comportamento hidráulico e de qualidade da água é efectuada.

O Capítulo 4 descreve o ambiente de trabalho do EPANET. Apresenta as funções dos vários menus de opções e botões das barras de ferramentas, bem como as três janelas principais - Mapa de Rede, Procura e o Editor de Propriedades.

O Capítulo 5 descreve o modo como os ficheiros de projecto armazenam toda a informação contida num modelo de um sistema de distribuição. Mostra como criar, abrir e guardar estes ficheiros, bem como configurar as opções de valores por defeito. Também descreve como registar os dados de calibração, utilizados para comparar os resultados da simulação com os dados de monitorização do sistema.

O Capítulo 6 descreve o modo de construção de um modelo de um sistema de distribuição, utilizando o EPANET. Mostra como criar os vários tipos de objectos físicos (tubagens, bombas, válvulas, reservatórios, etc.) que constituem um sistema, como editar as propriedades desses objectos e como caracterizar a variação de consumos e das condições de operação do sistema ao longo do tempo.

O Capítulo 7 explica como utilizar as possibilidades gráficas de visualização do mapa do sistema a ser modelado. Mostra como visualizar os dados de entrada, as propriedades de cada elemento e os diferentes parâmetros de cálculo no mapa, segundo um código de cores adoptado, configurar as dimensões, aumentar ou diminuir a escala, mover o mapa, localizar objectos no mapa e as opções disponíveis para personalizar a aparência do mapa.

O Capítulo 8 mostra como executar uma simulação hidráulica ou de qualidade da água. Descreve as várias opções que controlam o modo como a simulação é efectuada e fornece indicações para a correcção de erros na análise dos resultados da simulação.

O Capítulo 9 descreve as várias possibilidades de visualização dos resultados de uma simulação. Estas incluem diferentes modos de visualização do mapa da rede, vários tipos de gráficos e tabelas e diferentes tipos de relatórios específicos.

O Capítulo 10 explica como imprimir e copiar os resultados de uma simulação descritos, no Capítulo 9.

O Capítulo 11 descreve o modo como o EPANET pode importar e exportar cenários de projecto. Um cenário é um subconjunto de dados que caracterizam as condições correntes sob as quais a rede está a ser analisada (p.ex., consumo, regras de operacionalidade, coeficientes de reacção de qualidade da água, etc.). Também refere como gravar todos os dados de um projecto para um ficheiro de texto e como exportar o mapa da rede sob uma variedade de formatos.

O Capítulo 12 responde às questões mais frequentemente colocadas sobre como o EPANET pode ser utilizado para modelar situações particulares, tais como a modelação de reservatórios pneumáticos, a procura do máximo caudal disponível a uma pressão específica e a modelação do comportamento de subprodutos da desinfecção.

O Anexo A fornece uma tabela onde que são expressas as unidades de todos os parâmetros de modelação. O Anexo B apresenta uma lista dos códigos de mensagens de erro que o programa pode gerar, e respectivos significados. O Anexo C descreve como o EPANET pode ser executado a partir da linha de comandos de uma janela DOS, e refere o formato dos ficheiros que são utilizados neste modo de funcionamento. O Anexo D fornece detalhes sobre as formulações, algoritmos e métodos de resolução utilizados pelo EPANET para simular o comportamento hidráulico e de qualidade da água dos sistemas. No Anexo E apresenta-se um dicionário português-inglês / inglês-português de termos técnicos utilizados no domínio da simulação de sistemas de distribuição de água.

(Página em branco)

## CAPÍTULO 2 - VISITA GUIADA AO EPANET

---

*Este capítulo apresenta uma visita guiada ao EPANET, incluindo os principais passos a seguir para efectuar uma simulação de um sistema de distribuição de água. Se não estiver familiarizado com os componentes que integram um sistema de distribuição e com o modo como estes são representados em modelação, deverá previamente ler as duas secções iniciais do Capítulo 3.*

### 2.1 Instalar o EPANET

O EPANET versão 2.0 funciona em ambiente Microsoft® *Windows* 95/98/NT® para computadores pessoais compatíveis com os sistemas IBM/Intel. É distribuído como um único ficheiro, **en2setup.exe**, o qual contém um programa de configuração que é automaticamente extraído. Para instalar o EPANET:

1. seleccione **Executar** no menu Iniciar<sup>3</sup> do *Windows*;
2. introduza o nome da pasta e o nome do ficheiro **en2setup.exe** ou clique no botão **Procurar**, para localizá-lo no seu computador;
3. clique no botão **OK** para iniciar o processo de configuração.

O programa de configuração irá pedir-lhe que escolha a pasta onde os ficheiros do EPANET serão gravados. A pasta por defeito é **C:\Program Files\Epanet2**. Após os ficheiros terem sido instalados com sucesso, o Menu Iniciar do *Windows* terá um novo item: EPANET 2.0. Para iniciar o EPANET, seleccione este item a partir do Menu Iniciar, e seleccione seguidamente EPANET 2.0 a partir do submenu que é mostrado (o nome do ficheiro executável que permite iniciar o EPANET em ambiente *Windows* é **epanet2w.exe**).

No caso de pretender remover o EPANET do seu computador, pode utilizar o seguinte procedimento:

1. seleccione **Definições** a partir do menu Iniciar do *Windows*;
2. seleccione **Painel de controlo** a partir do menu Definições;
3. faça duplo clique sobre a opção **Adicionar/Remover Programas**;
4. seleccione o item EPANET 2.0 a partir da lista de programas que é mostrada;
5. clique no botão **Adicionar/Remover**.

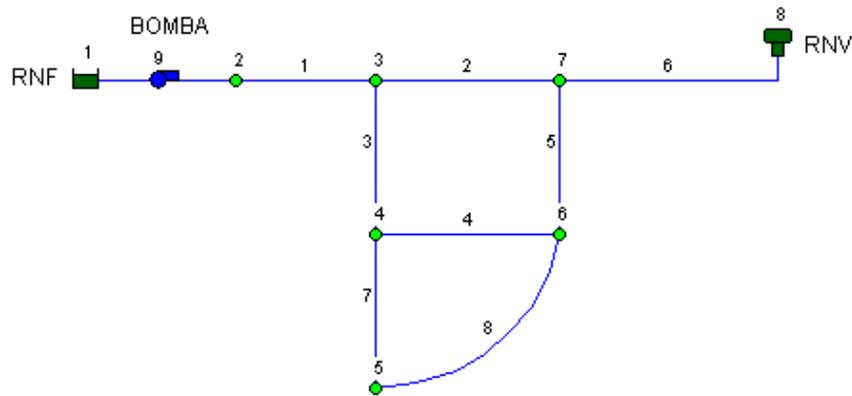
### 2.2 Exemplo de Aplicação

Apresenta-se na Figura 2.1 um exemplo de uma rede de distribuição simples para ilustrar os principais passos de um processo de simulação. A rede é composta por um reservatório ilimitado (RNF), com nível de água constante e qualidade conhecida (características que simulam, p.ex., o reservatório de água tratada de uma estação de tratamento de água), a partir da qual a água é

---

<sup>3</sup> Ou *Start*, no caso de uma versão do *Windows* em inglês.

bombeada para um sistema de distribuição composto por duas redes emalhadadas. O sistema possui também uma tubagem que liga a rede a um reservatório com altura de água variável (RNV). O desenho da rede e a identificação (os rótulos de ID) dos vários componentes da rede são mostrados na figura seguinte. As características dos nós da rede encontram-se descritas na Tabela 2.1. As propriedades dos troços são apresentadas na Tabela 2.2. O grupo elevatório (Troço 9) é caracterizado por uma altura de elevação de 57.5 m e um caudal de 18 l/s; o RNV (Nó 8) tem 9.0 m de diâmetro, uma altura de água inicial de 1.0 m e uma altura máxima de 3.0 m.



**Figura 2.1** Representação da Rede Exemplo no EPANET

**Tabela 2.1** Propriedades dos Nós da Rede Exemplo

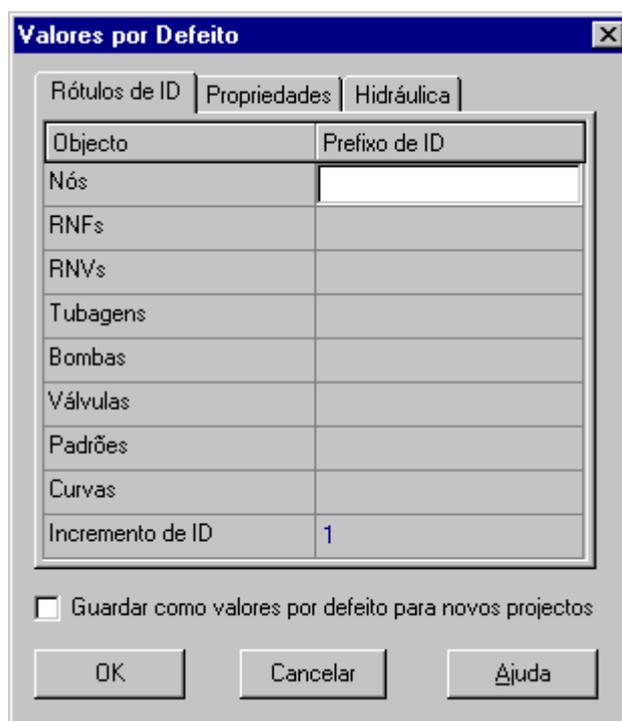
Nó	Cota (m)	Consumo (l/s)
1	213	0
2	213	0.1
3	216	1.2
4	213	7.0
5	198	9.1
6	213	1.4
7	213	1.1
8	253	0

**Tabela 2.2** Propriedades dos Troços da Rede Exemplo

Troço	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Factor C
1	915	200	100
2	1525	100	100
3	1525	150	100
4	1525	80	100
5	1525	80	100
6	2134	80	100
7	1525	150	100
8	2134	80	100

## 2.3 Configurar o Projecto

A primeira tarefa é criar um novo projecto no EPANET e certificar-se que determinadas opções por defeito estão seleccionadas. Para começar, inicie o EPANET ou, se este já estiver activado, seleccione **Ficheiro >> Novo** (a partir da barra de menus principal) para criar um novo projecto. A seguir, seleccione **Projecto >> Valores por Defeito** para abrir a caixa de diálogo apresentada na Figura 2.2. Esta caixa de diálogo será utilizada para permitir que o EPANET gere automaticamente IDs (identificações) para os componentes a criar (nós, reservatórios, tubagens, bombas, etc.), sendo possível definir um prefixo próprio para cada categoria. No caso de não pretender adicionar qualquer prefixo de ID aos objectos que constituem a rede, apague todos os prefixos dos campos da página de **Rótulos de ID** e defina um incremento de numeração automática de ID de 1. A seguir, seleccione a página de **Hidráulica** da caixa de diálogo e edite a opção **Unidades de Caudal**, escolhendo L/s (nas opções disponíveis, LPS – vide a terminologia apresentada na pág. xi). Refira-se que o sistema de unidades escolhido para o caudal é o sistema adoptado pelo EPANET para as restantes grandezas. No presente exemplo, serão adoptadas as unidades do Sistema Internacional para o comprimento (m), diâmetro de tubagem (mm), pressão (m), etc<sup>4</sup>. Ainda na mesma página, seleccione a opção Hazen-Williams (H-W) como fórmula de cálculo da perda de carga contínua. Se pretender guardar estas opções para aplicação em novos projectos, verifique se a opção **Guardar**, localizada no fundo da caixa, está seleccionada antes de fazer clique no botão **OK**.



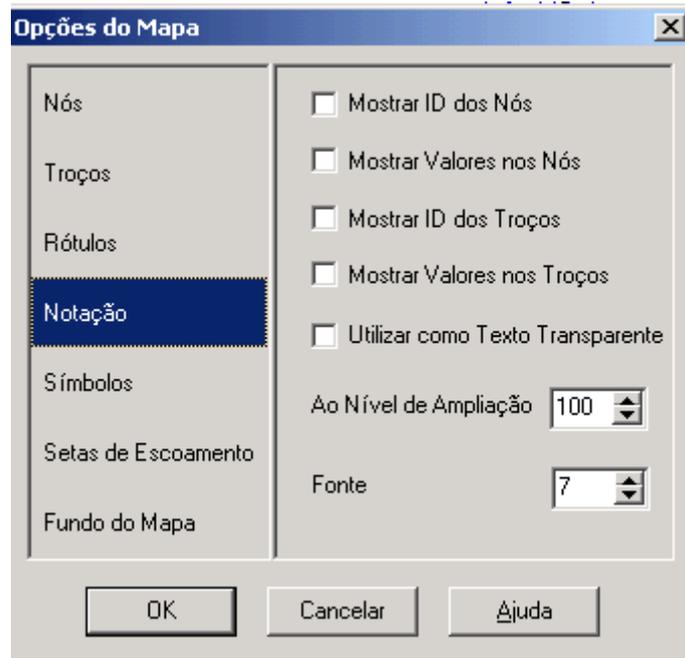
**Figura 2.2** Caixa de diálogo de Valores por Defeito

Em seguida, seleccione algumas opções de visualização do mapa para que, à medida que sejam adicionados objectos, possam ser visualizados os respectivos rótulos de ID e símbolos. Seleccione **Ver >> Opções** para que seja mostrada a caixa de diálogo de **Opções do Mapa**. Seleccione a página de **Notação** na

<sup>4</sup> Ver o menu **Ajuda >> Unidades** para mais detalhes.

caixa de diálogo e verifique as opções apresentadas na Figura 2.3 abaixo. A seguir, mude para a página de **Símbolos** e verifique também todas as opções. Clique no botão **OK** para aceitar estas opções e feche a caixa de diálogo.

Por último, antes de desenhar a rede, deve verificar se as opções de escala do mapa estão de acordo com o desenho pretendido. Selecione **Ver >> Dimensões** para que seja mostrada a caixa de diálogo de **Dimensões do Mapa**. Verifique as dimensões por defeito atribuídas a um novo projecto. Para o exemplo apresentado, as propriedades atribuídas por defeito serão suficientes, pelo que deve fazer clique no botão **OK**.



**Figura 2.3** Caixa de diálogo de Opções do Mapa

## 2.4 Traçado da Rede

Após ter seguido os passos anteriores, pode começar a desenhar a rede com o auxílio do rato e dos botões da **Barra de Ferramentas do Mapa**, mostrada abaixo. (Se a barra de ferramentas não estiver visível, selecione **Ver >> Barras de Ferramentas>> Mapa**).

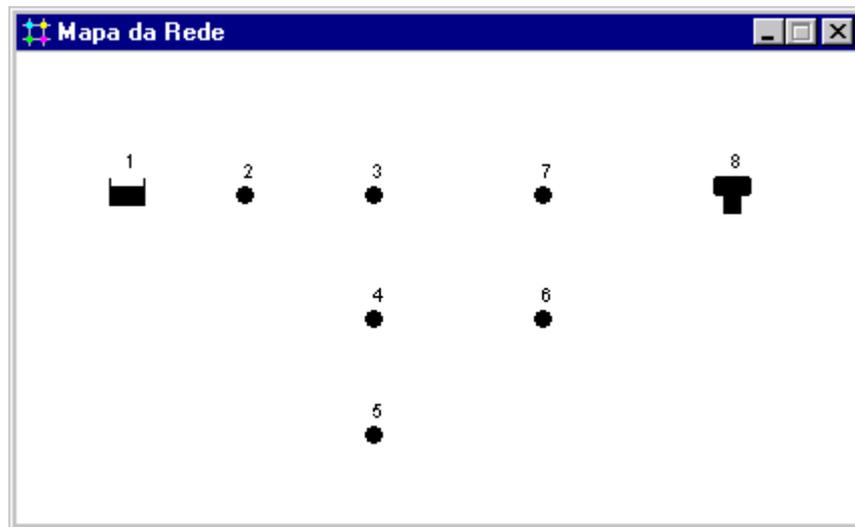


Em primeiro lugar, adicione o reservatório de nível fixo (RNF). Clique no botão RNF , para seleccioná-lo. A seguir, clique com o rato no ponto do mapa onde pretende inserir este componente (algures na zona esquerda do mapa).

A seguir, adicione os nós. Clique no botão Nó , e, seguidamente, clique nos pontos do mapa onde pretende colocar os nós 2 a 7.

Finalmente, adicione o reservatório de nível variável (RNV) fazendo clique no botão RNV , e, a seguir, clique no ponto do mapa onde pretende inseri-lo.

Inseridos todos os componentes anteriormente referidos, a rede obtida deve apresentar uma configuração semelhante ao desenho da Figura 2.4.



**Figura 2.4** Mapa da rede depois de Criados os Nós (nós, RNF, RNV)

Em seguida, adicione as tubagens. Comece com a tubagem 1, que liga os nós 2 e 3. Em primeiro lugar, clique no botão Tubagem  da Barra de Ferramentas do Mapa. A seguir, clique no nó 2 e depois no nó 3. Observe que, ao deslocar-se do nó 2 para o nó 3, é desenhada uma linha tracejada que se torna contínua assim que se faz um clique sobre o nó 3. Repita o procedimento para as tubagens 2 a 7.

A tubagem 8 é curva. Para desenhá-la, clique primeiro com o rato no nó 5. A seguir, obtenha uma curva fazendo clique nos pontos onde é necessário efectuar uma mudança de direcção para obter a forma desejada. Complete o processo fazendo clique no nó 6.

Por último, adicione a bomba. As bombas, tal como as tubagens e as válvulas, são tramos da rede, definindo uma ligação entre dois nós. Assim, seleccione o botão Bomba , clique no nó 1 e em seguida no nó 2.

A seguir, adicione rótulos aos componentes reservatório de nível fixo, bomba e reservatório de nível variável. Seleccione o botão Texto , da barra de Ferramentas do Mapa, e clique junto ao reservatório de nível fixo (Nó 1). Uma caixa de edição será mostrada. Escreva a palavra RNF e pressione a tecla **Enter**. Clique junto à bomba e introduza o respectivo rótulo, proceda de igual modo para adicionar o rótulo de RNV. A seguir, clique no botão Selecção , da barra de Ferramentas do Mapa, para passar do modo Inserção de Texto para o modo Selecção de Objecto.

Tem-se assim o desenho da rede completo. O mapa da rede obtido deve apresentar uma configuração semelhante à da Figura 2.1. Se os nós não estiverem correctamente posicionados pode movê-los, fazendo clique no nó que pretende mover e arrastando-o, com o botão esquerdo do rato pressionado, para a nova posição. Observe que os troços que estão ligados ao nó acompanham o

deslocamento deste, variando de comprimento<sup>5</sup>. Os rótulos podem ser reposicionados de igual modo. Para alterar a curvatura da tubagem 8:

1. clique, em primeiro lugar, na tubagem 8 para seleccioná-la e, em seguida, clique no botão  da Barra de Ferramentas do Mapa para passar o mapa para o modo de Selecção de Vértice;
2. seleccione um ponto de vértice na tubagem com o rato, e arraste-o para a nova posição com o botão esquerdo do rato pressionado;
3. se necessário, pode adicionar ou apagar vértices da tubagem clicando com o botão direito do rato e seleccionando a opção apropriada a partir do menu instantâneo que é mostrado;
4. quando terminar, clique  para voltar novamente ao modo de Selecção de Objecto.

## 2.5 Configurar as Propriedades dos objectos

À medida que os objectos são adicionados a um projecto, é-lhes associado um conjunto de propriedades a que são atribuídos valores por defeito. Para modificar o valor de uma propriedade específica de um objecto, deve editar as suas propriedades na janela do Editor de Propriedades (Figura 2.5). Existem diferentes modos para editar as propriedades de um objecto. Se a janela do Editor de Propriedades já estiver visível, pode simplesmente clicar sobre o objecto ou seleccioná-lo a partir da página de Dados da janela de Procura. Se não estiver visível, pode editá-lo através de uma das seguintes acções:

- duplo clique sobre o objecto no mapa;
- clique com o botão direito do rato sobre o objecto e selecção de Propriedades a partir do menu instantâneo que é mostrado.
- seleccione o objecto a partir da página de Dados da janela de Procura, e clique no botão Editar  da mesma janela.

Sempre que a janela do Editor de Propriedades estiver visível, pode pressionar a tecla F1 para obter a descrição das propriedades listadas no editor.

---

<sup>5</sup> Por defeito, a representação no mapa não está associada ao cálculo do comprimento da tubagem, o qual é especificado na caixa de **Propriedades**, como adiante se verá. Assim, para efeitos de modelação, o comprimento da tubagem permanece inalterado mesmo que os nós de início ou fim sejam deslocados no mapa. Existe, no entanto, a opção de calcular os comprimentos automaticamente a partir da representação no mapa.

Propriedade	Valor
*ID do Nó	2
Coordenada X	2103.56
Coordenada Y	7605.18
Descrição	
Zona	
*Cota	213
Consumo-Base	0.1
Padrão de Consumo	
Categorias de Consumo	1
Coef. do Emissor	
Qualidade Inicial	
Origem de Qualidade	

**Figura 2.5** Janela do Editor de Propriedades

Comece a editar seleccionando o nó 2 no Editor de Propriedades, tal como se mostra na figura acima. Introduza a cota e o consumo-base para este nó nos campos apropriados<sup>6</sup>. Pode utilizar as teclas de direcção do teclado ou o rato para se mover entre campos. Basta clicar sobre outro objecto (nó ou troço) para visualizar as suas propriedades no editor (pode também utilizar as teclas **Page Down** ou **Page Up** do teclado para se mover para o objecto seguinte ou anterior do mesmo tipo na página de **Dados**). Deste modo, pode mover-se entre objectos e ir preenchendo ou alterando os campos referentes à cota e ao consumo, para os nós, e comprimento, diâmetro e rugosidade (factor C), para os troços.

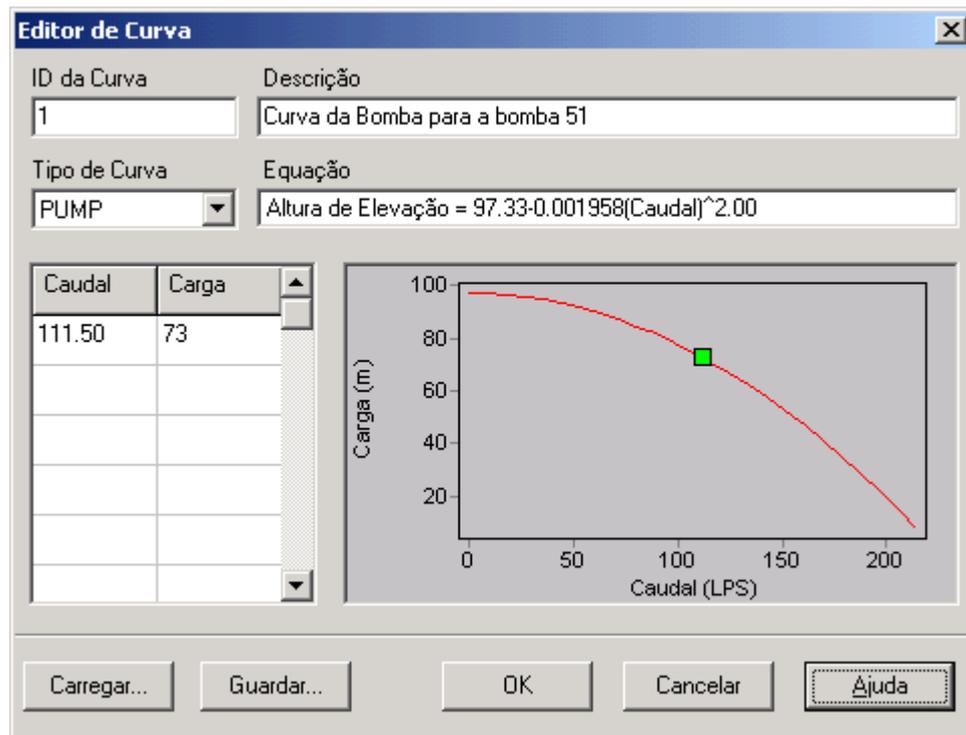
Para o reservatório de nível fixo, introduza o valor do nível de água (213 m) no campo referente a Nível de Água. Para o RNV, introduza o valor 253 para a cota de fundo, 1.0 para altura de água inicial, 3.0 para a altura máxima e 9.0 para o diâmetro. Para a bomba, é necessário adicionar uma curva característica  $H = H(Q)$ <sup>7</sup>. Introduza no campo Curva de Bomba o valor 1 como rótulo de ID.

Em seguida, crie a Curva de Bomba 1. Na página de **Dados** da janela de **Procura**, seleccione **Curvas** a partir da *drop down list box* e clique no botão

**Adicionar** . Uma nova curva será adicionada aos dados do projecto e a caixa de diálogo do **Editor de Curva** será mostrada (ver Figura 2.6). Escolha **Pump** no tipo de curva e introduza um par de valores de caudal (18) e altura de elevação (57.5), na tabela do lado esquerdo. O EPANET cria automaticamente uma curva característica completa a partir do único ponto fornecido. A equação da curva é traduzida graficamente. Clique no botão **OK** para fechar o editor.

<sup>6</sup> Os dados necessários à modelação da rede também podem ser introduzidos num ficheiro de texto legível (extensão .INP), o qual é importado para o EPANET de acordo com a instrução **Ficheiro >> Importar >> Rede**. Consulte o Apêndice C - Formato do Ficheiro de Dados para mais detalhes.

<sup>7</sup> Em substituição da Curva da Bomba pode fornecer um valor para a propriedade Potência. Consulte a tabela 6.5 - Propriedades da Bomba para mais detalhes.



**Figura 2.6** Editor de Curva

## 2.6 Guardar e Abrir Projectos

Concluída a fase inicial da modelação de uma rede de distribuição, é necessário guardar o trabalho para um ficheiro:

1. A partir do menu **Ficheiro**, seleccione a opção **Guardar Como**.
2. Na caixa de diálogo **Guardar Como**, seleccione a pasta e introduza o nome do ficheiro em que pretende guardar o projecto. Como sugestão, designe o ficheiro por **tutorial.net** (a extensão **.net** será adicionada ao nome do ficheiro no caso desta não ter sido fornecida).
3. Clique no botão **OK** para guardar o projecto para o ficheiro.

Os dados do projecto são guardados em formato binário, o qual não é legível a partir de um editor de texto. Se pretender guardar os dados da rede para um ficheiro de texto legível, seleccione **Ficheiro >> Exportar >> Rede**.

Para abrir o ficheiro do projecto numa próxima sessão, seleccione a opção **Abrir** a partir do menu **Ficheiro**.

## 2.7 Executar uma Simulação Estática

Nesta fase, dispõe-se de informação suficiente para executar uma simulação hidráulica estática<sup>8</sup> (simulação instantânea) da rede-exemplo. Para executar a simulação, seleccione **Projecto >> Executar Simulação** ou clique no botão **Executar**  da **Barra de Ferramentas Principal** (se esta não estiver visível, seleccione **Ver >> Barra de Ferramentas >> Principal**, a partir do **Menu Principal**).

Se a simulação não tiver sido bem sucedida, aparecerá a janela **Relatório de Estado**, indicando o tipo de problema que ocorreu. Se a simulação tiver sido bem sucedida, pode visualizar os resultados através de uma grande variedade de modos. Experimente as seguintes possibilidades:

- Seleccione pressão como grandeza a exibir nos nós, a partir da página do Mapa da janela de Procura, e observe como os valores de pressão nos nós são mostrados de acordo com um código de cores. Para visualizar a legenda do código de cores, seleccione **Ver >> Legendas >> Nó** (ou clique com o botão direito do rato numa zona vazia do mapa e seleccione **Legenda do Nó** a partir do menu instantâneo). Para mudar as gamas de valores e as cores da legenda, clique com o botão direito do rato sobre a legenda para que seja mostrado o Editor de Legenda.
- Edite a janela do Editor de Propriedades (duplo clique em qualquer nó ou troço) e verifique como os resultados da simulação são mostrados no fim da lista de propriedades.
- Crie uma lista de resultados em tabela, seleccionando **Relatório >> Tabela** (ou fazendo clique no botão **Tabela**  da **Barra de Ferramentas Principal**). A Figura 2.7 mostra uma tabela com os resultados da simulação para os troços. Note que valores de caudal com sinal negativo significam que o escoamento ocorre em sentido contrário àquele inicialmente definido pelos nós inicial e final do troço em causa.

---

<sup>8</sup> A simulação estática permite reproduzir as características do sistema simulado para um dado cenário de consumos, como se dele fornecessem uma fotografia (Alegre, 1999).

ID do Troço	Caudal LPS	Velocidade m/s	Perda de Carga m/km	Estado
Tubagem 1	20.17	0.64	3.88	Open
Tubagem 2	3.59	0.46	4.64	Open
Tubagem 3	15.38	0.87	9.54	Open
Tubagem 7	7.91	0.45	2.79	Open
Tubagem 4	0.46	0.09	0.31	Open
Tubagem 5	2.12	0.42	5.20	Open
Tubagem 8	-1.19	0.24	1.77	Open
Tubagem 6	0.37	0.07	0.20	Open

Figura 2.7 Tabela Exemplo de Resultados nos Troços

## 2.8 Executar uma Simulação Dinâmica

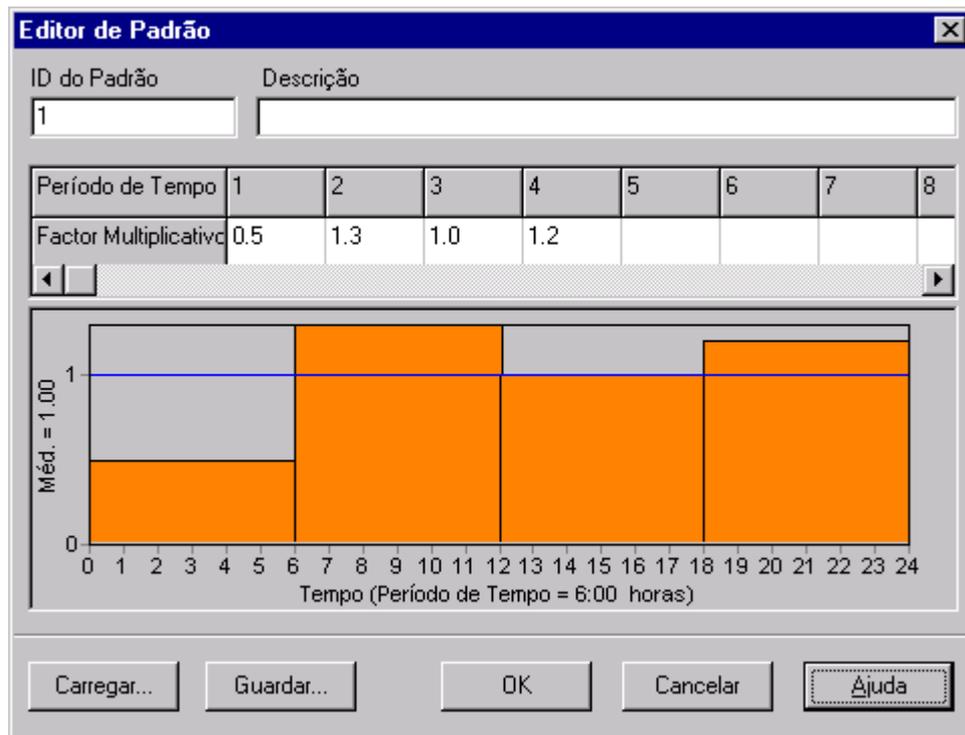
Para a execução de uma simulação dinâmica<sup>9</sup>, deve criar-se um Padrão Temporal, para representar a variação periódica dos consumos nos nós ao longo do tempo. No caso do exemplo, utilize um padrão de 24 horas e um passo de tempo de 6 horas, por forma a fazer variar os consumos quatro vezes ao longo do dia (um passo de tempo de 1 hora é mais usual e é o valor utilizado por defeito no EPANET). O passo de tempo do padrão é configurado seleccionando Opções e Tempo, a partir da página de Dados da janela de Procura. Clique no botão Editar para mostrar a janela de Opções de Tempo (se esta não estiver já visível) e introduza o valor 6 no campo Passo de Tempo do Padrão (tal como se mostra na Figura 2.8 abaixo). Pode ainda fixar a duração total da simulação dinâmica. Considere 3 dias como o período de simulação (introduza 72 horas no campo Duração Total da Simulação).

Propriedade	Hrs:Min
Duração Total	72:00
Passo de Cálculo Hidráulico	1:00
Passo de Cálculo de Qualidade	0:05
Passo de Tempo do Padrão	6:00
Tempo de Início do Padrão	0:00

Figura 2.8 Opções de tempo

<sup>9</sup> Utiliza-se habitualmente o termo “simulação dinâmica”, em modelação de sistemas de distribuição de água, quando se efectua uma simulação da evolução do sistema ao longo do tempo, através de uma sequência de soluções de equilíbrio hidráulico obtidas para sucessivos instantes. O termo “dinâmica” resulta, de neste tipo de modelo, as condições de fronteira serem variáveis no tempo (p.ex., variação da altura de água no RNV, arranque/paragem de um grupo elevatório) e não por se considerar na equação da dinâmica os respectivos termos de inércia. Por ser uma designação usualmente utilizada na modelação de sistemas de distribuição foi também a adoptada neste manual.

Para criar o padrão, seleccione a categoria **Padrões**, a partir da página de **Dados** da janela de **Procura**, e clique no botão Adicionar . Um novo padrão (por defeito, o Padrão1) será criado e a caixa de diálogo do Editor de Padrão é mostrada (ver Figura 2.9). Introduza os factores multiplicativos 0.5, 1.3, 1.0, 1.2 para os períodos de tempo de 1 a 4, os quais traduzem o padrão com duração de 24 horas. Os factores multiplicativos são utilizados para modificar o consumo, a partir de um valor base, em cada instante de tempo. Uma vez que a simulação tem uma duração total de 72 horas, o padrão é repetido no início da cada intervalo de 24 horas.



**Figura 2.9** Editor de Padrão

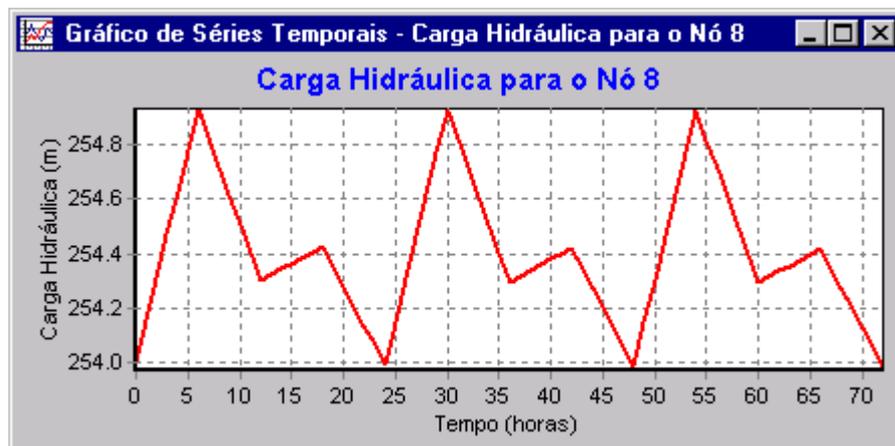
Agora é necessário associar o Padrão 1 à propriedade Padrão de Consumo para todos os nós da rede. Pode utilizar a caixa de diálogo de Opções de Hidráulica, a partir da página de Dados da janela de Procura, para evitar editar individualmente as propriedades de cada nó. Se editar a caixa de diálogo de Opções de Hidráulica, na página de Dados da janela de Procura, verificará que existe um item designado por Padrão por Defeito. Se lhe atribuir o valor 1, tem-se que o Padrão de Consumo em cada nó será igual ao Padrão 1, desde que nenhum outro padrão seja atribuído ao nó.

Em seguida, execute a simulação (seleccione **Projecto >> Executar Simulação** ou clique no botão  da Barra de Ferramentas Principal). Para simulações dinâmicas dispõe-se de um maior número de possibilidades de visualização dos resultados:

- A barra de deslocamento dos controlos de Tempo, na página do Mapa da janela de Procura, é utilizada para visualizar as características da rede em diferentes instantes, ao longo do período de simulação. Experimente este modo de visualização dos resultados com a Pressão seleccionada como parâmetro no nó e o Caudal como parâmetro no troço.

- Os botões de vídeo, na janela de Procura, permitem fazer uma animação do mapa ao longo do tempo. Clique no botão Para a Frente  para começar a animação e no botão Parar  para terminar.
- Insira setas de direcção do escoamento na rede (selecione Ver >> Opções, selecione a página de Setas de Escoamento, a partir da caixa de diálogo de Opções do Mapa, e verifique o estilo de setas que pretende utilizar). A seguir, comece novamente a animação e observe a mudança de sentido do escoamento na tubagem que liga ao reservatório, à medida que este enche e esvazia ao longo do tempo.
- Crie um gráfico de uma série temporal para qualquer nó ou troço. Por exemplo, para visualizar o modo como varia a cota piezométrica no reservatório com tempo:
  1. Clique no reservatório (RNV).
  2. Selecione **Relatório >> Gráfico** (ou clique no botão gráfico  da barra de Ferramentas Principal) para que seja mostrada a caixa de diálogo de Selecção de Gráfico.
  3. Selecione a opção Série Temporal na caixa de diálogo.
  4. Selecione Carga Hidráulica como parâmetro a representar graficamente.
  5. Clique no botão **OK** para aceitar o tipo de gráfico que escolheu.

Verifique que o gráfico de variação da cota piezométrica no RNV com o tempo apresenta um andamento periódico (Figura 2.10).



**Figura 2.10** Exemplo do Gráfico de uma Série Temporal

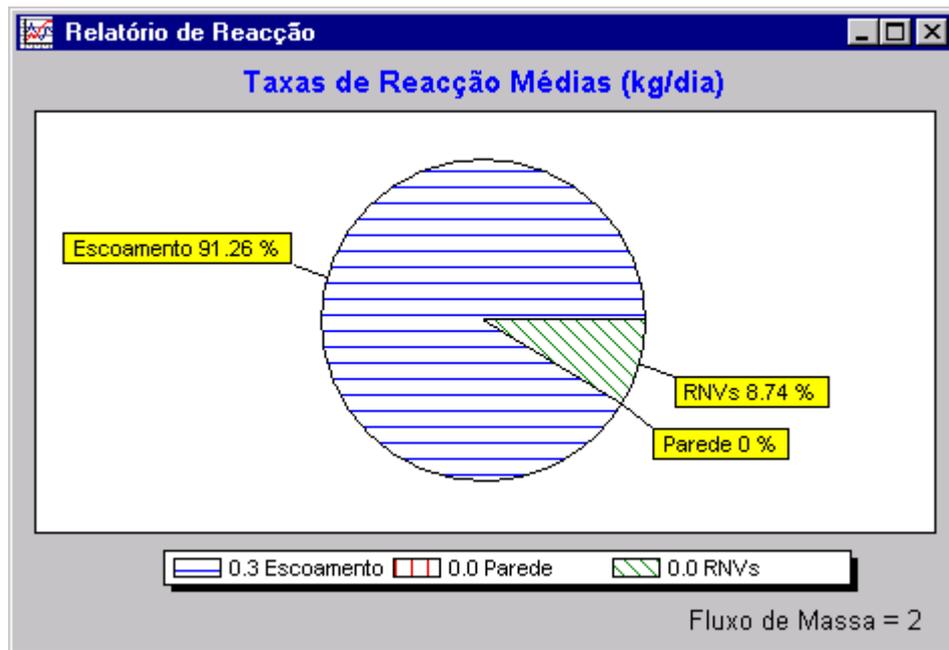
## 2.9 Executar uma Simulação de Qualidade da Água

Em seguida, mostra-se como alargar as possibilidades de simulação da rede exemplo para analisar também a qualidade da água. O caso mais simples é seguir a evolução da idade da água através da rede, ao longo do tempo. Para efectuar esta simulação basta seleccionar **Age** como Parâmetro na caixa de diálogo de Opções de Qualidade (selecione Opções – Qualidade a partir da página de Dados da janela de Procura e, a seguir, clique no botão Editar para mostrar a janela do Editor de Propriedades). Execute a simulação e selecione **Age** como parâmetro a visualizar no mapa. Crie um gráfico de variação da idade da água com o tempo no reservatório. Verifique que, ao contrário da variação do nível de água, 72 horas de simulação não é tempo suficiente para que se verifique um comportamento periódico da idade da água no reservatório (a condição inicial por defeito em todos os nós é Idade = 0). Experimente repetir a simulação, fixando 240 horas de duração ou atribuindo uma idade inicial de 60 horas para o reservatório (introduza 60 como valor de Qualidade Inicial na janela do Editor de Propriedades do reservatório).

Finalmente, mostra-se como simular o transporte e o decaimento do cloro através da rede. Faça as seguintes alterações aos dados de simulação:

1. Selecione Opções – Qualidade para editar a caixa de diálogo a partir da página de Dados da janela de Procura. No campo de Parâmetro do Editor de Propriedades escreva a palavra Cloro.
2. Mude para Opções – Reacções na janela de Procura. Para o Coeficiente de Reacção no Seio do Escoamento introduza o valor  $-2.5$ . Este coeficiente traduz a taxa de decaimento do cloro devido a reacções no seio do escoamento ao longo do tempo. Este valor do coeficiente será atribuído por defeito a todas as tubagens da rede. Pode editar individualmente este valor para cada tubagem, se for necessário.
3. Clique no nó reservatório de nível fixo e atribua à propriedade Qualidade Inicial o valor 1.0. Esta será a concentração de cloro que entra de modo contínuo na rede. (Reponha a qualidade inicial no reservatório de nível variável para 0 se a tiver alterado.)

Execute nova simulação do exemplo. Utilize os Controlos de Tempo, na página do Mapa da janela de Procura, para visualizar a variação dos níveis de cloro com a localização na rede e com o tempo, ao longo da simulação. Verifique que, para o caso desta rede simples, apenas os nós 5, 6 e 7 apresentam níveis de cloro mais reduzidos, uma vez que são abastecidos pelo reservatório de nível variável, o qual fornece água com baixo teor de cloro. Crie um Relatório de Reacção para esta simulação, seleccionando **Relatório >> Reacção**, a partir da barra de menus principal. O gráfico de resultados que se obtém deve ser semelhante àquele que se apresenta na Figura 2.11. Este mostra, em termos médios, a quantidade de cloro perdida nas tubagens, por oposição ao reservatório de nível variável. O decaimento no seio do escoamento refere-se a reacções que ocorrem entre espécies químicas presentes na água transportada, enquanto que o decaimento na parede refere-se a reacções que ocorrem na interface com a parede de tubagens ou de reservatórios de nível variável (*i.e.*, reacções com o próprio material e/ou com biofilmes existentes na parede interna). Este último parâmetro é zero porque não se especificou nenhum coeficiente de reacção na parede, para este exemplo.



**Figura 2.11** Exemplo de um Relatório de Reacção

Refira-se que se apresentou de modo superficial as várias possibilidades oferecidas pelo EPANET. Deste modo, devem ser testados determinados recursos adicionais do programa, nomeadamente:

- Editar uma propriedade para um grupo de objectos pertencentes a uma zona definida pelo utilizador.
- Utilizar instruções de Controlo para relacionar as condições de operação de uma bomba com o período do dia ou com as alturas de água no reservatório de nível variável.
- Explorar as diferentes possibilidades da caixa de diálogo de Opções do Mapa, como seja relacionar o tamanho do nó com o respectivo valor.
- Inserir uma imagem de fundo (p.ex., uma base cartográfica ou qualquer outra imagem do tipo *bitmap*) no esquema da rede.
- Criar diferentes tipos de gráficos, como sejam gráficos de perfil e gráficos de isolinhas.
- Adicionar dados de calibração ao projecto e visualizar o relatório de calibração.
- Copiar o mapa, o gráfico, ou o relatório para o *clipboard* ou para ficheiro.
- Guardar e restaurar um cenário projectado (p.ex., consumo nodais correntes, valores de rugosidade das tubagens, etc.).

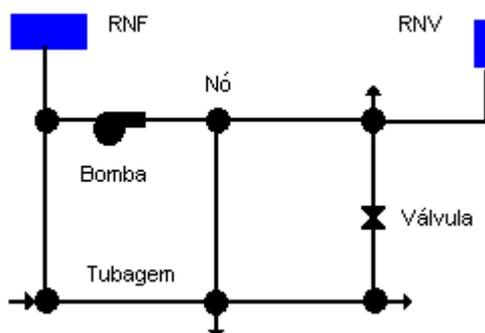
## CAPÍTULO 3 - O MODELO DA REDE

---

*Este capítulo refere o modo como o EPANET modela os objectos físicos que constituem um sistema de distribuição de água, assim como os parâmetros operacionais. Os pormenores sobre o modo como este tipo de informação é inserida no programa são apresentados em capítulos posteriores. Efectua-se também uma síntese dos métodos computacionais que o EPANET utiliza para a modelação do comportamento hidráulico e de qualidade da água.*

### 3.1 Componentes Físicos

O EPANET modela um sistema de distribuição de água como sendo um conjunto de troços ligados a nós. Os troços representam as tubagens, bombas e válvulas de controlo. Os nós representam junções, reservatórios de nível fixo (RNF) e reservatórios de nível variável (RNV). A Figura abaixo ilustra o modo como estes objectos se podem ligar entre si, por forma a constituir uma rede.



**Figura 3.1** Componentes Físicos de um Sistema de Distribuição de Água

#### Nós

Os nós são os pontos da rede onde os troços se ligam entre si e onde a água entra e sai da rede. Os principais dados de entrada para os nós são:

- Cota acima de determinado nível de referência (usualmente o nível médio das águas do mar)
- Consumo<sup>10</sup>
- Qualidade inicial da água.

Em cada instante da simulação, obtêm-se os seguintes resultados para os nós da rede:

- carga hidráulica total (nível de água no caso de RNF e RNV)
- pressão (altura piezométrica)
- qualidade da água.

---

<sup>10</sup> Para efectar consumos aos nós da rede, tendo por base o consumo total instantâneo fornecido a uma rede, consultar Alegre (1986) e Alegre (1999).

Os nós podem ainda apresentar as seguintes características:

- apresentar um consumo variável no tempo
- possuir múltiplas categorias de consumo associadas
- ter consumos negativos, indicando que há entrada de água na rede
- constituir origens de qualidade da água, onde os respectivos parâmetros de qualidade entram na rede
- conter dispositivos emissores do tipo orifício (p.ex., aspersores), os quais fazem com que o caudal efluente dependa da pressão

### Reservatórios de Nível Fixo

Os reservatórios de nível fixo são nós especiais que representam um volume de armazenamento água de capacidade ilimitada e carga hidráulica constante. Constituem, assim, origens ou sumidouros de água externos à rede. São utilizados para simular lagos, rios ou aquíferos ou, mais frequentemente, ligações a outros sistemas. Os reservatórios de nível fixo podem servir também como pontos de origem de qualidade da água.

Os principais parâmetros a inserir nas propriedades do reservatório de nível fixo são o Nível de Água e, caso se pretenda, a qualidade inicial para simulações de qualidade da água.

O reservatório de nível fixo é um ponto de fronteira cujas propriedades são totalmente independentes do funcionamento da rede, o que decorre da sua capacidade ser ilimitada. Assim, a respectiva carga hidráulica e qualidade da água não podem ser afectadas pelo que se passa dentro da rede. Pelo que os resultados destes parâmetros não são alterados durante a simulação. No entanto, o utilizador pode pré-definir, para um reservatório de nível fixo, que a carga hidráulica seja variável no tempo, associando-lhe um padrão temporal (ver Padrões Temporais abaixo). O mesmo pode ser feito para as respectivas características de qualidade da água, através da propriedade Origem de Qualidade.

### Reservatórios de Nível Variável

Os reservatórios de nível variável são também nós especiais da rede, possuindo uma capacidade de armazenamento limitada e podendo o volume de água armazenado variar ao longo da simulação. Um reservatório de nível variável é definido pelas seguintes propriedades principais:

- cota do fundo (onde a altura de água é zero)
- diâmetro (ou curva de volume, se a forma não for cilíndrica)
- altura de água mínima
- altura de água máxima
- altura de água inicial para o cenário a simular
- qualidade da água inicial.

A definição das alturas de água acima indicadas faz-se em relação ao ponto para o qual se indicou a cota do fundo do reservatório de nível variável. Notar que se pode utilizar, em substituição desta última, a cota do terreno, sendo que nesse caso terá de se indicar as alturas de água medidas em relação ao terreno.

Os principais resultados produzidos pela simulação ao longo do tempo são:

- carga hidráulica (nível de água)
- qualidade da água.

Os reservatórios de nível variável são modelados para operar entre as alturas de água mínima e máxima. O EPANET interrompe a saída ou entrada de caudal do reservatório de nível variável se for atingida a altura de água mínima ou máxima, respectivamente. Os reservatórios de nível variável podem servir também como pontos de origem de qualidade da água.

### Dispositivos emissores do tipo orifício

Os dispositivos emissores estão associados a nós que modelam o escoamento através de orifícios ou agulhetas com descarga directa para a atmosfera. O caudal através destes dispositivos varia em função da pressão no nó, de acordo com uma lei de vazão do tipo:

$$q = C p^\gamma$$

onde  $q$  = caudal,  $p$  = pressão,  $C$  = coeficiente de vazão e  $\gamma$  = expoente do emissor. Para orifícios e agulhetas, o parâmetro  $\gamma$  é igual a 0.5. Os fabricantes fornecem, usualmente, o valor do coeficiente de vazão em unidades de caudal para uma queda de pressão unitária (p.ex., l/min,  $\Delta p=1$  bar).

Os dispositivos emissores são utilizados para modelar o escoamento em sistemas com aspersores e em redes de rega<sup>11</sup>. Estes dispositivos também podem ser utilizados para simular perdas em tubagens (se o coeficiente de vazão e o expoente da pressão, para a fuga na junta ou fissura poderem ser estimados) ou modelar o caudal de combate a incêndio num nó (o caudal disponível nos pontos de pressão mínima da rede). No último caso, utiliza-se um valor muito elevado para o coeficiente de vazão e adiciona-se à cota do terreno a pressão mínima requerida (m c.a.) para combate a incêndio. O EPANET modela os dispositivos emissores como sendo uma propriedade do nó e não como um componente separado.

### Tubagens

As tubagens são troços que transportam água entre os vários pontos da rede. O EPANET considera que o escoamento ocorre em pressão em todas as tubagens, ao longo da simulação. O escoamento ocorre dos pontos com carga hidráulica

---

<sup>11</sup> Os dispositivos do tipo emissor são modelados através de uma tubagem fictícia que liga o nó a um reservatório fictício. Se pretender obter o caudal num emissor cuja descarga se realiza para a atmosfera, o nível de água no reservatório fictício é igual à cota do nó. Se pretende obter o caudal para uma pressão particular, deve configurar o coeficiente de vazão do dispositivo e adicionar ao nível no reservatório fictício a altura piezométrica requerida.

mais elevada (energia interna por unidade de peso de fluido) para os pontos com carga hidráulica mais baixa. Os principais parâmetros a inserir nas propriedades das tubagens são:

- nó inicial e final
- diâmetro
- comprimento
- coeficiente de rugosidade<sup>12</sup> (cálculo da perda de carga contínua)
- estado (aberto, fechado ou contendo uma válvula de retenção -  
– vide a terminologia apresentada na pág. xi).

A opção Estado permite que, de modo indirecto, a tubagem contenha uma válvula de seccionamento ou uma válvula de retenção<sup>13</sup> (VR), que permite que o escoamento na tubagem se processe apenas num sentido.

No caso de uma tubagem, os dados a inserir para uma simulação de qualidade da água são os seguintes:

- coeficiente de reacção no seio do escoamento
- coeficiente de reacção na tubagem.

Estes coeficientes são descritos detalhadamente na secção 3.4 abaixo.

Em resultado da simulação, obtêm-se as seguintes grandezas relativas às tubagens:

- caudal
- velocidade
- perda de carga (por 1000 metros de tubagem)
- factor de resistência ou factor de Darcy-Weisbach
- valor médio da taxa de reacção para o parâmetro de qualidade da água simulado (ao longo da tubagem)
- concentração média do parâmetro de qualidade da água simulado (ao longo da tubagem).

A perda de carga hidráulica na tubagem, em consequência do trabalho realizado pelas forças resistentes, pode ser determinada de acordo com uma das seguintes fórmulas:

- fórmula de Hazen-Williams
- fórmula de Darcy-Weisbach
- fórmula de Chezy-Manning

---

<sup>12</sup> Os factores de rugosidade ou de resistência (C,  $\epsilon$ , n) são coeficientes empíricos tabelados que exprimem o efeito da rugosidade do material no cálculo da perda de carga contínua de modo distinto. A rugosidade absoluta,  $\epsilon$  (mm ou mft), e o coeficiente de Manning  $n$  (adimensional) permitem medir a rugosidade directamente. O coeficiente da fórmula de Hazen-Williams relaciona-se com a rugosidade de modo inverso, sendo tanto mais elevado quanto menor for a rugosidade do material.

<sup>13</sup> De acordo com Baptista (1986) apresentam-se como exemplo de válvulas de seccionamento as de cunha, borboleta, globo, esfera, macho, tanque e flutuador e como exemplos de válvulas de retenção as de charneira, bola, disco guiado, de membrana e de pé.

A fórmula de Hazen-Williams é uma das mais utilizadas para o cálculo da perda de carga em sistemas em pressão. Não pode ser utilizada para outros líquidos, senão a água e foi inicialmente desenvolvida apenas para escoamento turbulento. A fórmula de Darcy-Weisbach é teoricamente a mais correcta. É aplicável a todos os regimes de escoamento e a todos os líquidos. A fórmula de Chezy-Manning é utilizada usualmente em escoamentos em superfície livre.

As fórmulas referidas anteriormente baseiam-se na seguinte expressão, para calcular a perda de carga contínua entre o nó inicial e final da tubagem:

$$h_L = Aq^B$$

onde  $h_L$  = perda de carga (Comprimento),  $q$  = caudal (Volume/Tempo),  $A$  = termo de perda de carga, e  $B$  = expoente do caudal. A tabela 3.1 apresenta para cada fórmula as expressões para o termo de perda de carga e os valores para o expoente do caudal em unidades SI. Cada fórmula utiliza um coeficiente diferente, os quais foram determinados empiricamente. A tabela 3.2 apresenta os intervalos de variação dos diferentes coeficientes, consoante o tipo de material de tubagem, considerando que esta é nova. No entanto, tenha presente que o valor dos coeficientes das fórmulas de perda de carga podem alterar-se significativamente com a idade da tubagem.

Adoptando a fórmula de Darcy-Weisbach, o EPANET utiliza diferentes métodos para calcular o factor de resistência ( $f$ ), consoante o regime de escoamento:

- A fórmula de Hagen-Poiseuille, para regime laminar ( $Re < 2000$ ).
- A fórmula de Swamee e Jain, como aproximação da fórmula de Colebrook-White, para escoamento turbulento rugoso ( $Re > 4000$ ).
- Uma interpolação cúbica, a partir do ábaco de Moody, para o escoamento turbulento de transição ( $2000 < Re < 4000$ ).

Consulte o Anexo D para conhecer as diferentes formulações utilizadas para o cálculo do factor de Darcy-Weisbach.

**Tabela 3.1** Fórmulas para o Cálculo da Perda de Carga Contínua em Escoamentos em Pressão (sistema SI)

<i>Fórmula</i>	<i>Termo de Perda de Carga (A)</i>	<i>Expoente do caudal (B)</i>
Hazen-Williams	$10.7 C^{-1.852} d^{-4.87} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.083 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$10.3 n^2 d^{-5.33} L$	2

<p>Notas: C = coeficiente da fórmula de Hazen-Williams  <math>\epsilon</math> = rugosidade absoluta (ou rugosidade de Darcy-Weisbach) (mm)  f = factor de Darcy-Weisbach (depende de <math>\epsilon</math>, d e q)  n = coeficiente de rugosidade de Manning  d = diâmetro da tubagem (m)  L = comprimento da tubagem (m)  q = caudal (m<sup>3</sup>/s)</p>
---

**Tabela 3.2** Coeficientes das Fórmulas de Perda de Carga para Tubagens Novas<sup>14</sup>

<i>Material</i>	<i>C, Hazen-Williams (adimensional)</i>	<i><math>\epsilon</math>, Darcy-Weisbach (mm)</i>	<i>n, Manning (adimensional)</i>
ferro fundido	130 – 140	0.25	0.012 - 0.015
Betão ou com revestimento de betão	120 – 140	0.3 - 3	0.012 - 0.017
Ferro galvanizado	120	0.15	0.015 - 0.017
Plástico	140 – 150	0.0015	0.011 - 0.015
Aço	140 – 150	0.03	0.015 - 0.017
grés	110	0.3	0.013 - 0.015

As tubagens podem estar abertas ou fechadas em determinados períodos da simulação ou quando ocorrem determinadas condições específicas de operação, tais como, quando a altura de água no reservatório de nível variável atinge determinados valores ou quando a pressão num nó está abaixo ou acima de certo valor. Consulte o tema Controlos na secção 3.2.

### Perdas de carga singulares

As perdas de carga singulares (também designadas perdas de carga localizadas) são causadas pelo aumento da turbulência devido à existência de curvas, alargamentos e estreitamentos. A importância de incluir tais perdas na simulação depende da topologia da rede e do grau de exactidão pretendido. Estas podem ser consideradas associando à tubagem um coeficiente de perda de carga singular. A perda de carga singular é traduzida pelo produto deste coeficiente pela altura cinética do escoamento de acordo com a seguinte expressão:

$$h_L = K \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

onde  $K$  = coeficiente de perda de carga singular,  $v$  = velocidade do escoamento (Comprimento/Tempo) e  $g$  = aceleração da gravidade (Comprimento/Tempo<sup>2</sup>).

<sup>14</sup> Consultar Quintela, 1981 e Lencastre, 1996

A tabela 3.3 fornece os valores do coeficiente de perda de carga singular para diferentes tipos de singularidades<sup>15</sup>.

**Tabela 3.3** Valores do coeficiente de perda de carga singular para diferentes tipos de singularidades

<i>SINGULARIDADE</i> <sup>16</sup>	<i>COEFICIENTE DE PERDA DE CARGA</i>
Válvula de globo, abertura completa	10.0
Válvula de ângulo, abertura completa	5.0
Válvula de retenção de batente, abertura completa	2.5
Válvula de cunha, abertura completa	0.2
Curva a 90° (raio pequeno)	0.9
Curva a 90° (raio médio)	0.8
Curva a 90° (raio grande)	0.6
Curva a 45°	0.4
Curva de retorno	2.2
Tê standard – escoamento na linha	0.6
Tê standard – escoamento linha – ramal	1.8
Entrada em aresta viva (reservatório – tubagem)	0.5
Entrada em aresta viva (tubagem – reservatório)	1.0

## Bombas

As bombas são troços da rede que transferem energia para o escoamento, aumentando a sua carga hidráulica. Os principais dados a inserir no programa, relativos à bomba, são os nós inicial e final e a curva da bomba (combinação de valores de carga hidráulica e caudal que definem a curva de funcionamento). Em vez da curva característica, a bomba pode ser representada por um parâmetro que forneça um valor constante de energia (horsepower, hp, quilowatt, kW) ao escoamento, para todas as combinações de caudal e carga hidráulica.

Os principais resultados produzidos pela simulação são o caudal bombeado e a altura de elevação. O escoamento através da bomba é unidireccional.

A velocidade de rotação da bomba pode ser variável se a propriedade Regulação de Velocidade for alterada, por forma a reflectir tais condições de

<sup>15</sup> Estes devem ser encarados como valores indicativos, uma vez que o coeficiente K depende da geometria da singularidade, do número de Reynolds e, em alguns casos, de determinadas condições de escoamento (Quintela, 1981), devendo ser analisado caso a caso.

<sup>16</sup> Para mais tipos de singularidades consultar Quintela (1981) e Lencastre (1996)

operação. Por defeito, a curva da bomba traçada inicialmente pelo programa considera que a Regulação de Velocidade é unitária. Se a velocidade de rotação duplicar, deve associar-se à propriedade apresentada o valor 2; se a velocidade de rotação for reduzida para metade, deve ser atribuído o valor 0.5 e, assim, sucessivamente. Note que, se mudar a velocidade de rotação da bomba, altera a respectiva curva característica e as condições óptimas de funcionamento da bomba.

Tal como as tubagens, as bombas podem ser ligadas ou desligadas em determinados períodos de tempo ou quando ocorrem determinadas condições de operação na rede. As condições de operação de uma bomba podem ser descritas associando-lhe um padrão temporal relativo à variação da Regulação de Velocidade. O EPANET também pode determinar o consumo de energia e o custo de bombeamento. A cada bomba pode ser associada uma curva de rendimento do grupo electrobomba e uma tabela de preços de energia. Se esta informação de detalhe não for fornecida podem definir-se valores globais, a partir da caixa de diálogo de Opções de Energia, na página de Dados da janela de Procura.

O escoamento através de uma bomba é unidireccional. Se as condições de operação do sistema exigirem maior carga hidráulica do que aquela que pode ser fornecida ao escoamento pela bomba, o programa desliga a bomba. Se for necessário um caudal superior ao valor máximo, o EPANET extrapola a curva característica da bomba para o caudal pretendido, mesmo que se obtenha uma carga hidráulica negativa. Em ambas as situações, uma mensagem de aviso será mostrada.

## Válvulas

As válvulas são troços que limitam a pressão ou o caudal num ponto particular da rede. Os principais dados de simulação a introduzir são:

- nós inicial e final
- diâmetro
- parâmetro de controlo na válvula
- estado.

Os principais resultados produzidos pela simulação são o caudal e a perda de carga.

Os principais tipos de válvulas modelados pelo EPANET (vide a terminologia apresentada na pág. xi) são:

- Válvula de Controlo da Pressão a Jusante ou Válvula Redutora de Pressão, VRP
- Válvula de Controlo da Pressão a Montante ou Válvula de Alívio, VA
- Válvula de Perda de Carga Fixa, VPCF
- Válvula Reguladora de Caudal, VRC
- Válvula de Controlo de Perda de Carga ou Válvula de Borboleta, VB

- Válvula Genérica, VG

As Válvulas Redutoras de Pressão (VRP) limitam a pressão de saída na válvula num determinado ponto da rede. O EPANET simula as seguintes situações de funcionamento para este tipo de válvula:

- parcialmente aberta (*i.e.*, activa), para que a pressão a jusante seja igual a um valor pré-definido, quando a pressão a montante é superior a este valor
- completamente aberta, se a pressão a montante está abaixo do valor pré-definido
- fechada, se a pressão a jusante excede a pressão a montante, não permitindo que o sentido do escoamento inverta (neste caso funciona como válvula de retenção).

As Válvulas de Alívio (VA) mantêm o valor da pressão de entrada na válvula, num determinado ponto da rede. O EPANET simula as seguintes situações de funcionamento para este tipo de válvula:

- parcialmente aberta, (*i.e.*, activa) para que a pressão a montante seja igual a um valor pré-definido, quando a pressão a jusante está abaixo deste valor
- completamente aberta, se a pressão a jusante é superior ao valor pré-definido
- fechada, se a pressão a jusante excede a pressão a montante, não permitindo que o sentido do escoamento inverta (neste caso funciona como válvula de retenção).

As Válvulas de Perda de Carga Fixa (VPCF) provocam uma perda de carga fixa na válvula. O escoamento através da válvula pode ocorrer em qualquer sentido. Este tipo de válvulas não constitui um componente físico da rede, no entanto pode ser utilizado para modelar situações em que existe uma perda de carga fixa que é conhecida.

As Válvulas Reguladoras de Caudal (VRC) limitam o valor do caudal. O programa emite uma mensagem de aviso se o caudal não puder ser mantido sem que haja um aumento da carga hidráulica na válvula (*i.e.*, mesmo quando o caudal não pode ser mantido com a válvula completamente aberta).

As Válvulas de Borboleta (VB) simulam válvulas parcialmente fechadas, ajustando o coeficiente de perda de carga singular da válvula. A relação entre o grau de fechamento da válvula e o correspondente coeficiente de perda de carga singular é fornecida usualmente pelo fabricante da válvula.

As Válvulas Genéricas (VG) são utilizadas para representar um troço com uma lei de escoamento especial, diferente das expressões utilizadas para os restantes elementos já apresentados. Podem ser utilizadas para simular turbinas, o escoamento em poços ou válvulas de retenção de caudal reduzido.

As válvulas de seccionamento e as válvulas de retenção, que podem ser modeladas como estando completamente abertas ou fechadas, não são consideradas como elementos separados das tubagens, mas sim como uma propriedade da tubagem onde se localizam.

Cada tipo de válvula é caracterizado por um parâmetro de controlo diferente que descreve o ponto de operação desta (pressão para as VRP, VA e VPCF; caudal para as VRC; coeficiente de perda de carga singular para as VB e curva de perda de carga para as VG).

As instruções de controlo das válvulas podem ser anuladas se for especificado na propriedade Estado Fixo que está aberta ou fechada. O estado da válvula e as respectivas condições de operação podem ser alteradas durante a simulação utilizando a opção de Controlos.

Devido ao modo como as válvulas são modeladas, deve ter-se em atenção as seguintes regras quando se inserem novas válvulas na rede:

- uma VRP, VA ou VRC não pode ser ligada directamente a um reservatório de nível fixo ou a um reservatório de nível variável (utilize sempre uma determinada extensão de tubagem para separar os dois componentes)
- duas VRPs não podem partilhar a mesma tubagem de jusante nem podem estar ligadas em série
- duas VAs não podem partilhar a mesma tubagem de montante nem podem estar ligadas em série
- uma VA não pode ser ligada ao nó de jusante de uma VRP.

## 3.2 Componentes Não-Físicos

Adicionalmente aos componentes físicos, o EPANET permite definir três categorias de informação sobre a rede: curvas, padrões e controlos, que descrevem o comportamento e os aspectos operacionais de um sistema de distribuição de água.

### Curvas

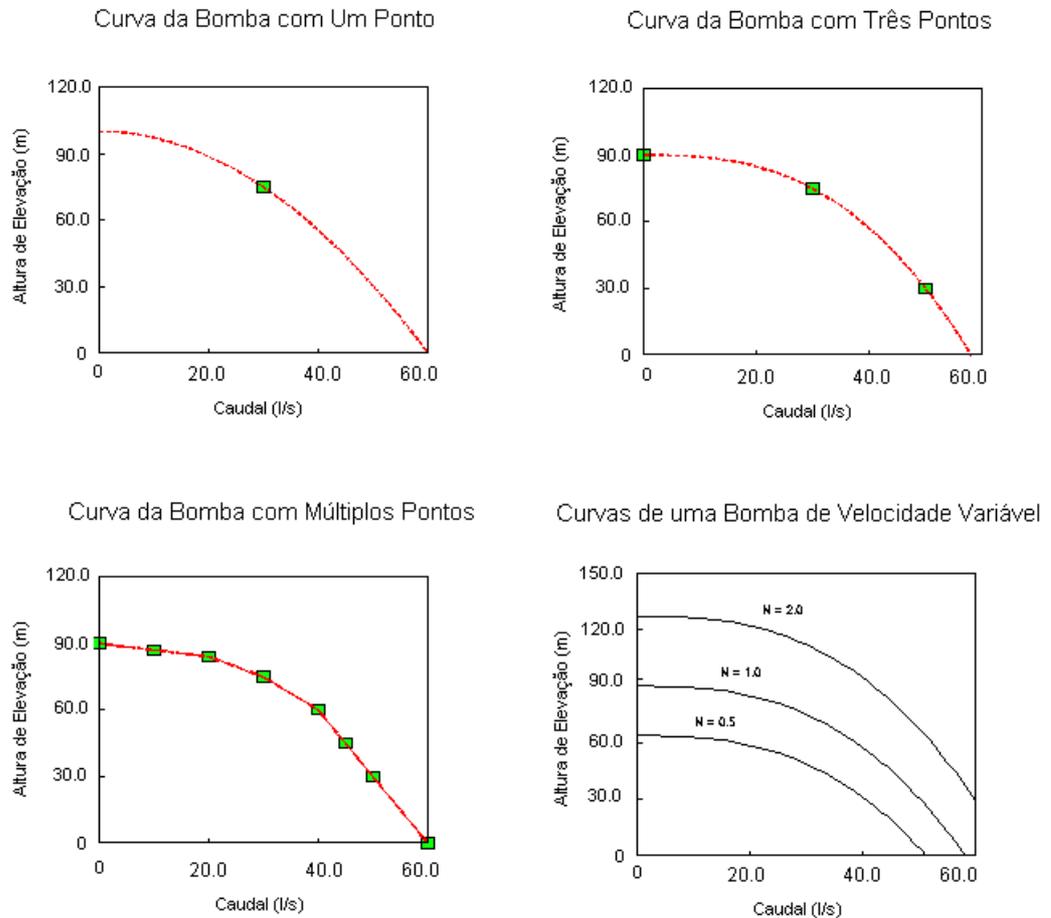
As curvas são objectos que contêm pares de dados representando uma relação entre duas grandezas. Dois ou mais componentes podem partilhar a mesma curva. Um modelo simulado a partir do EPANET pode utilizar os seguintes tipos de curvas:

- Curva da Bomba
- Curva de rendimento
- Curva de volume
- Curva de Perda de Carga

#### Curva da Bomba

A Curva da Bomba representa uma relação entre a altura de elevação e o caudal, definindo as condições de funcionamento desta, para uma velocidade de rotação nominal. A altura de elevação representa a energia fornecida ao escoamento pela bomba e é representada no eixo das ordenadas da curva em metros (pés). O caudal é representado no eixo das abcissas, nas unidades respectivas a esta grandeza. Uma curva da bomba válida deve apresentar alturas de elevação decrescentes com o aumento do caudal.

O EPANET define uma forma diferente para a curva da bomba consoante o número de pontos fornecidos (ver Figura 3.2):



**Figura 3.2** Exemplo de curvas de bombas

Curva com um ponto - Para se definir uma curva com um ponto basta fornecer um único par de valores de – caudal – altura de elevação, referente ao ponto óptimo de funcionamento da bomba. O EPANET adiciona automaticamente dois pontos à curva, estabelecendo que a bomba é desligada para um caudal nulo, correspondente a uma carga que é 133% da carga nominal e que o caudal máximo, para uma altura de elevação nula, é duplo do caudal nominal. Deste modo, a curva é traçada como uma curva com três pontos.

Curva com três pontos - Para se definir uma curva deste tipo é necessário fornecer três pontos de operação: ponto de Caudal Mínimo (caudal e carga para o ponto de caudal nulo ou mínimo), ponto de Caudal Nominal (caudal e carga para o ponto óptimo de funcionamento), ponto de Caudal Máximo (caudal e a carga para o ponto de caudal máximo). O EPANET ajusta uma função contínua do tipo

$$h_G = A - Bq^C$$

aos três pontos fornecidos, por forma a definir a curva completa da bomba. Nesta função tem-se que  $h_g$  = altura de elevação,  $q$  = caudal e  $A$ ,  $B$  e  $C$  são constantes.

Curva com múltiplos pontos - Uma curva deste tipo é definida se forem fornecidos quatro ou mais pontos com valores de caudal – altura de elevação. O EPANET cria uma curva completa ligando os vários pontos entre si por segmentos de recta.

Para bombas com o número de rotações variável, a curva da bomba altera-se consoante o valor da propriedade regulação de velocidade. Os valores de caudal (Q) e de altura de elevação (H) relacionam-se com as respectivas velocidades de rotação N1 e N2 de acordo com as seguintes expressões:

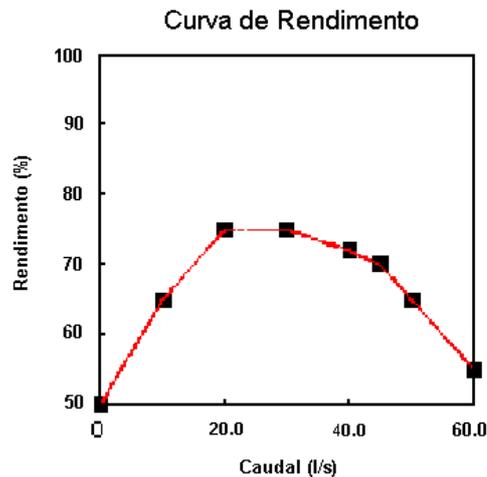
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

Para associar a uma Bomba a respectiva curva característica, deve indicar o ID da curva na propriedade Curva da Bomba.

### Curva de Rendimento

Uma curva deste tipo relaciona o rendimento do grupo (eixo das ordenadas em percentagem) com o caudal bombeado (eixo das abcissas em unidades de Caudal). Um exemplo de curva de rendimento é mostrado na Figura 3.3. Esta curva deve representar o rendimento do grupo electrobomba que tem em conta, quer as perdas mecânicas na própria bomba, quer as perdas eléctricas no motor desta. A curva é utilizada apenas para cálculos energéticos. Se esta curva não for fornecida para uma bomba específica deve fixar-se um valor global constante para o rendimento, através do editor de Opções de Energia.

Para associar a uma Bomba a respectiva curva de rendimento, deve indicar o ID da curva na propriedade Curva de Rendimento.



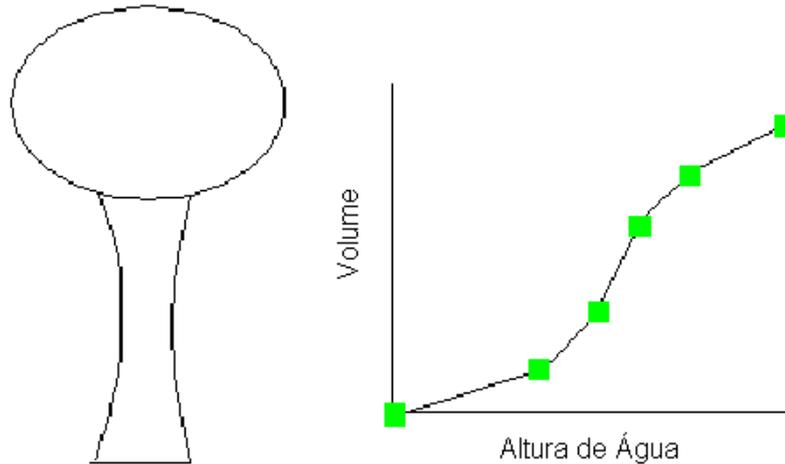
**Figura 3.3** Curva de Rendimento da Bomba

### Curva de Volume

Uma curva de volume determina o modo como o volume de água armazenado num reservatório de nível variável (eixo das ordenadas em unidades de volume) varia com a altura de água (eixo das abcissas em unidades de comprimento). Utiliza-se quando é necessário representar com exactidão reservatórios de nível

variável, para os quais a respectiva secção transversal varia com a altura. As alturas de água mínima e máxima fornecidas pela curva devem conter os valores mínimos e máximos para os quais o reservatório de nível variável opera. Mostra-se abaixo um exemplo de uma curva de volume de um reservatório de nível variável.

Para associar a um Reservatório de Nível Variável a respectiva curva de volume, deve indicar o ID da curva na propriedade Curva de volume.



**Figura 3.4** Curva de volume do Reservatório de Nível Variável

#### Curva de Perda de Carga

A Curva de Perda de Carga é utilizada para descrever a perda de carga (eixo das ordenadas em unidades de comprimento), através de uma Válvula Genérica (VG), em função do caudal (eixo das abcissas em unidades de Caudal). Permite modelar dispositivos e situações com uma relação perda de carga – caudal específica, tais como válvulas de retenção de caudal reduzido, turbinas e o escoamento em poços.

Para associar a uma Válvula Genérica a respectiva curva de perda de carga, deve indicar o ID da curva na propriedade Parâmetro de Controlo na Válvula.

#### Padrões Temporais

Um Padrão Temporal é constituído por um conjunto de factores multiplicativos que podem ser aplicados ao valor de uma determinada grandeza, de forma a traduzir a sua variação no tempo. O consumo nodal, a carga hidráulica num reservatório de nível fixo, os esquemas de bombeamento e a entrada de um parâmetro de qualidade da água na rede podem estar associados a um padrão temporal. O passo de tempo do padrão utilizado em todos os padrões assume um valor fixo (mesmo que as grandezas sejam diferentes), que é definido a partir do editor de Opções de Tempo na janela de Procura (ver secção 8.1). Em cada passo de tempo, o valor da grandeza mantém-se constante, igual ao

produto do seu valor nominal pelo factor multiplicativo do padrão respectivo a esse passo de tempo. Embora todos os padrões temporais tenham que utilizar o mesmo passo de tempo, cada um pode apresentar um número diferente de passos de tempo. Quando o tempo de simulação excede o número de passos de tempo de um padrão, o padrão temporal é reiniciado.

Como exemplo de como utilizar um padrão temporal, considere um nó que apresenta um consumo médio de 1.2 l/s<sup>17</sup>. Assuma que o passo de tempo do padrão é de 4 horas e que um padrão com os seguintes factores multiplicativos foi especificado para o consumo no nó.

Período	1	2	3	4	5	6
factor multiplicativo	0.5	0.8	1.0	1.2	0.9	0.7

Deste modo, durante a simulação, o padrão de consumo aplicado a este nó é do seguinte tipo:

Horas	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28
Consumo	0.6	0.96	1.2	1.44	1.08	0.84	0.6

## Controlos

Os Controlos são um conjunto de instruções que estabelecem o modo como a rede opera ao longo do tempo. Estes especificam o estado dos troços seleccionados em função do tempo, alturas de água num reservatório de nível variável e valores de pressão em pontos específicos da rede. Existem duas categorias de controlos que podem ser utilizadas:

- Controlos Simples
- Controlos com Condições Múltiplas

### Controlos Simples

Os controlos simples alteram o estado ou as propriedades de um troço com base nos seguintes parâmetros:

- altura de água num reservatório de nível variável,
- pressão num nó,
- instante de simulação,
- instante do dia.

As instruções podem ser escritas num dos seguintes formatos:

```
LINK x status IF NODE y ABOVE/BELOW z
LINK x status AT TIME t
LINK x status AT CLOCKTIME c AM/PM
```

---

<sup>17</sup> Para a elaboração de um padrão temporal consultar o tema “Estimação de Diagramas de Carga” apresentado em Alegre (1999).

onde:

$x$	=	rótulo de ID do troço,
$status$	=	ABERTO ou FECHADO, parâmetro de regulação da velocidade de rotação de uma bomba ou parâmetro de controlo de uma válvula
$y$	=	rótulo de ID do nó,
$z$	=	pressão num nó ou a altura de água num RNV,
$t$	=	tempo desde o início da simulação em notação decimal ou em horas: minutos,
$c$	=	instante do dia (período de 24 horas).

Apresentam-se os seguintes exemplos de controlos simples:

<i>Instruções de controlo</i>	<i>Significado</i>
LINK 12 CLOSED IF NODE 23 ABOVE 6	(Fechar o Troço 12 se a altura no RNV 23 exceder 6 m)
LINK 12 OPEN IF NODE 130 BELOW 30	(Abrir o Troço 12 se a pressão no Nó 130 for inferior a 30 m)
LINK 12 1.5 AT TIME 16	(Ajustar a regulação de velocidade da bomba 12 para 1.5 às 16 horas de simulação)
LINK 12 CLOSED AT CLOCKTIME 10 AM	(O Troço 12 é repetidamente fechado às 10 AM e aberto às
LINK 12 OPEN AT CLOCKTIME 8 PM	8 PM ao longo da simulação)

Não existe limite para o número de controlos simples que podem ser utilizados.

**Nota:** Os controlos relativos a níveis são estabelecidos em termos de altura de água acima do fundo do reservatório de nível variável e não em relação ao nível (carga hidráulica total) da superfície livre.

**Nota:** A utilização de um par de controlos relativos a pressões, para abrir e fechar um troço, pode tornar a simulação instável se os valores de pressão adoptados forem muito próximos entre si. Neste caso, a utilização de um par de controlos com Condições Múltiplas pode aumentar a estabilidade.

#### Controlos com Condições Múltiplas

Os Controlos com Condições Múltiplas permitem que o estado e as propriedades dos troços dependam da combinação de um conjunto de condições que podem ocorrer na rede, após o cálculo das condições hidráulicas iniciais. Apresentam-se, a seguir, alguns exemplos de Controlos com Condições Múltiplas:

##### Exemplo 1:

Este conjunto de regras permite desligar a bomba e abrir a tubagem de *by-pass*, quando a altura de água no reservatório de nível variável excede um determinado valor, e efectuar a operação inversa quando a altura de água está abaixo de outro valor.

```
RULE 1
IF TANK 1 LEVEL ABOVE 19.1
THEN PUMP 335 STATUS IS CLOSED
AND PIPE 330 STATUS IS OPEN
```

```
RULE 2
IF TANK 1 LEVEL BELOW 17.1
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
AND PIPE 330 STATUS IS CLOSED
```

#### Exemplo 2:

Estas regras alteram a altura de água no reservatório de nível variável para a qual a bomba é ligada, dependendo do período do dia.

```
RULE 3
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 8 AM
AND SYSTEM CLOCKTIME < 6 PM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 12
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

```
RULE 4
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 6 PM
OR SYSTEM CLOCKTIME < 8 AM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 14
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

Para obter a descrição dos comandos utilizados nos controlos com Condições Múltiplas, consulte o Anexo C, no título [Rules] (pag.170).

### 3.3 Modelo de Simulação Hidráulica

O módulo de simulação hidráulica do EPANET calcula a carga hidráulica nos nós e o caudal nos troços, para um conjunto fixo de níveis nos RNFs, alturas nos reservatórios de nível variável e consumos para uma sucessão de pontos, ao longo do tempo. Em cada passo de cálculo, os níveis de água nos reservatórios de nível fixo e os consumos nos nós são actualizados, de acordo com o padrão temporal que lhes está associado, enquanto que a altura de água no reservatório de nível variável é actualizada em função do caudal de saída. A solução para o valor da carga hidráulica e para o caudal num ponto particular da rede, em determinado instante, é obtida resolvendo em simultâneo a equação da continuidade (conservação da massa) para cada nó e a equação da conservação da energia para cada troço da rede. Este procedimento, designado por “Balanço Hidráulico” da rede, requer a utilização de técnicas iterativas para resolver as equações não lineares envolvidas. O EPANET emprega o “Método do Gradiente” para atingir este objectivo. Consulte o Anexo D para mais detalhes.

O passo de cálculo hidráulico utilizado numa simulação dinâmica pode ser estabelecido pelo utilizador. Como valor usual, adopta-se 1 hora. Passos de cálculo inferiores ao usual ocorrerão automaticamente sempre que ocorra um dos seguintes eventos:

- o próximo passo do relatório de resultados é atingido
- o próximo passo de tempo do padrão é atingido
- o reservatório de nível variável fica vazio ou cheio

- um controlo simples ou com condições múltiplas é activado.

### 3.4 Modelo de Simulação de Qualidade da Água

#### Advecção

O módulo de simulação de qualidade da água do EPANET utiliza um modelo Lagrangeano para seguir o destino dos segmentos (que representam parcelas de água), à medida que estes se deslocam nas tubagens e se misturam nos nós, entre passos de cálculo com comprimento fixo. Os passos de cálculo de qualidade da água são tipicamente muito menores do que os passos de cálculo hidráulico (p.ex. minutos em vez de horas) para ter em conta os pequenos tempos de percurso que possam ocorrer no interior das tubagens.

O método segue a concentração e o tamanho de uma série de segmentos não sobrepostos, que preenchem cada troço da rede. À medida que o tempo evolui, o tamanho dos segmentos situados mais a montante num troço aumenta com a entrada de água; em simultâneo, ocorre uma diminuição igual no tamanho dos segmentos mais a jusante, à medida que a água sai do troço. O tamanho dos segmentos intermédios permanece inalterado.

Em cada passo de cálculo de qualidade da água, o conteúdo de cada segmento é submetido a reacções com diferentes espécies químicas, a massa total acumulada e os caudais são controlados em cada nó e as posições dos segmentos são actualizados. Novas concentrações nos nós são calculadas, as quais podem incluir contribuições de origem externa. As concentrações nos reservatórios de nível variável são actualizadas, dependendo do tipo de modelo de mistura adoptado (ver abaixo). Finalmente, um novo segmento será criado na entrada de cada troço que receba caudal a partir de um nó, se a concentração nesse nó diferir da concentração do último segmento do troço num valor superior à tolerância previamente especificada. O valor da Tolerância de qualidade da água pode ser introduzido a partir da caixa de diálogo de Opções de Qualidade da Água.

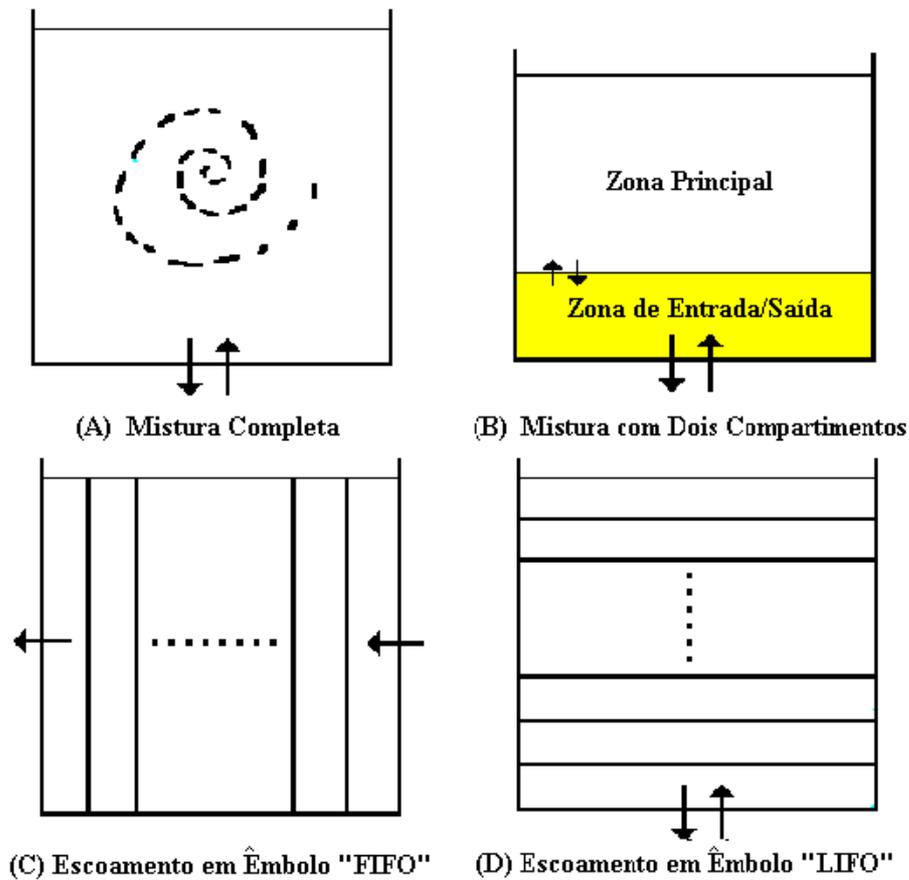
Inicialmente, cada tubagem da rede é constituída por um único segmento, no qual a qualidade inicial é igual à do nó de montante. Sempre que ocorra escoamento reversível numa tubagem, os vários segmentos constituintes são reordenados.

#### Modelos de Mistura em Reservatórios de Nível Variável

O EPANET pode utilizar quatro tipos diferentes de modelos para caracterizar as reacções de mistura no interior de reservatórios de nível variável, tal como se ilustra na Figura 3.5:

- Mistura Completa
- Mistura com Dois Compartimentos
- Escoamento em êmbolo FIFO
- Escoamento em êmbolo LIFO

Podem ser utilizados modelos de mistura diferentes em reservatórios de nível variável distintos da mesma rede.



**Figura 3.5** Modelos de Mistura em Reservatórios de Nível Variável

O modelo de Mistura Completa (Figura 3.5a) assume que ocorre uma mistura instantânea e completa de toda a água que entra com aquela que se encontra no reservatório de nível variável. Este constitui o modo de mistura mais simples, não requer parâmetros extra para descrevê-lo, e revela-se bastante adequado para simular um grande número de reservatórios de nível variável, que funcionem em ciclos de sucessivos enchementos e esvaziamentos completos.

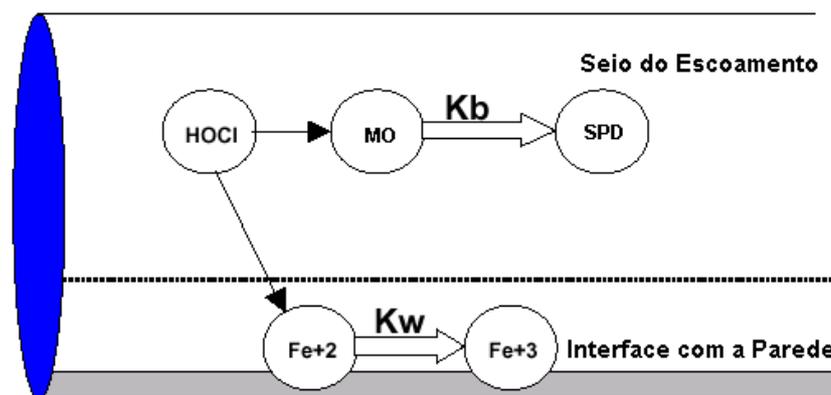
O modelo de Mistura com Dois Compartimentos (Figura 3.5b) divide o volume de armazenamento disponível em dois compartimentos, assumindo-se que em cada um destes ocorre mistura completa. No que se refere às tubagens de entrada/saída do reservatório de nível variável, assume-se que estas se localizam no primeiro compartimento. A água que entra no reservatório de nível variável mistura-se com a água que se encontra no primeiro compartimento. Se este compartimento estiver cheio, o volume de água em excesso é enviado para o segundo compartimento, onde ocorre mistura completa com a água aí armazenada. Quando a água abandona o reservatório de nível variável, sai através do primeiro compartimento, o qual se estiver cheio, recebe um volume equivalente a partir do segundo compartimento, para compensar. O primeiro compartimento pode simular um curto-circuito entre o caudal afluente e efluente, enquanto que o segundo compartimento pode representar uma zona morta. O utilizador deve inserir, como único parâmetro, a fracção do volume total do reservatório de nível variável destinado ao primeiro compartimento.

O modelo de Escoamento em Êmbolo FIFO (Figura 3.5c) assume que não ocorre mistura entre as várias parcelas de água durante o tempo de residência no reservatório de nível variável. Estas deslocam-se através do reservatório de forma separada, onde a primeira parcela a entrar é também a primeira a sair. Fisicamente, este modelo é mais apropriado para reservatórios com septo (s), que operam com caudais simultâneos de entrada e saída. Não é necessário fornecer qualquer parâmetro adicional para descrever este tipo de modelo.

O modelo de Escoamento em êmbolo LIFO (Figura 3.5d) também assume que não ocorre mistura entre as várias parcelas de água que entram no reservatório de nível variável. No entanto, ao contrário do Escoamento em êmbolo FIFO, as parcelas de água amontoam-se umas sobre as outras e entram e saem pelo fundo do reservatório de nível variável. Este tipo de modelo pode ser utilizado para simular um reservatório de secção estreita face à altura (ou um tubo vertical aberto) com entrada e saída lenta de caudal pelo fundo. Não é necessário fornecer qualquer parâmetro adicional para descrever este tipo de modelo.

### Reacções de Qualidade da Água

O módulo de simulação de qualidade da água do EPANET permite acompanhar o crescimento ou o decaimento de uma substância devido a reacções, à medida que esta se desloca ao longo da rede. Para tal, é necessário conhecer-se a taxa de reacção e o modo como esta pode depender da concentração da substância. As reacções podem ter lugar no seio do escoamento, entre espécies químicas presentes na água, ou na interface com as paredes das tubagens ou dos reservatórios de nível variável. Ilustra-se na Figura 3.6 o tipo de reacções que podem ocorrer. Neste exemplo, uma fracção de cloro livre (HOCl) reage com a matéria orgânica (MO), no seio do escoamento, sendo a restante fracção transportada para a interface com a parede da tubagem, onde reage com o ferro libertado por corrosão. Reacções no seio do escoamento podem ocorrer também no interior de reservatórios de nível variável. O EPANET permite que o modelador trate estas duas zonas de reacção separadamente.



**Figura 3.6** Zonas de Reacção no Interior de uma Tubagem

#### Reacções no Seio do Escoamento

O EPANET simula as reacções que ocorrem no seio do escoamento utilizando leis cinéticas de ordem  $n$ , onde a taxa de reacção instantânea ( $R$  em unidades

massa/volume/tempo) depende da concentração, de acordo com a seguinte equação na forma diferencial:

$$R = K_b C^n$$

onde  $K_b$  = coeficiente de reacção no seio do escoamento,  $C$  = concentração do reagente (massa/volume) e  $n$  = ordem da reacção. O coeficiente  $K_b$  tem unidades de concentração, elevado ao expoente  $(1-n)$ , a dividir pelo tempo. Este coeficiente é positivo em reacções de crescimento e negativo em reacções de decaimento.

O EPANET também permite que se considerem reacções onde exista uma concentração-limite no crescimento ou decaimento último de uma substância<sup>18</sup>. Neste caso, a taxa de reacção pode ser traduzida pelas seguintes expressões.

$$R = K_b (C_L - C)C^{(n-1)} \quad \text{para } n > 0, K_b > 0$$

$$R = K_b (C - C_L)C^{(n-1)} \quad \text{para } n > 0, K_b < 0$$

onde  $C_L$  = concentração-limite. Deste modo, existem três parâmetros ( $K_b$ ,  $C_L$ , e  $n$ ) que permitem caracterizar as reacções no seio do escoamento. Apresenta-se, a seguir, alguns casos especiais de modelos cinéticos bem conhecidos (Consulte o Anexo C para obter mais exemplos):

<i>Modelo</i>	<i>Parâmetros</i>	<i>Exemplos</i>
decaimento de primeira ordem	$C_L = 0, K_b < 0, n = 1$	Cloro Residual
crescimento de primeira ordem saturado	$C_L > 0, K_b > 0, n = 1$	Trihalometanos
cinético de ordem nula	$C_L = 0, K_b < > 0, n = 0$	Idade da Água
ausência de reacção	$C_L = 0, K_b = 0$	Traçador de Flúor <sup>19</sup>

O valor da constante cinética  $K_b$ , para reacções de primeira ordem, pode ser estimado a partir de ensaios em laboratório, colocando uma amostra de água numa série de garrafas de vidro não reactivas e analisando o conteúdo de cada garrafa em diferentes intervalos de tempo pré-determinados. Se a reacção é de primeira ordem, a representação gráfica dos valores de  $\log(C_t/C_0)$  em função do tempo, permite obter uma linha recta onde  $C_t$  é a concentração no instante  $t$  e  $C_0$  é a concentração no instante inicial. O valor de  $K_b$  é estimado a partir do declive da recta.

Os coeficientes de reacção no seio do escoamento usualmente crescem com o aumento da temperatura. A execução de séries de testes em garrafas, a diferentes temperaturas, permite avaliar com maior precisão o modo como o coeficiente de reacção varia com a temperatura.

<sup>18</sup> No caso da modelação do decaimento do cloro residual pode assumir-se que uma fracção residual inicial,  $C_L$ , mantém-se sem reagir e somente a quantidade restante,  $(C-C_L)$  está sujeita a decaimento (Vieira e Coelho, 2000).

<sup>19</sup> O flúor é uma substância conservativa que pode ser utilizada como traçador para calibrar as características hidráulicas do modelo (p.ex., consumos, velocidades). Consultar o exemplo Net3.Net, o qual tem por objectivo ajustar os valores de consumo base individuais de modo a que os valores simulados de flúor se ajustem o melhor possível aos respectivos valores medidos.

### Reacções na Parede

As reacções de qualidade da água que ocorrem na interface com a parede (reacção com o próprio material da parede e/ou com biofilmes existentes) relacionam-se com a concentração no seio do escoamento de acordo com a seguinte expressão:

$$R = (A/V)K_w C^n$$

onde  $K_w$  = coeficiente de reacção na parede e  $(A/V)$  = área lateral por unidade de volume (igual a 4 a dividir pelo diâmetro). Este último termo permite que a massa do reagente por unidade de área da parede passe a ser expressa por unidade de volume. O EPANET limita a escolha da ordem da reacção na parede ( $n$ ) a 0 ou 1, pelo que as unidades de  $K_w$  são em massa/área/tempo ou em comprimento/tempo, respectivamente. Tal como  $K_b$ , o valor de  $K_w$  tem que ser fornecido ao programa pelo modelador. Para reacções de primeira ordem, o coeficiente  $K_w$  pode tomar qualquer valor compreendido entre 0 e um máximo de 1.5 m/dia.

O valor de  $K_w$  deve ser ajustado por forma a reflectir limitações de transferência de massa, na troca de reagentes e produtos de reacção, entre o escoamento e a parede. O EPANET simula este efeito automaticamente, com base no valor definido para a difusão molecular da substância a modelar e no número de Reynolds do escoamento. Consulte o Anexo D para mais detalhes. (Atribuindo um valor nulo à difusão molecular, os efeitos de transferência de massa serão ignorados.)

O coeficiente de reacção na parede pode depender da temperatura e pode ser relacionável com a idade da tubagem e com o material desta. É bem conhecido que a rugosidade das tubagens metálicas aumenta com a idade destas, devido a fenómenos de incrustação e de tuberculização de produtos de corrosão nas paredes das tubagens. Em consequência do aumento da rugosidade, diminui o valor do factor  $C$  da fórmula de Hazen-Williams ou aumenta a rugosidade absoluta (ou rugosidade de Darcy-Weisbach), resultando em maiores perdas de carga através da tubagem.

Existem indicações que revelam que, o mesmo processo que provoca o aumento da rugosidade da tubagem com a idade, aumenta também a reactividade da parede com algumas espécies químicas, particularmente com o cloro e outros desinfectantes. O EPANET permite que o coeficiente  $K_w$  seja uma função do coeficiente utilizado para descrever a rugosidade. Utiliza-se uma função diferente, consoante a fórmula adoptada para calcular a perda de carga na tubagem:

<u>Fórmula de Perda de Carga</u>	<u>Fórmula do Coeficiente de Reacção na parede</u>
Hazen-Williams	$K_w = F / C$
Darcy-Weisbach	$K_w = -F / \log(\varepsilon / d)$
Chezy-Manning	$K_w = F n$

sendo  $C$  = coeficiente da fórmula de Hazen-Williams,  $\varepsilon$  = rugosidade absoluta (ou rugosidade de Darcy-Weisbach),  $d$  = diâmetro da tubagem,  $n$  = coeficiente de rugosidade de Chezy-Manning, e  $F$  = factor que relaciona a reacção na

parede da tubagem com a respectiva rugosidade<sup>20</sup>. O coeficiente  $F$  deve ser obtido a partir de medições de campo e tem um significado diferente, dependendo do tipo de fórmula de perda de carga utilizada. Esta aproximação apresenta a vantagem de requerer um único parâmetro,  $F$ , para caracterizar a variação do coeficiente de reacção na parede ao longo da rede.

### Idade da Água e Rastreio da Origem de Água

Para além do transporte de compostos químicos, o EPANET também pode simular a variação da idade da água através do sistema de distribuição. O parâmetro idade da água traduz o tempo médio que uma parcela de água demora a chegar a um determinado nó da rede a partir do ponto de captação. A água que entra na rede, a partir de reservatórios de nível fixo ou nós de origem, possui uma idade de zero, a não ser que se defina explicitamente um valor de entrada diferente de zero, designando-se neste caso por tempo de percurso (ver secção 2.9). A idade da água constitui uma medida simples, não específica, da qualidade da água entregue para consumo humano. Internamente, o EPANET trata a idade como um constituinte reactivo, que segue uma lei cinética de crescimento de ordem zero, com uma taxa constante igual a 1 (*i.e.*, em cada segundo, a água torna-se um segundo mais antiga na rede).

O EPANET também pode efectuar o rastreio da origem de água. Este rastreio permite seguir a percentagem de água que, tendo origem num nó específico, chega a um determinado nó da rede, ao longo do tempo. O nó de origem pode ser qualquer nó da rede, incluindo reservatórios de nível fixo ou variável. Internamente, o EPANET trata este nó como uma origem constante de um constituinte não reactivo que entra na rede com uma concentração de 100. Um rastreio da origem de água é um instrumento útil para analisar a distribuição de sistemas alimentados por duas ou mais origens. Permite mostrar a quantidade de água que, a partir de determinada origem, se mistura com aquela proveniente de outra(s) origens, assim como a variação espacial desta mistura ao longo do tempo<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> O coeficiente de reacção na parede pode ser influenciado pela difusão molecular,  $D$ , ou pelo coeficiente que relaciona a reacção na parede da tubagem com a respectiva rugosidade,  $F$ , sendo, neste caso, ignorado qualquer valor do coeficiente de reacção na parede definido a partir da caixa de diálogo de Opções - Reacções (Ver Capítulo 8 - Simulação de uma Rede)

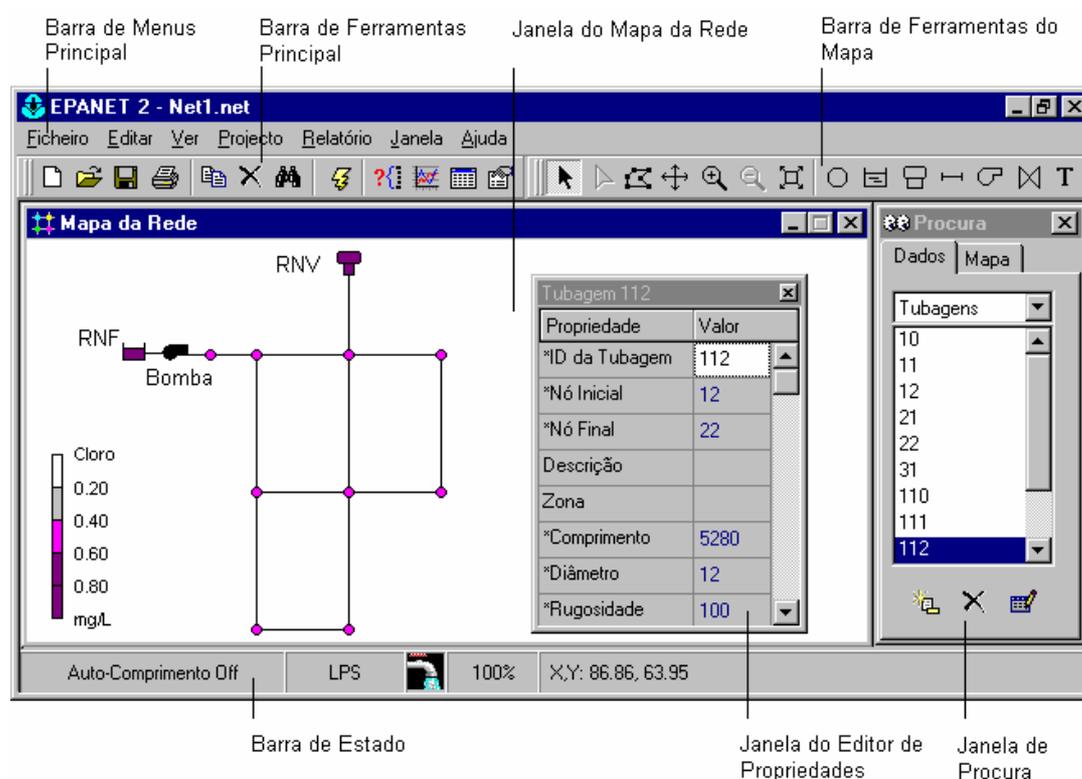
<sup>21</sup> A opção de rastreio de origem pode ser útil para o planeamento de campanhas de amostragens (ver o exemplo Net3.net).

## CAPÍTULO 4 - O AMBIENTE DE TRABALHO DO EPANET

Neste capítulo discutem-se os aspectos essenciais do ambiente de trabalho do EPANET. Descreve-se a barra de menus principal, as barras de ferramentas e de estado e as três janelas mais utilizadas - Mapa da Rede, Procura e o Editor de Propriedades. É também descrito o modo como se configuram as preferências do programa.

### 4.1 Visão Geral

A configuração básica do ambiente de trabalho do EPANET é mostrada abaixo. Este apresenta uma interface constituída pelos seguintes elementos: Barra de Menus Principal, duas Barras de Ferramentas, uma Barra de Estado, a janela do Mapa da Rede, uma janela de Procura e uma janela do Editor de Propriedades. Apresenta-se nas secções seguintes uma descrição destes elementos.



### 4.2 Barra de Menus Principal

A Barra de Menus Principal, localizada no topo do ambiente de trabalho do EPANET, contém um conjunto de menus utilizados para controlar o programa. Este componente é constituído pelos seguintes menus:

- Menu Ficheiro
- Menu Editar
- Menu Ver
- Menu Projecto
- Menu Relatório
- Menu Janela
- Menu Ajuda

## Menu ficheiro

O Menu Ficheiro contém comandos que permitem abrir e guardar ficheiros de dados e imprimir:

<i>Comando</i>	<i>Descrição</i>
Novo	Cria um novo projecto no EPANET
Abrir	Abre um projecto existente
Guardar	Guarda a informação associada ao projecto corrente
Guardar Como	Guarda o projecto corrente com um nome diferente
Importar	Importa ficheiros de dados da rede, de coordenadas ou de cenários
Exportar	Exporta ficheiros de dados da rede, de coordenadas ou de cenários
Configurar Página	Configura as margens da página, os cabeçalhos e os rodapés para impressão
Ver Antes	Visualiza o aspecto da vista corrente antes de impressão
Imprimir	Imprime a página actual
Preferências	Configura as preferências do programa
Sair	Sai do EPANET

## Menu Editar

O Menu Editar contém comandos para editar e copiar.

<i>Comando</i>	<i>Descrição</i>
Copiar Para	Copia a vista corrente (mapa, relatório, gráfico ou tabela) para o <i>clipboard</i> ou para um ficheiro
Seleccionar Objecto	Permite a selecção de um objecto no mapa
Seleccionar Vértice	Permite a selecção dos vértices de um troço no mapa
Seleccionar Zona	Permite a selecção de uma zona delineada no mapa
Seleccionar Tudo	Faz com que a zona delineada seja toda a área do mapa visível na janela do mapa da rede
Editor de Grupo	Edita uma propriedade para o grupo de objectos incluídos na zona delineada do mapa

## Menu Ver

O Menu Ver controla o modo como o mapa da rede é visualizado.

<i>Comando</i>	<i>Descrição</i>
Dimensões	Dimensiona o mapa
Imagem de Fundo	Permite que uma imagem de fundo seja visualizada
Mover	Move o mapa da rede
Aumentar	Aumenta o tamanho da rede
Diminuir	Diminui o tamanho da rede
Tamanho Original	Desenha novamente o mapa no tamanho original
Localizar	Localiza um objecto específico no mapa
Consultar	Procura objectos no mapa que satisfaçam um critério específico
Vista Panorâmica	Activa/desactiva o modo de vista panorâmica
Legendas	Controla a visualização de legendas do mapa
Barras de Ferramentas	Activa/desactiva as barras de ferramentas
Opções	Configura as opções de aparência do mapa

## Menu Projecto

O menu Projecto inclui os comandos relacionados com a análise do projecto actual.

<i>Comando</i>	<i>Descrição</i>
Sumário	Apresenta uma descrição sumária das características do projecto
Valores por Defeito	Edita os valores por defeito de um projecto
Dados de Calibração	Associa ficheiros contendo dados de calibração ao projecto
Opções de Simulação	Edita as opções de simulação
Executar Simulação	Executa a simulação

## Menu Relatório

O menu Relatório é constituído por comandos que são utilizados para analisar os resultados da simulação em diferentes formatos.

<i>Comando</i>	<i>Descrição</i>
Estado	Relata as mudanças de estado nos troços e o desempenho da simulação ao longo do tempo
Energia	Relata a energia consumida e o custo associado para cada bomba
Calibração	Relata as diferenças entre os valores simulados e medidos
Reacção	Relata os valores médios das taxas de reacção, para o parâmetro de qualidade da água simulado, ao longo da rede
Completo	Cria um relatório completo dos resultados da simulação para todos os nós e troços, em todos os passos de tempo do relatório, o qual é gravado como um ficheiro de texto legível
Gráfico	Cria gráficos de séries temporais, perfis, frequências e de isolinhas dos objectos seleccionados
Tabela	Cria uma tabela com as grandezas seleccionadas referentes a nós ou troços
Opções	Controla o estilo de formatação de um relatório, gráfico ou tabela

## Menu Janela

O Menu Janela contém os seguintes comandos:

<i>Comando</i>	<i>Descrição</i>
Dispor Janela	Dispõe todas as janelas por forma a ajustarem-se na janela principal
Fechar Tudo	Fecha todas as janelas abertas (excepto a do Mapa e a de Procura)
Lista de Janelas	Lista todas as janelas abertas; a janela seleccionada actualmente encontra-se assinalada

## Menu Ajuda

O Menu Ajuda contém comandos que permitem visualizar informação de ajuda sobre a utilização do EPANET:

<i>Comando</i>	<i>Descrição</i>
Tópicos de Ajuda	Mostra diferentes modos de obter informação de ajuda
Unidades	Lista as unidades de medida de todos os parâmetros do EPANET
Visita guiada	Apresenta uma breve lição sobre como utilizar EPANET
Sobre o EPANET	Lista informação sobre a versão do EPANET a ser utilizada

Note que, sempre que estiver dentro de uma caixa de diálogo, pode pressionar F1 para obter informação sobre o seu conteúdo.

### 4.3 Barras de Ferramentas

As barras de ferramentas fornecem atalhos para as operações mais usuais. Existem dois tipos de barras de ferramentas:

- Barra de Ferramentas Principal
- Barra de Ferramentas do Mapa

As barras de ferramentas podem ser acopladas debaixo da barra de Menus Principal ou arrastadas para outro local no ambiente de trabalho do EPANET. Quando não acopladas, pode alterar-se as suas dimensões. As barras de ferramentas podem estar visíveis ou invisíveis através da instrução **Ver>> Barras de Ferramentas**.

#### Barra de Ferramentas Principal

A Barra de Ferramentas Principal contém botões de atalho para as operações mais frequentes no EPANET.

-  Abre um novo projecto (**Ficheiro >> Novo**)
-  Abre um projecto existente (**Ficheiro >> Abrir**)
-  Guarda a informação associada ao projecto corrente (**Ficheiro >> Guardar**)
-  Imprime a janela actualmente activa (**Ficheiro >> Imprimir**)
-  Copia a janela seleccionada para o *clipboard* ou para um ficheiro (**Editar >> Copiar Para**)
-  Apaga o(s) objecto(s) seleccionado(s)
-  Localiza um objecto específico no mapa (**Ver >> Localizar**)
-  Executa uma simulação (**Projecto >> Executar Simulação**)
-  Procura e assinala no mapa os objectos que satisfaçam um critério específico (**Ver >> Consultar**)
-  Cria um novo gráfico de resultados (**Relatório >> Gráfico**)
-  Cria uma nova tabela de resultados (**Relatório >> Tabela**)
-  Modifica as opções de visualização da janela corrente do mapa da rede (**Ver >> Opções** ou **Relatório >> Opções**)

## Barra de Ferramentas do Mapa

A Barra de Ferramentas do Mapa contém botões que permitem trabalhar na janela do Mapa da Rede.

-  Selecciona um objecto no mapa (**Editar >> Seleccionar Objecto**)
-  Selecciona os vértices de um troço (**Editar >> Seleccionar Vértice**)
-  Selecciona uma zona no mapa (**Editar >> Seleccionar Zona**)
-  Move o mapa (**Ver >> Mover**)
-  Aumenta o tamanho do mapa (**Ver >> Aumentar**)
-  Diminui o tamanho do mapa (**Ver >> Diminuir**)
-  Desenha o mapa no tamanho original (**Ver >> Tamanho Original**)
-  Adiciona um nó ao mapa
-  Adiciona um reservatório de nível fixo ao mapa
-  Adiciona um reservatório de nível variável ao mapa
-  Adiciona uma tubagem ao mapa
-  Adiciona uma bomba ao mapa
-  Adiciona uma válvula ao mapa
-  Adiciona um rótulo ao mapa

## 4.4 Barra de Estado

A Barra de Estado localiza-se no limite inferior do ambiente de trabalho do EPANET e encontra-se dividida em quatro secções que fornecem a seguinte informação:

- Auto-Comprimento - indica se a opção de cálculo automático do comprimento das tubagens está activada/desactivada
- Unidades de Caudal - mostra as unidades actuais do caudal que estão a ser utilizadas
- Nível de ampliação - mostra o nível actual de ampliação do mapa (100% corresponde ao tamanho original)
- Estado da Simulação - um ícone com uma torneira mostra:

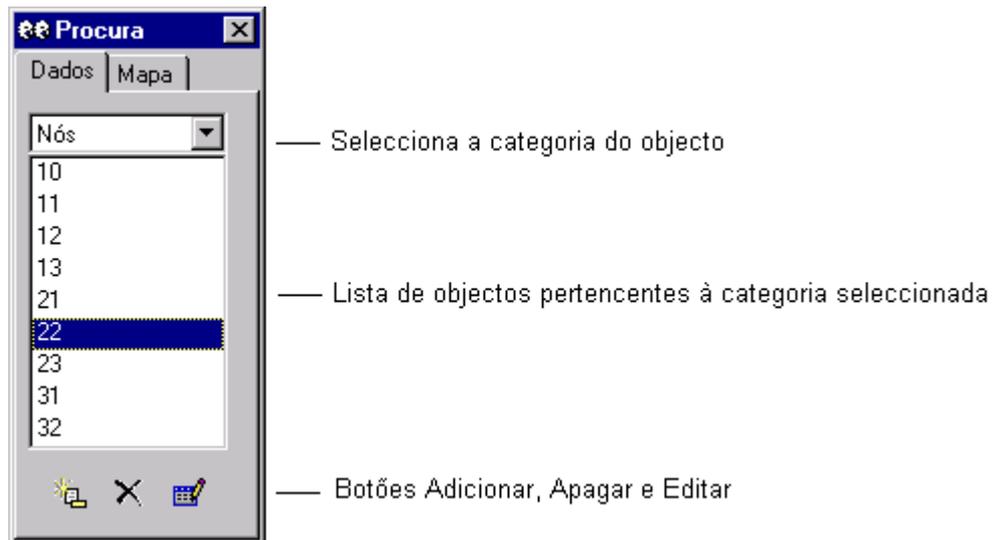
- inexistência de água corrente se não estão disponíveis resultados de uma simulação,
  - água corrente quando estão disponíveis resultados válidos de uma simulação,
  - uma torneira partida se estão disponíveis resultados de uma simulação, mas podem ser inválidos porque os dados da rede foram modificados.
- Localização XY - mostra as coordenadas do mapa referentes à posição actual onde se encontra o ponteiro do rato.

#### **4.5 Janela do Mapa da Rede**

A janela do Mapa da Rede fornece uma representação esquemática a duas dimensões dos objectos que constituem um sistema de distribuição de água. A localização dos objectos e as distâncias entre estes não têm necessariamente que corresponder a uma escala que traduza a realidade física da rede. Seleccionadas as propriedades destes objectos, tais como a qualidade da água nos nós e o caudal (velocidade) nos troços, estas podem ser visualizadas utilizando cores diferentes. O código das cores é descrito na legenda, a qual pode ser editada. Novos objectos podem ser adicionados directamente ao mapa e os objectos existentes podem ser seleccionados para editar, apagar e reposicionar. Uma imagem de fundo (p.ex., um mapa de ruas ou uma carta topográfica) pode ser adicionada ao mapa, servindo como base de referência. O mapa pode ser ampliado para qualquer escala e movido para qualquer posição no interior da janela. Nós e troços podem ser desenhados com tamanhos diferentes, setas indicando o sentido do escoamento inseridas, símbolos dos objectos, respectivos rótulos de ID e valores numéricos visualizados. O mapa pode ser impresso, copiado para o *clipboard* do *Windows* ou exportado como ficheiro DXF ou como ficheiro *metafile* do *Windows*.

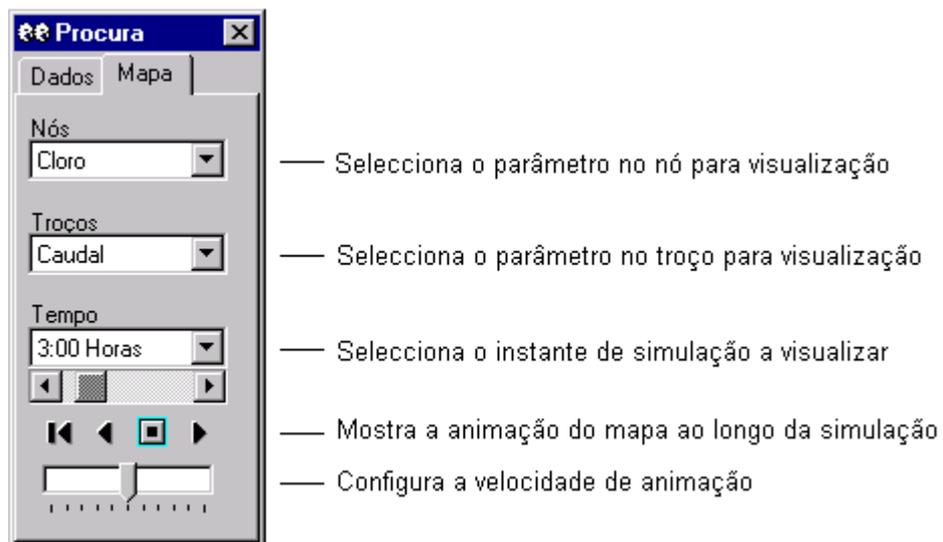
#### **4.6 Página de Dados da Janela de Procura**

A página de Dados (mostrada abaixo) é acedida a partir da janela de Procura. Permite aceder aos vários objectos que constituem a rede em análise, por categorias (nós, tubagens, etc.). Os botões localizados no fundo da janela são utilizados para adicionar, apagar e editar esses objectos.



#### 4.7 Página do Mapa da Janela de Procura

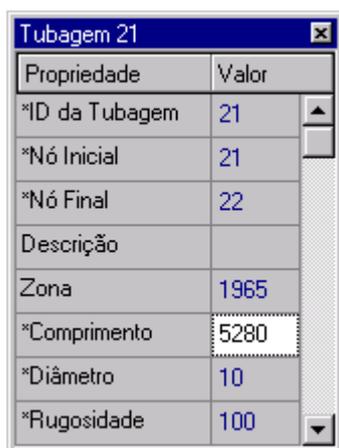
A página do Mapa (mostrada abaixo) é acedida a partir da janela de Procura. Permite seleccionar os parâmetros respeitantes aos nós e/ou troços e o instante de simulação a visualizar, segundo um código de cores, na janela do Mapa da Rede. Contém também controlos para animação do mapa, que permitem visualizar a evolução dos parâmetros seleccionados, ao longo do período de simulação.



Os botões de controlo de animação da página do Mapa da janela de Procura funcionam do seguinte modo:

-  Rebobinar (voltar ao instante inicial)
-  Anima para trás no tempo
-  Pára a animação
-  Anima para a frente no tempo

## 4.8 Janela do Editor de Propriedades



Propriedade	Valor
*ID da Tubagem	21
*Nó Inicial	21
*Nó Final	22
Descrição	
Zona	1965
*Comprimento	5280
*Diâmetro	10
*Rugosidade	100

A janela do Editor de Propriedades (mostrada à esquerda) é utilizada para editar as propriedades dos nós da rede, troços, legendas e opções de simulação. Esta é invocada quando um destes objectos é seleccionado (a partir da janela do Mapa da Rede ou da página de Dados da janela de Procura), seguido de duplo clique ou fazendo clique no botão Editar da janela de Procura. Os pontos seguintes ajudam a explicar como utilizar o Editor.

- O Editor é uma tabela com duas colunas - uma para o nome da propriedade e a outra para o seu valor.
- A largura das colunas pode ser alterada, redimensionando o cabeçalho no topo do Editor com o rato.
- A janela do Editor de Propriedades pode ser movida e redimensionada, de acordo com o procedimento usual em ambiente *Windows*.
- Um asterisco junto ao nome de uma propriedade significa que é uma propriedade necessária - o campo do valor não pode ser deixado em branco.
- Dependendo da propriedade, o campo do valor pode ser de um dos seguintes tipos:
  - uma *text box* onde se pode escrever um valor
  - uma *dropdown list box* onde se efectua a selecção com base numa lista que é mostrada
  - um botão de escolha que, quando se faz um clique, mostra um editor específico
  - legenda só de leitura utilizada para mostrar os resultados da simulação
- O campo da propriedade do Editor que recebe o foco é realçado com um fundo branco.
- Podem utilizar ambos os acessórios, o rato e as teclas de direcção *Up* e *Down* do teclado, para se deslocar entre as propriedades.
- Para editar a propriedade que recebe o foco, comece a escrever um valor ou prima a tecla *Enter*.
- Para que o EPANET aceite as alterações efectuadas, prima a tecla *Enter* ou mova o foco para outra propriedade; para cancelar prima a tecla *Escape*.
- Fazendo clique no botão Fechar, situado no canto superior direito da barra de título, oculta a janela do Editor de Propriedades.

## 4.9 Preferências do Programa

As preferências do programa permitem que personalize determinadas características deste. Para configurar as preferências, seleccione **Preferências** a partir do menu **Ficheiro**. Uma caixa de diálogo de Preferências é mostrada contendo duas páginas - uma para as Preferências Gerais e outra para as Preferências de Formato.

### Preferências Gerais

As opções de preferências seguintes podem ser configuradas na página Geral da caixa de diálogo de Preferências:

<i>Preferência</i>	<i>Descrição</i>
Fontes a Negrito	Liga/desliga a utilização de fontes a negrito aquando da criação de novas janelas
Visualização Intermitente	Liga/desliga o modo de visualização intermitente do nó, troço ou rótulo
Identificação Automática	Liga/desliga o aparecimento de uma caixa do tipo rótulo, contendo o rótulo de ID e o valor do parâmetro correntemente seleccionado, referente ao nó ou troço sobre o qual se encontra o ponteiro do rato
Confirmar Antes de Apagar	Liga/desliga a opção de mostrar uma caixa de diálogo para confirmação antes de apagar qualquer objecto
Ficheiro de <i>Backup</i> Automático	Liga/desliga a opção de gravação de cópias de segurança de novos projectos abertos para o disco com a extensão .bak
Pasta Temporária	Nome da pasta para onde o EPANET escreve os ficheiros temporários

**Nota:** A pasta temporária deve ser uma pasta onde o utilizador tenha privilégios para escrita e deve ter espaço em memória suficiente para armazenar os ficheiros, cujo tamanho pode facilmente atingir várias dezenas de *megabytes*, no caso de redes e simulações extensas. A pasta TEMP do *Windows* (usualmente c:\Windows\Temp) é por defeito o local no disco onde o EPANET guarda os ficheiros temporários.



### Preferências de Formato

A página de Formatos da caixa de diálogo de preferências controla o número de casas decimais que são mostradas quando os resultados da simulação são apresentados. Utilize as *dropdown list boxes* para seleccionar um parâmetro específico do nó ou do troço. Utilize as *spin edit boxes* para seleccionar o número de casas decimais a utilizar quando são mostrados os resultados da simulação referentes ao parâmetro. O número de casas decimais mostrado para qualquer parâmetro de projecto introduzido pelo utilizador, como o diâmetro da tubagem, comprimento, etc. pode ser qualquer.



(Página em branco)

## CAPÍTULO 5 - TRABALHAR COM PROJECTOS

---

*Este capítulo aborda o modo como o EPANET utiliza os ficheiros de projecto para armazenar os dados da rede. Explica como configurar determinadas opções por defeito para o projecto e como associar dados de calibração (resultados de medições) ao projecto para avaliação do modelo.*

### 5.1 Abrir e Guardar Ficheiros de Projecto

Os ficheiros de projecto contém toda a informação utilizada para modelar uma rede. Estes ficheiros são usualmente nomeados com uma extensão .NET.

Para criar um novo projecto:

1. Seleccione **Ficheiro >> Novo** a partir da Barra de Menus Principal ou clique  na Barra de Ferramentas Principal.
2. Ser-lhe-á sugerido que guarde o projecto corrente (se tiverem sido feitas alterações) antes do novo projecto ser criado.
3. Um novo projecto, sem nome, é criado com todas as opções configuradas com os valores por defeito.

Um novo projecto é automaticamente criado sempre que seja iniciada uma nova secção de trabalho no EPANET.

Para abrir um projecto existente armazenado no disco:

1. Seleccione **Ficheiro >> Abrir** a partir da **Barra de Menus Principal** ou clique  na Barra de Ferramentas Principal.
2. Ser-lhe-á sugerido que guarde o projecto corrente (se tiverem sido feitas alterações).
3. Seleccione o ficheiro a abrir a partir da caixa de diálogo Abrir Ficheiro que é mostrada. Pode optar por abrir um ficheiro guardado em secções anteriores como um projecto do EPANET (tipicamente com a extensão .NET) ou importar como um ficheiro de texto (tipicamente com a extensão .INP). O EPANET reconhece os tipos de ficheiro pelo seu conteúdo, não pelos seus nomes.
4. Clique no botão **OK** para fechar a caixa de diálogo e abrir o ficheiro seleccionado.

Para guardar um projecto com o nome corrente:

- Seleccione **Ficheiro >> Guardar** a partir da Barra de Menus Principal ou clique  na Barra de Ferramentas Principal.

Para guardar um projecto com um nome diferente:

1. Seleccione **Ficheiro >> Guardar Como** a partir da **Barra de Menus Principal**.

2. Uma caixa de diálogo Guardar Ficheiro será mostrada, a partir da qual pode seleccionar a pasta e o nome do projecto com que pretende guardá-lo.

**Nota:** Os projectos são sempre guardados como ficheiros binários, com extensão .NET. Para guardar os dados do projecto como texto ASCII legível, utilize a instrução **Exportar >> Rede** a partir do menu **Ficheiro**.

## 5.2 Valores por Defeito do Projecto

Cada projecto apresenta um conjunto de valores definidos por defeito que são utilizados, excepto quando alterados pelo utilizador do EPANET. Estes valores podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- rótulos de ID por defeito (rótulos utilizados para identificar nós e troços quando estes são criados)
- Propriedades do nó/troço por defeito (p.ex., cota do nó, comprimento da tubagem, diâmetro e rugosidade)
- Opções de simulação hidráulica por defeito (p.ex., sistema de unidades, fórmula de perda de carga, etc.)

Para configurar os valores por defeito para um projecto:

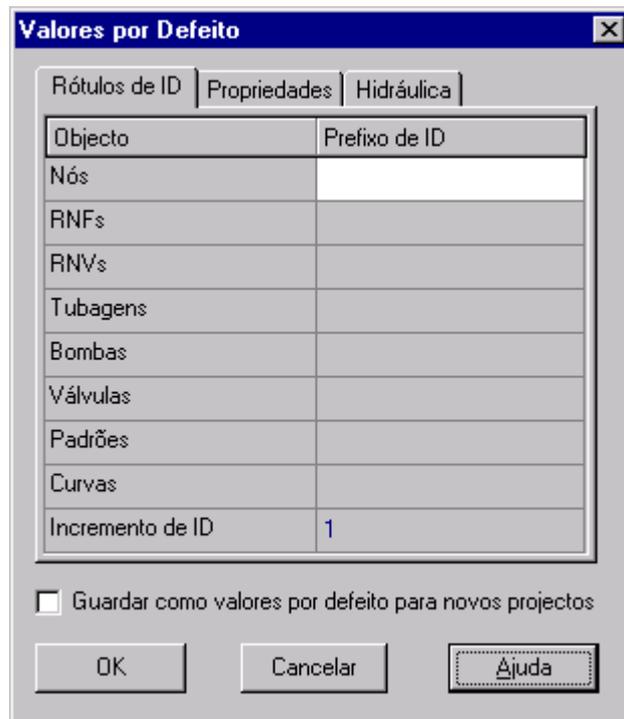
1. Selecione **Projecto >> Valores por Defeito** a partir da Barra de Menus Principal.
2. Uma caixa de diálogo de Valores por Defeito é mostrada contendo três páginas, uma para cada uma das categorias listadas acima.
3. Verifique a caixa situada na zona inferior esquerda da caixa de diálogo, se pretende guardar as suas escolhas para todos os projectos futuros.
4. Clique no botão **OK** para que seja aceite a sua escolha de valores por defeito.

As propriedades específicas de cada categoria de valores por defeito serão discutidas seguidamente.

### Rótulos de ID por Defeito

A página de Rótulos de ID da caixa de diálogo de Valores por Defeito é mostrada na Figura 5.1 abaixo. É utilizada para definir o modo como o EPANET atribui rótulos de ID por defeito aos componentes da rede, quando estes são criados pela primeira vez. Para cada tipo de objecto, pode introduzir-se um rótulo como prefixo ou deixar o campo em branco, se o rótulo de ID por defeito a adicionar for apenas um número. A seguir, fornece-se o incremento da numeração automática de ID a ser usado quando se adiciona um sufixo numérico ao rótulo de ID por defeito. Como exemplo, se N for utilizado como um prefixo para os Nós com um incremento de 5, à medida que os nós são criados, estes recebem como rótulos de ID por defeito N5, N10, N15 e, assim, sucessivamente. Depois de um objecto ter sido criado, a janela do Editor de

Propriedades pode ser utilizada para modificar o seu rótulo de ID, se for necessário.



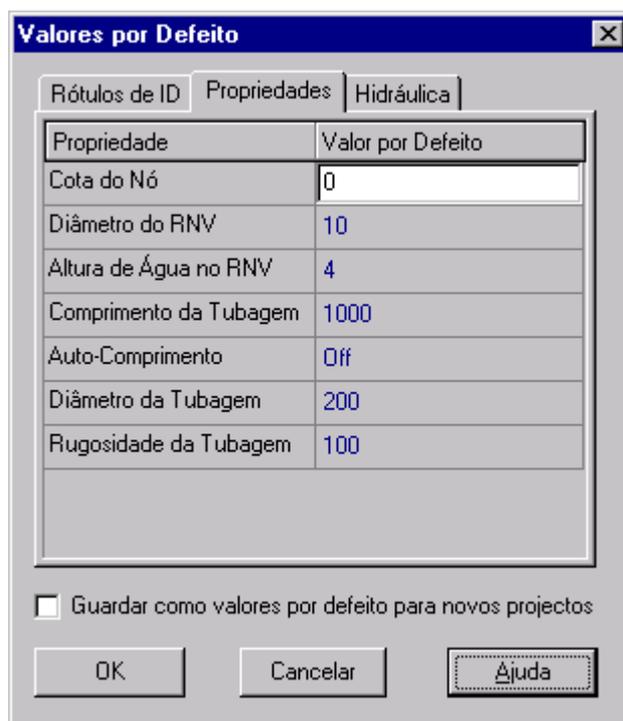
**Figura 5.1** Página dos rótulos de ID da Caixa de Diálogo de Valores por Defeito

#### Propriedades do Nó/Troço por Defeito

A página de Propriedades da caixa de Diálogo de Valores por Defeito é mostrada na Figura 5.2. Configura os valores das propriedades por defeito para os nós e troços que sejam criados de novo. Estas propriedades incluem:

- Cota para os nós
- Diâmetro para os reservatórios de nível variável
- Altura de água máxima para os reservatórios de nível variável
- Comprimento para as Tubagens
- Auto-Comprimento (cálculo automático do comprimento) para as tubagens
- Diâmetro para as tubagens
- Rugosidade para as tubagens

Quando a propriedade Auto-Comprimento é activada, os comprimentos das tubagens serão automaticamente calculados, à medida que as tubagens são adicionadas ou reposicionadas na janela do Mapa da Rede. Um nó ou troço criado com estas propriedades por defeito pode sempre ser modificado mais tarde, utilizando a janela do Editor de Propriedades.



**Figura 5.2** Página de Propriedades do Projecto da Caixa de Diálogo de Valores por Defeito

### Opções de Hidráulica por Defeito

A terceira página da caixa de diálogo de Valores por Defeito é utilizada para configurar as opções de simulação hidráulica por defeito. Contém o mesmo conjunto de opções de hidráulica que a caixa de diálogo de Opções de Hidráulica, acedida a partir da janela de Procura (ver secção 8.1). Estas são repetidas na caixa de diálogo de Opções de Hidráulica por Defeito, para que possam ser guardadas para utilização em futuros projectos, assim como no projecto corrente. As opções mais importantes da caixa de diálogo de Opções de Hidráulica a verificar quando se configura um novo projecto são as Unidades de Caudal, Fórmula de Perda de Carga e o Padrão por Defeito. A escolha das unidades de Caudal determina que todas as outras grandezas da rede sejam expressas em unidades do Sistema Internacional (SI) ou em unidades do Sistema Americano (US). Através da escolha da Fórmula de Perda de Carga é definido o tipo de coeficiente a fornecer para cada tubagem da rede. O Padrão por Defeito é adoptado automaticamente como o padrão temporal utilizado para variar os consumos durante uma simulação dinâmica, para todos os nós não associados a qualquer padrão.

### 5.3 Dados de Calibração

O EPANET permite que se comparem os resultados da simulação com os dados de medições em campo. A comparação pode ser efectuada através de gráficos de séries temporais, para localizações seleccionadas na rede, ou utilizando a caixa de diálogo do Relatório de Calibração que permite considerar múltiplas localizações. Antes do EPANET utilizar os dados de calibração, estes têm que ser introduzidos num ficheiro e registados com o projecto.

## Ficheiros de Calibração

Um ficheiro de calibração é um ficheiro de texto que contém dados de medições obtidos para um parâmetro particular, durante um determinado período de tempo no sistema de distribuição. O ficheiro fornece dados observados que podem ser comparados com os resultados de uma simulação da rede. Devem ser criados ficheiros separados para diferentes parâmetros (p.ex., pressão, flúor, cloro, caudal, etc.) e diferentes séries de amostragens. Cada linha do ficheiro contém a seguinte informação:

- ID da Localização - Rótulo de ID (tal como definido no modelo da rede) da localização onde a medição foi efectuada
- Tempo - Instante (em horas) em que a medição foi efectuada
- Valor - Resultado da medição

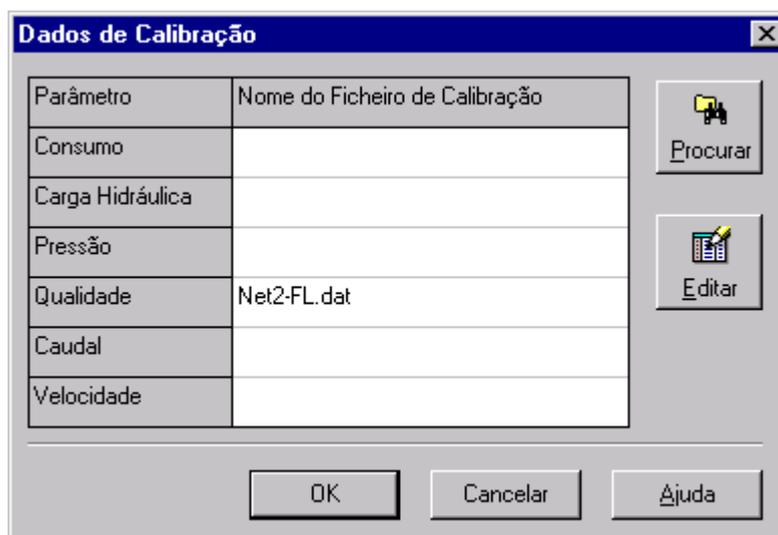
O instante de medição deve atender ao instante inicial da simulação, ao qual o Ficheiro de Calibração será aplicado. Este pode ser introduzido como um número decimal (p.ex., 27.5) ou no formato horas: minutos (p.ex., 27:30). No caso de uma simulação estática, o valor da coordenada tempo poderá ser zero para todos os nós incluídos no ficheiro. Podem ser adicionados comentários ao ficheiro, colocando um ponto e vírgula (;) antes destes. Para uma série de medições efectuadas na mesma localização, não é necessário repetir o ID da Localização. Um estrato de um ficheiro de calibração é mostrado abaixo.

```
;Medições do Traçador de Flúor
;Local      Tempo      Valor
;-----
  N1         0          0.5
             6.4        1.2
             12.7       0.9
  N2         0.5        0.72
             5.6        0.77
```

## Registo dos Dados de Calibração

Para registar os dados de calibração presentes num Ficheiro de Calibração deve proceder do seguinte modo:

1. Selecciona **Projecto >> Dados de Calibração** a partir da Barra de Menus Principal.
2. Na caixa de diálogo dos Dados de Calibração mostrada na Figura 5.3, clique na caixa contígua ao parâmetro para o qual pretende registar os dados.
3. Inscreva o nome do Ficheiro de Calibração para este parâmetro ou clique no botão **Procurar** para pesquisá-lo.
4. Clique no botão **Editar** se pretende abrir o Ficheiro de Calibração no *NotePad* do *Windows* para edição.
5. Repita os passos 2-4 para quaisquer outros parâmetros que possuam dados de calibração.
6. Clique no botão **OK** para aceitar as escolhas efectuadas.



**Figura 5.3** Caixa de Diálogo dos Dados de Calibração

#### 5.4 Sumário do Projecto

Para visualizar uma descrição sumária do projecto corrente, seleccione **Projecto >> Sumário** a partir da Barra de Menus Principal. A caixa de diálogo de Sumário do Projecto será mostrada, na qual pode editar um título descritivo para o projecto, assim como adicionar notas que complementem a descrição do projecto. Quando pretende abrir um ficheiro, previamente guardado, a caixa de diálogo Abrir Ficheiro mostrará o título e as notas inseridas no sumário, à medida que os nomes dos ficheiros são seleccionados. Esta informação adicional é bastante útil para localizar simulações específicas da rede. A caixa de diálogo de Sumário do Projecto mostra também determinados dados estatísticos da rede, como seja o número de nós, tubagens, bombas, etc.

## CAPÍTULO 6 - TRABALHAR COM OBJECTOS

---

*O EPANET utiliza diferentes tipos de objectos para modelar um sistema de distribuição. Estes objectos podem ser acedidos directamente a partir da janela do Mapa da Rede ou a partir da página de Dados da janela de Procura. Este capítulo descreve estes objectos e o modo como podem ser criados, seleccionados, editados, apagados e reposicionados.*

### 6.1 Tipos de objectos

O EPANET possui objectos físicos e não-físicos de modelação, que podem ser mostrados na janela do Mapa da Rede, e que são caracterizados por um conjunto de propriedades. Estes objectos podem ser classificados do seguinte modo:

#### (1) Nós

- (a) Nós
- (b) Reservatórios de Nível Fixo
- (c) Reservatórios de Nível Variável

#### (2) Troços

- (a) Tubagens
- (b) Bombas
- (c) Válvulas

#### (3) Legendas do mapa

#### (4) Padrões Temporais

#### (5) Curvas

#### (6) Controlos

- (a) Simples
- (b) Condições Múltiplas

### 6.2 Adicionar objectos

Adicionar um Nó

Para adicionar um Nó utilizando a Barra de Ferramentas do Mapa:

1. Clique no botão referente ao tipo de nó (nó , de reservatório de nível fixo - RNF  ou reservatório de nível variável - RNV ) que pretende adicionar, a partir da Barra de Ferramentas do Mapa, se este não estiver já seleccionado.
2. Mova o rato para o ponto pretendido no mapa e clique no botão esquerdo.

Para adicionar um nó utilizando a janela de Procura:

1. Seleccione o tipo de nó (nó, reservatório de nível fixo ou reservatório de nível variável) a partir da lista de Objectos na página de Dados da janela de Procura.
2. Clique no botão adicionar .
3. Introduza as coordenadas utilizando a janela do Editor de Propriedades (opcional).

### Adicionar um Troço

Para adicionar um troço em linha recta ou curvo utilizando a Barra de Ferramentas do Mapa:

1. Clique no botão referente ao tipo de troço que pretende adicionar (tubagem , bomba  ou válvula ) a partir da Barra de Ferramentas do Mapa, se este não estiver já seleccionado.
2. No mapa, clique com o botão do rato sobre o nó de início do troço.
3. Mova o rato na direcção do nó final do troço, fazendo clique nos pontos intermédios onde é necessário alterar a direcção do troço.
4. Por último, clique com o botão do rato sobre o nó final do troço.

Pressionando o botão direito do rato ou a tecla *Escape*, enquanto se desenha o troço, permite cancelar a operação.

Para adicionar uma linha recta utilizando a janela de Procura:

1. Seleccione o tipo de troço a adicionar (tubagem, bomba ou válvula) a partir da lista de Objectos na página de Dados da janela de Procura.
2. Clique no botão Adicionar.
3. Introduza os nós inicial e final do troço utilizando a janela do Editor de Propriedades.

### Adicionar um rótulo ao Mapa

Para adicionar um rótulo ao mapa:

1. Clique no botão de Texto  na Barra de Ferramentas do Mapa.
2. Clique com o botão do rato no ponto do mapa onde o rótulo deverá aparecer.
3. Introduza o texto do rótulo.
4. Pressione a tecla **Enter**.

## Adicionar uma Curva

Para adicionar uma curva aos dados da rede:

1. Selecione Curva a partir da lista de categorias de objectos na Página de Dados da janela de Procura.
2. Clique no botão Adicionar.
3. Edite a curva utilizando o Editor de Curva (ver abaixo).

## Adicionar um Padrão Temporal

Para adicionar um padrão temporal à rede:

1. Selecione Padrões a partir da lista de categorias de objectos na página de Dados da janela de Procura.
2. Clique no botão Adicionar.
3. Edite o padrão utilizando o Editor de Padrão (ver abaixo).

## Utilizar um Ficheiro de Texto

Para além de poder adicionar objectos interactivamente, pode importar um ficheiro de texto contendo uma lista de IDs de nós com as respectivas coordenadas, assim como uma lista de IDs de troços e os respectivos nós de ligação (ver secção 11.4 - Importar Dados Parciais da Rede).

### 6.3 Seleccionar Objectos

Para seleccionar um objecto no mapa:

1. Certifique-se que o mapa se encontra no modo de Selecção (o ponteiro de rato tem a forma de uma seta a apontar para a esquerda). Para mudar para este modo, clique no Botão Seleccionar Objecto  da barra de Ferramentas do Mapa ou escolha **Seleccionar Objecto** a partir do menu **Editar**.
2. Clique com o botão do rato sobre o objecto pretendido do mapa.

Para seleccionar um objecto utilizando a janela de Procura:

1. Selecione a categoria do objecto a partir da *dropdown list* na página de Dados da janela de Procura.
2. Selecione o objecto pretendido a partir da lista mostrada abaixo do cabeçalho da categoria.

### 6.4 Editar Objectos Visíveis

A janela do Editor de Propriedades (ver secção 4.8) é utilizada para editar as propriedades de objectos que podem ser visualizados na janela do Mapa da Rede (Nós, RNFs, RNVs, Tubagens, Bombas, Válvulas ou Rótulos). Para editar um destes objectos, selecione o objecto no mapa ou a partir da página de

Dados da janela de Procura, a seguir clique no botão Editar  da página de Dados (ou, simplesmente, faça duplo clique sobre o objecto no mapa). As propriedades associadas a cada um destes tipos de objectos encontram-se descritas nas Tabelas 6.1 a 6.7.

**Nota:** O sistema de unidades no qual as propriedades dos objectos são expressas depende das unidades adoptadas para o caudal. Utilizando o caudal expresso em litros ou em metros cúbicos, por unidade de tempo, significa que se adoptam as unidades do Sistema Internacional (SI) para todas as grandezas. Utilizando o caudal expresso em pés cúbicos, galões americanos ou em acre-pé, por unidade de tempo, significa que se adoptam as unidades do Sistema Americano (US). As Unidades de Caudal são seleccionadas editando a página de Opções de Hidráulica, a qual pode ser acedida a partir do menu Projecto de acordo com a instrução **Projecto >> Valores por Defeito**. As unidades utilizadas para todas as propriedades encontram-se sintetizadas no Anexo A.

**Tabela 6.1** Propriedades dos Nós

<i>PROPRIEDADE</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
ID do Nó	Um único rótulo é utilizado para identificar o nó. Este pode ser constituído por um conjunto máximo de 15 números e/ou caracteres. Não podem existir dois nós com o mesmo ID. Esta é uma propriedade necessária.
Coordenada - X	Localização segundo a horizontal do nó no mapa, medida em unidades de comprimento do mapa. Se for deixado em branco, o nó não aparecerá na janela do Mapa da Rede.
Coordenada - Y	Localização segundo a vertical do nó no mapa, medida em unidades de comprimento do mapa. Se for deixado em branco, o nó não aparecerá na janela do Mapa da Rede.
Descrição	Opção de escrita de texto adicional que permite descrever informação relevante sobre o nó.
Zona	Opção de escrita de texto (sem espaços) utilizada para associar o nó a uma categoria, como seja uma zona de pressão.
Cota	Cota em unidades de comprimento (p.ex., metros, pés) acima de um determinado referencial comum. Esta é uma propriedade necessária. A cota é utilizada apenas para calcular a altura piezométrica no nó. Não interfere no resultado de qualquer outra grandeza.
Consumo-Base	O valor médio ou nominal do consumo de água da categoria principal de consumo no nó, medido em unidades correntes do caudal. Um valor negativo é utilizado para indicar a existência de uma origem externa de caudal no nó. Se for deixado em branco, assume-se que o consumo é nulo.
Padrão de Consumo	O rótulo de ID do padrão temporal é utilizado para caracterizar a variação do consumo com o tempo para a principal categoria de consumo no nó. O padrão fornece um conjunto de factores multiplicativos que são aplicados ao consumo-base para determinar o consumo actual num determinado instante de tempo. Se for deixado em branco, o <b>Padrão Temporal por Defeito</b> associado às Opções de Hidráulica (ver secção 8.1) será adoptado.
Categorias de Consumo	Número de diferentes categorias de consumo definidas no nó. Clique no botão de escolha (ou pressione a tecla <i>Enter</i> ) para que seja mostrado um Editor especial de Consumos, o qual permitirá associar consumos base e padrões temporais a múltiplas categorias de consumo no nó. Ignore esta opção se pretender associar ao nó uma única categoria de consumo.
Coefficiente de Vazão do Dispositivo Emissor	Coefficiente de vazão do dispositivo emissor (aspersor ou agulheta) localizado no nó. O coeficiente representa o caudal (em unidades correntes do caudal) para uma queda de pressão de 1 psi (ou metro). Deixe o campo em branco se não existir dispositivo emissor no nó. Consulte o tema Dispositivos Emissores do Tipo Orifício na secção 3.1 para mais detalhes.

Qualidade Inicial	Qualidade da água no nó no início do período de simulação. Pode ser deixada em branco se não pretender efectuar uma simulação de qualidade da água ou se a qualidade inicial no nó for nula.
Origem de Qualidade	Qualidade da água que entra na rede através do nó. Clique no botão de escolha (ou pressione a tecla <i>Enter</i> ) para mostrar o Editor de Origem de Qualidade (ver secção 6.5 abaixo).

**Tabela 6.2** Propriedades do Reservatório de nível fixo (RNF)

<i>PROPRIEDADE</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
ID do Reservatório de nível fixo	Um único rótulo é utilizado para identificar o reservatório de nível fixo. Este pode ser constituído por um conjunto máximo de 15 números e/ou caracteres. Não podem existir dois nós com o mesmo ID. Esta é uma propriedade necessária.
Coordenada - X	Localização segundo a horizontal do reservatório de nível fixo no mapa, medida em unidades de comprimento do mapa. Se for deixado em branco, o reservatório de nível fixo não aparecerá na janela do Mapa da Rede.
Coordenada - Y	Localização segundo a vertical do reservatório de nível fixo no mapa, medida em unidades de comprimento do mapa. Se for deixado em branco, o reservatório de nível fixo não aparecerá na janela do Mapa da Rede.
Descrição	Opção de escrita de texto adicional que permite descrever informação relevante sobre o reservatório de nível fixo.
Zona	Opção de escrita de texto (sem espaços) utilizada para associar ao reservatório de nível fixo uma categoria, como seja uma zona de pressão.
Nível de Água	Carga hidráulica ou nível (cota + altura piezométrica) no reservatório de nível fixo em unidades de comprimento (p.ex., metros, pés), desprezando o termo cinético. Esta é uma propriedade necessária.
Padrão de Nível	Rótulo de ID de um padrão temporal utilizado para modelar a variação da carga hidráulica com o tempo no reservatório de nível fixo. Deixe o campo em branco se esta propriedade não for aplicável. Esta propriedade é útil se o reservatório de nível fixo representar uma ligação a outro sistema, na qual a pressão varie com o tempo.
Qualidade Inicial	Qualidade da água no reservatório de nível fixo. Pode ser deixada em branco se não pretender efectuar uma simulação de qualidade da água ou se a qualidade inicial for nula.
Origem de Qualidade	Qualidade da água que entra na rede através do nó. Clique no botão de escolha (ou pressione a tecla <i>Enter</i> ) para mostrar o Editor de Origem de Qualidade (ver secção 6.5 abaixo).

**Tabela 6.3** Propriedades do Reservatório de Nível Variável (RNV)

<i>PROPRIEDADE</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
ID do Reservatório de Nível Variável	Um único rótulo é utilizado para identificar o reservatório de nível variável. Este pode ser constituído por um conjunto máximo de 15 números e/ou caracteres. Não podem existir dois nós com o mesmo ID. Esta é uma propriedade necessária.
X-Coordinate	Localização segundo a horizontal do reservatório de nível variável no mapa, medida em unidades de comprimento do mapa. Se for deixado em branco, o reservatório de nível variável não aparecerá na janela do Mapa da Rede.
Y-Coordinate	Localização segundo a vertical do reservatório de nível variável no mapa, medida em unidades de comprimento do mapa. Se for deixado em branco, o reservatório de nível variável não aparecerá na janela do Mapa da Rede.
Descrição	Opção de escrita de texto adicional que permite descrever informação

---

	relevante sobre o reservatório de nível variável.
Zona	Opção de escrita de texto (sem espaços) utilizada para associar ao reservatório de nível variável uma categoria, como seja uma zona de pressão.
Cota	Cota acima de um referencial comum em unidades de comprimento (p.ex., metros, pés) do fundo do reservatório de nível variável. Esta é uma propriedade necessária.
Altura de água inicial	Altura, em unidades de comprimento (p.ex., metros, pés), da superfície livre no interior do reservatório de nível variável acima da respectiva cota de fundo, no início da simulação. Esta é uma propriedade necessária.
Altura de água mínima	Altura mínima, em unidades de comprimento (p.ex., metros, pés), da superfície livre acima da cota do fundo do reservatório de nível variável, a qual se manterá fixa. Não será permitido que a altura de água no reservatório de nível variável seja inferior a este valor mínimo. Esta é uma propriedade necessária.
Altura de água máxima	Altura máxima, em unidades de comprimento (p.ex., metros, pés), da superfície livre acima da cota do fundo do reservatório de nível variável, a qual se manterá fixa. Não será permitido que a altura de água no reservatório de nível variável seja superior a este valor máximo. Esta é uma propriedade necessária.
Diâmetro	Diâmetro do reservatório de nível variável em unidades de comprimento (p.ex., metros, pés). Para reservatórios cilíndricos corresponde ao diâmetro corrente. Para reservatórios quadrados ou rectangulares, pode utilizar-se o diâmetro equivalente, igual a 1.128 vezes a raiz quadrada da área transversal. Para reservatórios cuja geometria seja descrita por uma curva (ver abaixo) pode fixar-se qualquer valor. Esta é uma propriedade necessária.
Volume Mínimo	Volume de água no reservatório de nível variável quando a altura de água é mínima, em unidades de volume (p.ex., metros cúbicos, pés cúbicos). Esta é uma propriedade opcional, útil principalmente para descrever a geometria do fundo de reservatórios não cilíndricos onde uma curva de volume em função da altura de água não seja fornecida (ver abaixo).
Curva de volume	O rótulo de ID de uma curva é utilizado para descrever a relação entre o volume no reservatório de nível variável e a altura de água. Se não for fornecido qualquer valor para esta propriedade, assume-se que o reservatório é cilíndrico.
Modelo de Mistura	Tipo de modelo de mistura de qualidade da água que ocorre no interior do reservatório de nível variável. As opções incluem <ul style="list-style-type: none"> <li>• MISTURA COMPL. (mistura completa),</li> <li>• 2 COMPARTIM. (mistura com dois compartimentos),</li> <li>• FIFO (escoamento em êmbolo “<i>first-in-first-out</i>”),</li> <li>• LIFO (escoamento em êmbolo “<i>last-in-first-out</i>”).</li> </ul> <p>Consulte o tema Modelos de Mistura em Reservatórios de Nível Variável na secção 3.4 para mais informação.</p>
Fracção de Mistura	A fracção do volume total do RNV que compreende o compartimento de entrada-saída do modelo de mistura com dois compartimentos (2COMPARTIM.). Pode ser deixado em branco se outro tipo de modelo de mistura for utilizado.
Coefficiente de Reacção	Coefficiente de reacção no seio do escoamento referente às reacções químicas que ocorrem no interior do reservatório de nível variável. É expresso por unidade de tempo para reacções de 1ª ordem (i.e., /dia). Utilize um valor positivo para reacções de crescimento e um valor negativo

---

	para reacções de decaimento. Deixe o campo da propriedade em branco se o Coeficiente de Reacção no Seio do Escoamento, especificado no editor de Opções de Reacções, a partir da página de Dados da janela de Procura, for aplicável. Consulte o tema Reacções de Qualidade da Água na secção 3.4 para mais informação.
Qualidade Inicial	Qualidade da água no reservatório de nível variável no início do período de simulação. Pode ser deixada em branco se não pretender efectuar uma simulação de qualidade da água ou se a qualidade inicial no reservatório de nível variável for nula.
Origem de Qualidade	Qualidade da água que entra na rede através do nó. Clique no botão de escolha (ou pressione a tecla <i>Enter</i> ) para mostrar o Editor de Origem de Qualidade (ver secção 6.5 abaixo).

**Tabela 6.4** Propriedades da Tubagem

<i>PROPRIEDADE</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
ID da Tubagem	Um único rótulo é utilizado para identificar a tubagem. Este pode ser constituído por um conjunto máximo de 15 números e/ou caracteres. Não podem existir dois troços com o mesmo ID. Esta é uma propriedade necessária.
Nó Inicial	ID do nó onde a tubagem começa. Esta é uma propriedade necessária.
Nó Final	ID do nó onde a tubagem termina. Esta é uma propriedade necessária.
Descrição	Opção de escrita de texto adicional que permite descrever informação relevante sobre a tubagem.
Zona	Opção de escrita de texto (sem espaços) utilizada para associar a tubagem a uma categoria (p.ex., baseada na idade ou no material).
Comprimento	Comprimento real da tubagem em unidades de comprimento (p.ex., metros, pés). Esta é uma propriedade necessária.
Diâmetro	Diâmetro da tubagem em unidades de comprimento (p.ex., milímetros, polegadas). Esta é uma propriedade necessária.
Rugosidade	Coeficiente da fórmula de perda de carga na tubagem. É adimensional nas fórmulas de Hazen-Williams e Chezy-Manning e tem unidades de comprimento (mm) na fórmula de Darcy-Weisbach. Esta é uma propriedade necessária.
Coeficiente de perda de carga singular	Coeficiente de perda de carga singular adimensional associado a curvas, alargamentos, estreitamentos, etc. É assumido o valor zero se o campo for deixado em branco.
Estado Inicial	Determina se a tubagem está inicialmente aberta, fechada ou se possui uma válvula de retenção. Se for especificado que possui uma válvula de retenção, o sentido do escoamento na tubagem é fixado, processando-se sempre do nó inicial para o nó final e o estado da tubagem não pode ser alterado utilizando a opção de Controlos. Se for associado à tubagem o estado ABERTO / FECHADO, este pode ser alterado utilizando a opção de Controlos.
Coeficiente de Reacção no Seio do Escoamento	Coeficiente de reacção no seio do escoamento no interior da tubagem. É expresso por unidade de tempo para reacções de 1ª ordem ( <i>i.e.</i> , /dia). Utilize um valor positivo para reacções de crescimento e um valor negativo para reacções de decaimento. Deixe o campo da propriedade em branco se o Coeficiente de Reacção no Seio do Escoamento, especificado no editor de Opções de Reacções, a partir da página de Dados da janela de Procura, for aplicável. Consulte o tema Reacções de Qualidade da Água na secção 3.4 para mais informação.
Coeficiente de Reacção na parede	Coeficiente de reacção na parede da tubagem. É expresso em unidades de Comprimento/Tempo para reacções de 1ª ordem. Utilize um valor positivo para reacções de crescimento e um valor negativo para reacções de decaimento. Deixe o campo da propriedade em branco se o Coeficiente de Reacção na

---

Parede, especificado no editor de Opções de Reacções, a partir da página de Dados da janela de Procura, for aplicável. Consulte o tema Reacções de Qualidade da Água na secção 3.4 para mais informação.

---

**Nota:** Os comprimentos das tubagens podem ser automaticamente calculados, à medida que uma tubagem é adicionada ou reposicionada na janela do mapa da rede, se a opção **Auto-Comprimento** estiver activada. Para activar/desactivar esta opção deve proceder do seguinte modo:

- ◆ Selecione **Projecto >> Valores por Defeito** e edite o campo do Auto-Comprimento na página de Propriedades da caixa de diálogo de Valores por Defeito
- ◆ Clique com o botão direito do rato sobre o campo Auto-Comprimento na Barra de Estado e, a seguir, clique no menu instantâneo que é mostrado.

Certifique-se que introduziu as dimensões correctas para a janela do Mapa da Rede antes de activar a opção Auto-Comprimento (ver secção 7.2).

**Tabela 6.5** Propriedades da Bomba

<i>PROPRIEDADE</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
ID da Bomba	Um único rótulo é utilizado para identificar a bomba. Este pode ser constituído por um conjunto máximo de 15 números e/ou caracteres. Não podem existir dois troços com o mesmo ID. Esta é uma propriedade necessária.
Nó Inicial	ID do nó do lado de aspiração da bomba. Esta é uma propriedade necessária.
Nó Final	ID do nó do lado de compressão da bomba. Esta é uma propriedade necessária.
Descrição	Opção de escrita de texto adicional que permite descrever informação relevante sobre a bomba.
Zona	Opção de escrita de texto (sem espaços) utilizada para associar a bomba a uma categoria (p.ex., baseada na idade, dimensão ou localização).
Curva da bomba	Rótulo de ID da curva da bomba utilizada para descrever a relação entre a altura de elevação e o caudal na bomba. Deixe o campo em branco se a bomba fornecer uma altura de elevação constante (ver abaixo).
Potência	Potência fornecida pela bomba (horsepower - hp). Assume-se que a bomba fornece a mesma energia independentemente do caudal bombeado. Deixe o campo em branco se for utilizada uma curva da bomba. Utilize esta propriedade quando não existir informação disponível sobre a curva da bomba.
Regulação de velocidade	Regulação de velocidade da bomba (adimensional). Por exemplo, uma regulação de velocidade de 1.2 significa que a velocidade de rotação da bomba é 20% mais elevada que o respectivo valor nominal.
Padrão	Rótulo de ID de um padrão temporal utilizado para controlar as condições de operação da bomba. Os factores multiplicativos do padrão são equivalentes a valores de regulação de velocidade. Um factor multiplicativo nulo implica que a bomba será desligada durante o intervalo de tempo correspondente. Deixe o campo em branco se não for aplicável.
Estado Inicial	Estado da bomba (ligada ou desligada) no início do período de simulação.
Curva de Rendimento	Rótulo de ID da curva que representa o rendimento do grupo electrobomba (em percentagem) em função do caudal. Esta informação é apenas utilizada para calcular a energia utilizada. Deixe o campo em branco se não for

	aplicável ou se tiver sido fornecido um valor global para o rendimento a partir da caixa de diálogo de Opções de Energia (ver secção 8.1).
Preço do kWh	Valor médio ou nominal do preço de energia em unidades monetárias por kWh. Utiliza-se apenas para calcular o custo da energia utilizada. Deixe o campo em branco se não for aplicável ou se tiver sido fornecido um valor global a partir da caixa de diálogo de Opções de Energia (ver secção 8.1).
Padrão de Preço	Rótulo de ID do padrão temporal utilizado para descrever a variação do preço de energia ao longo do dia. Cada factor multiplicativo do padrão é aplicado ao Preço de Energia da bomba para determinar custo de energia no período de tempo correspondente. Deixe o campo em branco se não for aplicável ou se tiver sido fornecido um padrão de preço global a partir da caixa de diálogo de Opções de Energia (ver secção 8.1).

**Tabela 6.6** Propriedades da Válvula

<i>PROPRIEDADE</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
ID da Válvula	Um único rótulo é utilizado para identificar a válvula. Este pode ser constituído por um conjunto máximo de 15 números e/ou caracteres. Não podem existir dois troços com o mesmo ID. Esta é uma propriedade necessária.
Nó Inicial	ID do nó de montante ou do lado de entrada do escoamento na válvula. (As VRPs e as VAs permitem que o escoamento ocorra apenas num único sentido.) Esta é uma propriedade necessária.
Nó Final	ID do nó de jusante ou do lado de saída do escoamento na válvula. Esta é uma propriedade necessária.
Descrição	Opção de escrita de texto adicional que permite descrever informação relevante sobre a válvula.
Zona	Opção de escrita de texto (sem espaços) utilizada para associar a válvula a uma categoria, baseada no tipo e localização, por exemplo.
Diâmetro	Diâmetro da válvula em unidades de comprimento (p.ex., milímetros, polegadas). Esta é uma propriedade necessária.
Tipo	Tipo de válvula (VRP, VA, VPCF, VRC, VB ou VG - vide a terminologia apresentada na pág. xi). Consulte o tema Válvulas na secção 3.1 para descrição dos vários tipos de válvulas. Esta é uma propriedade necessária.
Parâmetro de Controlo na Válvula	Parâmetro necessário para descrever as condições de operação da válvula. <u>Tipo de Válvula</u> <u>Parâmetro de Controlo na Válvula</u>
	VRP                      pressão (m ou psi)
	VA                        pressão (m ou psi)
	VPCF                    pressão (m ou psi)
	VRC                      caudal (unidades de caudal)
	VB                        Coeficiente de perda de carga singular (adimensional)
	VG                        ID da curva de perda de carga
Coeficiente de perda de carga singular	Coeficiente de perda de carga singular adimensional que é aplicável quando a válvula está completamente aberta. É assumido o valor zero se o campo for deixado em branco.
Estado Fixo	Estado da válvula no início da simulação. Se for fixada a opção <i>ABERTO</i> ou <i>FECHADO</i> , a propriedade parâmetro de controlo na válvula é ignorada e esta comporta-se como um troço aberto ou fechado, respectivamente. Se for fixada a opção <i>NENHUM</i> , a válvula comporta-se como planeado. O estado fixo da válvula e o parâmetro de controlo na válvula podem ser variáveis ao longo da simulação utilizando instruções de controlo. Se o estado da válvula tiver sido fixado <i>ABERTO/FECHADO</i> , o parâmetro de controlo na válvula pode ser activado novamente utilizando controlos operacionais.

**Tabela 6.7** Propriedades do Rótulo do Mapa

<i>PROPRIEDADE</i>	<i>DESCRIÇÃO</i>
Texto	Texto do Rótulo.
Coordenada - X	Localização segundo a horizontal do canto superior esquerdo do rótulo no mapa, medida em unidades de comprimento do mapa. Esta é uma propriedade necessária.
Coordenada - Y	Localização segundo a vertical do canto superior esquerdo do rótulo no mapa, medida em unidades de comprimento do mapa. Esta é uma propriedade necessária.
Nó-Âncora	ID do nó que serve como ponto de âncora do rótulo (ver Nota 1 abaixo). Deixe o campo em branco se o rótulo não estiver associado a um nó-âncora.
Tipo de Medidor	Tipo de objecto a ser registado pelo rótulo (ver Nota 2 abaixo). As opções são Nenhum, Nó ou Troço.
ID do Medidor	ID do objecto (Nó ou Troço) a ser registado.
Fonte	Mostra um botão de escolha que, quando seleccionado, permite a edição de uma caixa de diálogo para a selecção da fonte, tamanho e estilo do rótulo.

**Notas:**

1. A propriedade nó-âncora do rótulo é utilizada para posicionar o rótulo relativamente a uma determinado nó no mapa da rede. Quando o mapa é ampliado, o rótulo aparece à mesma distância relativa do nó-âncora que no tamanho original. Esta opção previne que os rótulos se desviem demasiado dos objectos que pretendem descrever quando o mapa é ampliado.
2. As propriedades Tipo de Medidor e respectivo ID determinam se o rótulo funciona como um medidor. Os rótulos do tipo medidor mostram o valor do parâmetro actualmente visível (escolhido a partir da página do Mapa da Janela de Procura) debaixo do texto do rótulo. O Tipo de Medidor e o ID devem referir-se a um nó ou troço existente na rede. Caso contrário, apenas aparecerá o texto do rótulo.

## **6.5 Editar Objectos Não-Visíveis**

As Curvas, os Padrões Temporais e os Controlos possuem editores especiais que são utilizados para definir as suas propriedades. Para editar um destes objectos, seleccione o objecto, a partir da página de Dados da janela de Procura

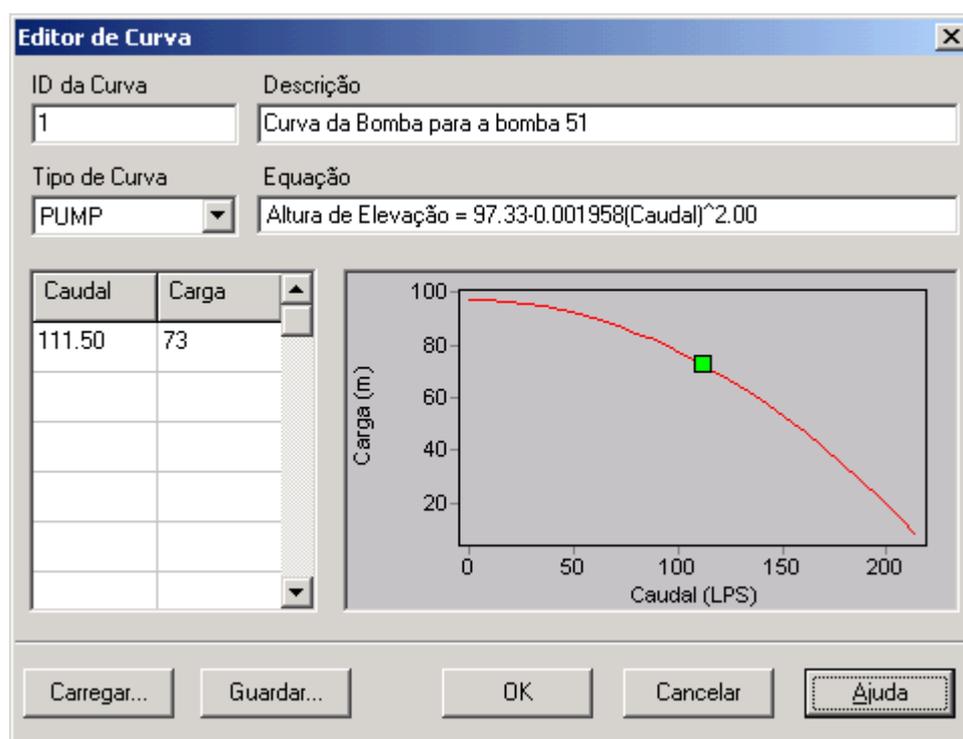
e, a seguir, clique no Botão Editar . Adicionalmente, a janela do Editor de Propriedades para os nós contém um botão de escolha no campo Categorias de Consumo que mostra um Editor de Consumo específico quando pressionado com o botão do rato. Analogamente, o campo de Origem de Qualidade na janela do Editor de Propriedades para Nós, Reservatórios de Nível Fixo e Reservatórios de Nível Variável possui um botão que mostra um Editor de Origem de Qualidade específico. Descreve-se seguidamente cada um destes editores.

## Editor de Curva

O Editor de Curva é uma caixa de diálogo, tal com se mostra na Figura 6.1. Para utilizar o Editor de Curva, introduza valores para as seguintes propriedades:

Item	Descrição
ID da Curva	Rótulo de ID da curva (máximo de 15 números ou caracteres)
Descrição	Descrição opcional que pretende traduzir o que a curva representa
Tipo de Curva	Tipo de curva
Coordenadas X-Y	Coordenadas X-Y dos pontos da curva

À medida que se move entre as células na tabela de dados X-Y (ou pressiona a tecla *Enter*), a curva é desenhada novamente na janela de pré-visualização. Para curvas de bombas com um e três pontos, a equação gerada para a curva será mostrada na caixa de Equação. Clique no botão **OK** para aceitar a curva ou no botão **Cancelar** para anular as entradas. Pode também fazer clique no botão **Carregar**, para obter uma curva de dados que foi previamente guardada num ficheiro, ou pressionar o botão **Guardar** para gravar os dados actuais da curva para um ficheiro.



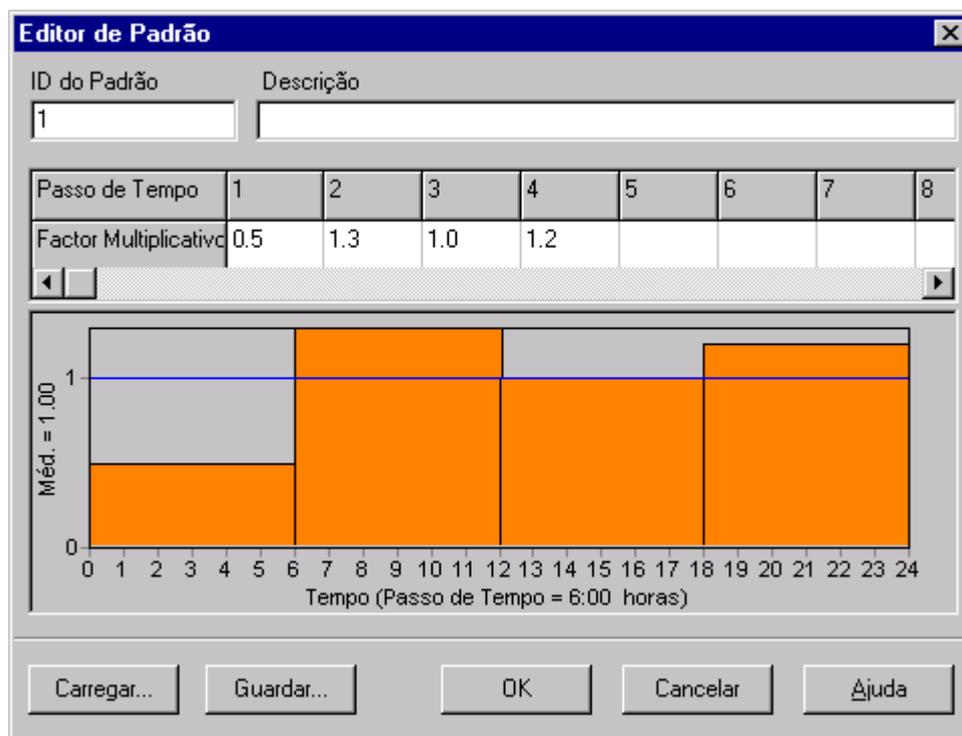
**Figura 6.1** Editor de Curva

## Editor de Padrão

O Editor de Padrão, mostrado na Figura 6.2, edita as propriedades de um padrão temporal de um objecto. Para utilizar o Editor de Padrão, introduza valores para as seguintes propriedades:

<i>Item</i>	<i>Descrição</i>
ID do Padrão	Rótulo de ID do padrão (máximo de 15 números ou caracteres)
Descrição	Descrição opcional que pretende traduzir o que o padrão representa
Factores multiplicativos	Valor do factor multiplicativo para cada período de tempo do padrão.

À medida que os factores multiplicativos são introduzidos, o gráfico do padrão é desenhado novamente na janela de pré-visualização. Se atingir o fim dos Períodos de Tempo disponíveis quando está a introduzir os factores multiplicativos, pressione a tecla **Enter** para adicionar outro período. Quando terminar a edição, clique no botão **OK** para aceitar o padrão ou no botão **Cancelar** para anular as entradas. Pode também fazer clique no botão **Carregar** para obter um padrão que foi previamente guardado num ficheiro ou pressionar o botão **Guardar** para gravar os dados actuais do padrão para um ficheiro.



**Figura 6.2** Editor de Padrão

### Editor de Controlos

O Editor de Controlos<sup>22</sup>, mostrado na Figura 6.3, é uma janela de edição de texto utilizada para editar controlos simples e controlos com condições múltiplas. Apresenta um menu principal de edição de texto que é activado fazendo clique com o botão direito do rato em qualquer parte do Editor. O menu contém comandos para Desfazer, Cortar, Copiar, Colar, Apagar e Seleccionar Tudo (ver Subcapítulo 3.2 – Controlos).

<sup>22</sup> Para obter instruções sobre a construção dos Controlos consultar Capítulo 3 - Componentes não Físicos



**Figura 6.3** Editor de Controlos

#### Editor de Consumo

O Editor de Consumo é mostrado na Figura 6.4. É utilizado para associar consumos-base e padrões temporais quando existe mais do que uma categoria de consumo num nó. O editor é invocado a partir da janela do Editor de Propriedades, fazendo clique no botão de escolha (ou pressionando a tecla Enter) quando o campo de Categorias de Consumo recebe o foco.

O editor é uma tabela contendo três colunas. Cada categoria de consumo é introduzida numa nova linha da tabela. As colunas contêm a seguinte informação:

- Consumo-Base: consumo médio ou nominal para cada categoria (necessária)
- Padrão Temporal: rótulo de ID do padrão temporal utilizado para permitir a variação do consumo com o tempo (necessária)
- Categoria: rótulo de texto utilizado para identificar a categoria de consumo (opcional)

	Consumo-Base	Padrão Temporal	Categoria
1	3	1	Doméstico
2	0.8	2	Indústria
3			
4			
5			
6			

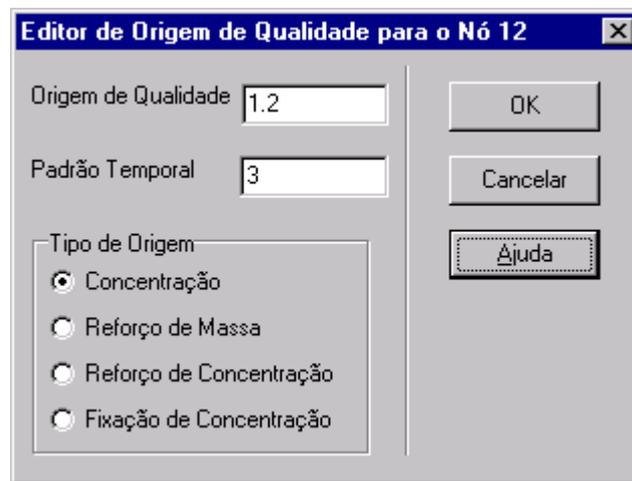
**Figura 6.4** Editor de Consumo

A tabela é, inicialmente, dimensionada para 10 linhas. Se forem necessárias linhas adicionais, seleccione qualquer célula na última linha e pressione a tecla **Enter**.

**Nota:** Por convenção, o consumo colocado na primeira linha do editor será considerado como estando associado à categoria principal de consumo no nó e aparecerá no campo Consumo-Base na janela do Editor de Propriedades.

### Editor de Origem de Qualidade

O Editor de Origem de Qualidade é uma caixa de diálogo instantânea utilizada para descrever a qualidade da origem do escoamento que entra num nó específico da rede. Esta origem pode representar uma estação de tratamento de águas para consumo humano, uma instalação de tratamento adicional ou a intrusão de um contaminante indesejável. A caixa de diálogo mostrada na Figura 6.5 contém os seguintes campos:



**Figura 6.5** Editor de Origem de Qualidade

<i>Campo</i>	<i>Descrição</i>
Tipo de Origem	Selecione uma das seguintes opções: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentração</li> <li>- Ponto de Reforço de Massa</li> <li>- Ponto de Reforço de Concentração</li> <li>- Ponto de Fixação de Concentração</li> </ul>
Origem de Qualidade	Concentração-base - média ou nominal (ou massa por minuto) da origem. Deixe em branco para remover a origem.
Padrão Temporal	Rótulo de ID do padrão temporal utilizado para fazer variar o valor base da Origem de Qualidade com o tempo. Deixe o campo em branco se não for aplicável.

Uma origem de qualidade da água pode ser designada como uma origem de concentração ou como um ponto de reforço de massa ou de concentração.

- Uma origem de concentração fixa corresponde a uma concentração (massa/volume) de qualquer entrada externa de caudal na rede, como seja o caudal proveniente de um reservatório ou de um ponto de consumo negativo localizado num nó.
- Um ponto de reforço de massa adiciona um fluxo de massa (massa/tempo) fixo ao caudal total que entra no nó, a partir de outros pontos da rede.
- Um ponto reforço de concentração adiciona uma concentração fixa (massa/volume) àquela resultante da mistura de todo o caudal que entra no nó, a partir de outros pontos na rede.
- Um ponto de fixação de concentração fixa corresponde a uma concentração (massa/volume) de qualquer caudal que deixa o nó (desde que a concentração resultante de todo o caudal que entra no nó esteja abaixo da concentração desejada).

Uma origem de concentração é particularmente utilizada para nós que representem origens de abastecimento de água ou estações de tratamento de água para consumo humano (p.ex., reservatórios de nível fixo ou nós associados a um consumo negativo). Uma origem do tipo ponto de reforço de massa ou de concentração é mais utilizada para modelar a injeção directa de um traçador, de um desinfectante adicional na rede ou a intrusão de um contaminante.

## 6.6 Copiar e Colar Objectos

As propriedades de um objecto, mostrado na janela do Mapa da Rede, podem ser copiadas e coladas para outro objecto pertencente à mesma categoria. Para copiar as propriedades de um objecto para o *clipboard* interno do EPANET :

1. Clique com o botão direito do rato no objecto da rede.
2. Selecciona a opção **Copiar** a partir do menu instantâneo que é mostrado.

Para colar as propriedades copiadas a um objecto:

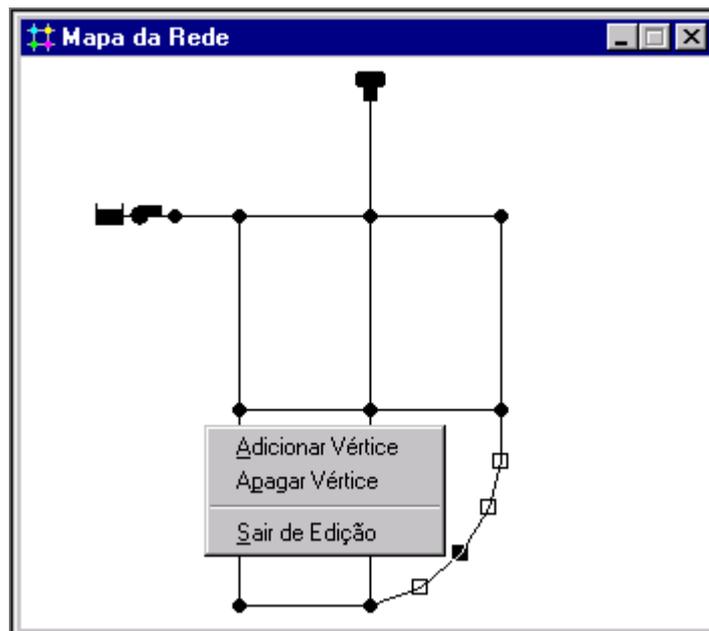
1. Clique com o botão direito do rato no objecto da rede.
2. Selecciona a opção **Colar** a partir do menu instantâneo que é mostrado.

## 6.7 Configurar e Inverter Troços

Os troços podem ser desenhados como *polylines*, contendo um número variável de segmentos rectos que conferem a variação da direcção e a curvatura ao troço. Uma vez desenhado o troço no mapa, os pontos interiores que definem estes segmentos rectos podem ser adicionados, apagados e movidos (Ver Figura 6.6). Para editar os pontos interiores de um troço:

1. Selecciona o troço a editar, a partir da janela do Mapa da Rede, e clique  na Barra de Ferramentas do Mapa (ou Selecciona **Editar** >> **Seleccionar Vértice**, a partir da Barra de Menus Principal, ou clique com o botão direito do rato sobre o troço e seccione **Vértices** a partir do menu instantâneo).

2. O ponteiro do rato mudará a configuração para uma seta em forma de ponteira e todos os pontos de vértice no troço serão mostrados com pequenos quadrados à volta. Para seleccionar um vértice em particular, clique com o rato sobre este.
3. Para adicionar um novo vértice ao troço, clique com o botão direito do rato e seleccione **Adicionar Vértice**, a partir do menu instantâneo (ou, simplesmente, pressione a tecla **Insert** do teclado).
4. Para apagar o vértice actualmente seleccionado, clique com o botão direito do rato e seleccione **Apagar Vértice** a partir do menu instantâneo (ou, simplesmente, pressione a tecla **Delete** do teclado).
5. Para mover um vértice para outro ponto do mapa, arraste-o com o botão esquerdo do rato pressionado para a nova posição.
6. Enquanto tem o modo de Selecção de Vértice activo, pode editar os vértices de outro troço, fazendo clique sobre este. Para desactivar o modo de Selecção de Vértice, clique com o botão direito do rato no mapa e seleccione **Sair de Edição**, a partir do menu instantâneo, ou seleccione outro botão na barra de Ferramentas do Mapa.



**Figura 6.6** Reconfiguração de um troço

O sentido de um troço também pode ser invertido (*i.e.*, os nós de extremidade podem ser trocados) fazendo clique com o botão direito do rato sobre este e seleccionando **Inverter** a partir do menu instantâneo que é mostrado. Esta opção pode ser útil para reorientar bombas e válvulas que originalmente tenham sido adicionadas no sentido contrário.

## 6.8 Apagar um Objecto

Para apagar um objecto:

1. Selecione o objecto no mapa ou a partir da página de Dados da janela de Procura.
2. proceda de acordo com uma das seguintes opções:
  - clique  na Barra de Ferramentas Principal,
  - clique no mesmo botão, mas a partir da página de Dados da janela de Procura,
  - pressione a tecla *Delete* do teclado.

**Nota:** Pode requerer que todas as acções de eliminação de objectos sejam confirmadas antes de serem executadas. Consulte a página Preferências Gerais, a partir da caixa de diálogo Preferências do Programa descrita na secção 4.9.

## 6.9 Mover um Objecto

Para mover um nó ou um rótulo para outro ponto do mapa:

1. Selecione o nó ou o rótulo.
2. Com o botão esquerdo do rato pressionado sobre o objecto, arraste-o para a nova localização.
3. Liberte o botão esquerdo do rato.

Alternativamente, podem ser escritas manualmente novas coordenadas X e Y para o objecto na janela do Editor de Propriedades. Para onde quer que um nó seja movido, todos os troços ligados a este são também movidos.

## 6.10 Seleccionar um Grupo de Objectos

Para seleccionar um grupo de objectos que se encontrem dispostos de forma irregular na janela do Mapa da Rede:

1. Selecione **Editar >> Seleccionar Zona** ou clique  na Barra de Ferramentas do Mapa.
2. Desenhe um linha poligonal como limite à volta da zona de interesse no mapa, fazendo clique com o botão esquerdo do rato em cada vértice sucessivo do polígono.
3. Feche o polígono, fazendo clique com o botão direito do rato ou pressionando a tecla *Enter*; Cancele a selecção pressionando a tecla *Escape*.

Para seleccionar todos os objectos actualmente visíveis no mapa, selecione **Editar >> Seleccionar Tudo**. (Os objectos que se encontrem fora do campo de visão do mapa não serão seleccionados.)

Uma vez seleccionado um grupo de objectos, pode editar uma propriedade comum (ver a secção seguinte) ou apagar os objectos seleccionados da rede.

Para executar esta última opção, clique  ou pressione a tecla **Delete**.

## 6.11 Editar um Grupo de Objectos

Para editar um propriedade para um grupo de objectos:

1. Selecciona a zona do mapa que irá conter o grupo de objectos a serem editados, utilizando o método descrito na secção anterior.
2. Selecciona **Editar >> Editor de Grupo** a partir da Barra de Menus Principal.
3. Defina a propriedade que pretende editar na caixa de diálogo do Editor de Grupo que é mostrada.

A Caixa de diálogo do Editor de Grupo, mostrada na Figura 6.6, é utilizada para modificar uma propriedade de um grupo de objectos seleccionados. Para utilizar a caixa de diálogo:

1. Selecciona a categoria do objecto (Nós ou Tubagens) a editar.
2. Verifique a caixa de opção "com" se pretender adicionar um filtro que limitará os objectos seleccionados para adição. Selecciona a propriedade, o operador relacional e o valor que definem o filtro. Um exemplo poderá ser "com diâmetro igual a 80".
3. Selecciona o tipo de alteração a efectuar - Substituir, Multiplicar ou Adicionar.
4. Selecciona a propriedade a alterar.
5. Introduza o valor que deverá substituir, multiplicar ou ser adicionado ao valor actual.
6. Clique **OK** para executar a edição de grupo.



**Figura 6.7** Caixa de diálogo do Editor de Grupo

## CAPÍTULO 7 - TRABALHAR COM O MAPA DA REDE

---

*O EPANET mostra um mapa da rede a ser modelada. Este capítulo descreve como pode manipular este mapa, por forma a realçar o modo de visualização do sistema a ser modelado.*

### 7.1 Seleccionar Parâmetros a Visualizar no Mapa

Utiliza-se a página do Mapa da janela de Procura (secção 4.7) para seleccionar o parâmetro, associado aos nós e aos troços, a visualizar no mapa. Os parâmetros são visualizados no mapa através de um código de cores, tal como se especifica na secção Legendas do Mapa (ver abaixo), para mostrar diferentes intervalos de valores.

Os parâmetros associados aos nós disponíveis para visualização são os seguintes:

- Cota
- Consumo-Base (consumo médio ou nominal)
- Qualidade Inicial (qualidade da água no instante zero)
- \*Consumo (consumo total no instante corrente)
- \*Carga hidráulica (cota + altura piezométrica)
- \*pressão (altura piezométrica)
- \*Qualidade da Água

Os parâmetros associados aos troços disponíveis para visualização são os seguintes:

- Comprimento
- Diâmetro
- Coeficiente de rugosidade
- Coeficiente de Reacção no Seio do Escoamento
- Coeficiente de Reacção na parede
- \*Caudal
- \*Velocidade
- \*Perda de Carga (por 1000 metros (ou pés) de tubagem)
- \*Factor de Resistência (tal como se utiliza na fórmula de Darcy-Weisbach)
- \*Taxa de Reacção (valor médio ao longo da tubagem)
- \*Qualidade da Água (valor médio ao longo da tubagem)

Os itens marcados com asterisco correspondem a grandezas calculadas, cujo os valores apenas estarão disponíveis se tiver sido executada uma simulação bem sucedida da rede (ver o Capítulo 8 - Simulação de uma Rede).

## 7.2 Configurar as Dimensões do Mapa

As dimensões físicas do mapa devem ser definidas para que as coordenadas deste possam ser adequadamente ajustadas ao écran do monitor. Para configurar as dimensões do mapa:

1. Seleccione **Ver >> Dimensões**.
2. Introduza nova informação sobre as dimensões na caixa de diálogo de Dimensões do Mapa que é mostrada (ver Figura 7.1) ou clique no botão de **Ver Tudo** para que o EPANET calcule as novas dimensões do mapa baseadas nas coordenadas dos objectos actualmente incluídos na rede.
3. Clique no **Botão OK** para redimensionar o mapa.



**Figura 7.1** Caixa de diálogo de Dimensões do Mapa

A informação fornecida pela Caixa de diálogo de Dimensões do Mapa é composta pelos seguintes itens:

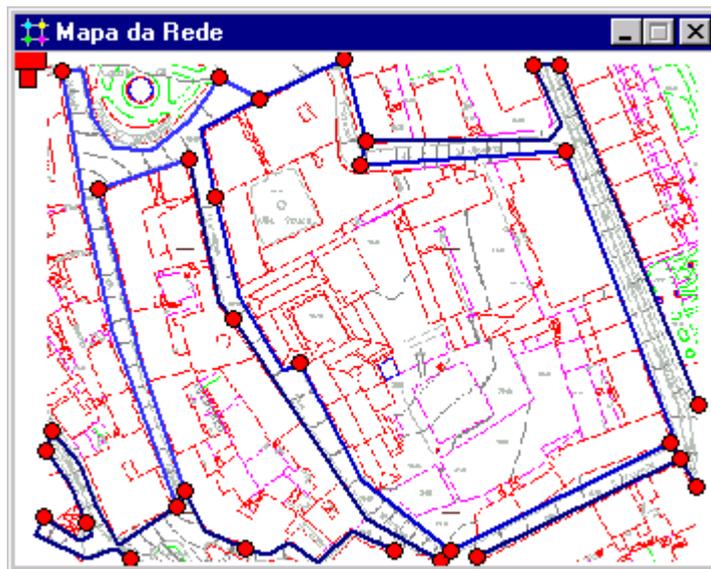
<i>Item</i>	<i>Descrição</i>
Coordenadas do Canto Inferior Esquerdo	Coordenadas X e Y do canto inferior esquerdo do mapa.
Coordenadas do Canto Superior Direito	Coordenadas X e Y do canto superior direito do mapa.
Unidades do Mapa	Unidades utilizadas para medir distâncias no mapa. As opções são Pés, Metros, Graus e Nenhum ( <i>i.e.</i> , unidades arbitrárias).

**Nota:** Se pretende utilizar uma imagem de fundo do mapa, com a opção de cálculo automático do comprimento das tubagens activada, é recomendável que configure as dimensões do mapa imediatamente após criação de um novo projecto. As unidades de comprimento do mapa podem ser diferentes das unidades de comprimento das tubagens. Estas últimas (metros ou pés) dependem das unidades adoptadas para o caudal (*i.e.*, unidades do Sistema Internacional (SI) ou unidades do

Sistema Americano, US). O EPANET converte automaticamente as unidades, se for necessário.

### 7.3 Utilizar uma Imagem de Fundo do Mapa

O EPANET permite que seja mostrada uma imagem de fundo do mapa, a qual é colocada sob o traçado da rede. A imagem de fundo pode ser um mapa de ruas, de serviços, um plano de urbanização ou outro tipo de figura ou desenho que possa ser útil. Por exemplo, a utilização de um mapa de ruas simplificaria o processo de adição de tubagens à rede, uma vez que bastaria apenas digitalizar os nós e troços da rede directamente sobre aquela imagem de fundo.



A imagem de fundo deve estar contida num ficheiro do tipo *metafile* ou *bitmap* do *Windows*, criado externamente ao EPANET. Uma vez importada, as suas características não podem ser editadas, embora a sua escala e extensão variem à medida que a janela do mapa é redimensionada e movimentada. Por esta razão, trabalhos em ficheiros *metafile* são preferíveis aos do tipo *bitmap*, uma vez que não perdem a resolução quando são redimensionados. A maioria dos programas CAD e GIS permitem que os seus desenhos e mapas sejam gravados como ficheiros *metafile*.

Seleccionando **Ver >> Imagem de Fundo**, a partir da Barra de Menus Principal, será mostrado um submenu com os seguintes comandos:

- Carregar (carrega um ficheiro de imagem de fundo do mapa para o projecto)
- Descarregar (descarrega a imagem de fundo do mapa a partir do projecto)
- Alinhar (alinha a rede com a imagem de fundo)
- Mostrar/Ocultar (activa/desactiva a visualização da imagem de fundo)

Quando carregada pela primeira vez, a imagem de fundo é colocada com o respectivo canto superior esquerdo coincidente com o canto superior esquerdo da fronteira da rede. A imagem de Fundo pode ser reposicionada relativamente ao Mapa da Rede seleccionando **Ver >> Imagem de Fundo >> Alinhar**. Isto permite que o traçado da rede seja movido através da imagem de Fundo (movimentando o rato com o botão esquerdo pressionado), até que aquele esteja adequadamente alinhado com a imagem de fundo. O nome do ficheiro da imagem de fundo e o seu alinhamento actual são guardados juntamente com os restantes dados do projecto, sempre que o projecto é guardado para um ficheiro.

Para a obtenção de melhores resultados na utilização de uma imagem de fundo:

- Utilize um ficheiro do tipo *metafile* e não *bitmap*.
- Dimensione o Mapa da Rede de modo a que o respectivo rectângulo de fronteira tenha a mesma relação proporcional (razão entre a largura e a altura) que a imagem de fundo.

## 7.4 Aumentar/Diminuir o Tamanho do Mapa

Para Aumentar o tamanho do mapa:

1. Selecione **Ver >> Aumentar** ou clique  na Barra de Ferramentas do Mapa.
2. Para aumentar para 100%, mova o rato para o centro da área de ampliação e clique com o botão esquerdo.
3. Para realizar uma ampliação personalizada, mova o rato para o canto superior esquerdo da área a ampliar e, com o botão esquerdo do rato pressionado, desenhe um rectângulo à volta da área pretendida. Em seguida, liberte o botão esquerdo do rato.

Para Diminuir o tamanho do mapa:

1. Selecione **Ver >> Diminuir** ou clique  na Barra de Ferramentas do Mapa.
2. Mova o rato para o centro da nova área pretendida e clique com o botão esquerdo do rato .
3. O mapa retornará ao nível de ampliação anterior.

## 7.5 Mover o Mapa

Para mover o mapa através da janela do Mapa:

1. Selecione **Ver >> Mover** ou clique  na Barra de Ferramentas do Mapa.
2. Com o botão esquerdo do rato pressionado sobre qualquer ponto do mapa, arraste o rato na direcção que pretende mover o mapa.
3. Liberte o botão do rato para terminar o movimento do mapa.

Para mover utilizando a opção Vista Panorâmica (a qual é descrita na secção 7.8 abaixo):

1. Se não estiver já visível, edite a opção Vista Panorâmica seleccionando **Ver >> Vista Panorâmica**.
2. Posicione o rato no interior da janela de ampliação (assinalada com rectângulo) na Vista Panorâmica.
3. Com o botão esquerdo do rato pressionado, arraste a janela de ampliação para uma nova posição.
4. Liberte o botão e o mapa principal será movido para uma área correspondente àquela que é visível na janela de ampliação da Vista Panorâmica.

Nota: Esta opção apenas é possível quando o mapa da rede se encontra ampliado.

## 7.6 Localizar um Objecto

Para Localizar um nó ou troço no mapa cujo Rótulo de ID é conhecido:

1. Selecione **Ver >> Localizar** ou clique  na Barra de Ferramentas Principal.
2. Na caixa de diálogo de Localização no Mapa que é mostrada, selecione **Nó** ou **Troço** e introduza um rótulo de ID.
3. Clique no botão **Localizar**.

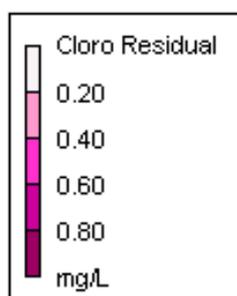
Se o nó/troço existir este é realçado no mapa e na janela de Procura. Se o mapa estiver actualmente ampliado e se o nó/troço se encontrar fora do limites da vista corrente, o mapa será movido de modo a que o nó/troço sejam visíveis. A caixa de diálogo de Localização no Mapa também listará os rótulos de ID dos troços que ligam ao nó encontrado ou os nós adjacentes ao troço encontrado.

Para Localizar uma lista de todos os nós que servem de origens de qualidade da água:

1. Selecione **Ver >> Localizar** ou clique  na Barra de Ferramentas Principal.
2. Na caixa de diálogo de Localização no Mapa que é mostrada, selecione **Origens**.
3. Clique **Localizar**.

Os Rótulos de ID de todos os nós de origem de qualidade da água serão listados na caixa de diálogo de Localização. Fazendo clique num rótulo de ID qualquer, o respectivo nó será realçado no mapa.

## 7.7 Legendas do Mapa



Existem três tipos de legendas do mapa que podem ser visualizadas. As Legendas dos Nós e Troços associam uma cor a um intervalo de valores para o(s) parâmetro(s) actualmente visíveis no mapa. A Legenda do Tempo mostra um relógio com o instante do período de simulação a ser visualizado actualmente. Para mostrar ou ocultar qualquer uma destas legendas, active ou desactive a legenda que pretende, a partir do menu **Ver >> Legendas** ou clique com o botão direito do rato e faça o mesmo a partir do menu instantâneo que é mostrado. Fazendo duplo clique sobre uma legenda activa permite também ocultá-la.

Para mover uma legenda para outra localização no mapa:

1. Pressione o botão esquerdo do rato sobre a legenda.
2. Com o botão esquerdo do rato pressionado, arraste a legenda para a sua nova localização e liberte o botão.

Para editar a Legenda dos Nós:

1. Selecione **Ver >> Legendas >> Modificar >> Nó** ou clique com o botão direito do rato sobre a legenda se esta estiver visível.
2. Utilize a Caixa de diálogo de Editor de Legenda que é mostrada (ver Figura 7.2) para modificar as cores da legenda e os respectivos intervalos.

Um método similar é utilizado para editar a Legenda dos Troços.

O Editor de Legenda (Figura 7.2) é utilizado para definir intervalos de valores, aos quais são associados diferentes cores, para visualização de um parâmetro particular no mapa da rede. Este Editor funciona do seguinte modo:

- Valores numéricos, por ordem crescente, são introduzidos nas caixas de edição para definir os intervalos de valores. Não é necessário que as quatro caixas tenham valores.
- Para mudar uma cor, clique na respectiva banda de cor no Editor de Legenda e, a seguir, selecione uma nova cor a partir da Caixa de diálogo de Cores que será mostrada.
- Clique no botão Intervalos Iguais para estabelecer intervalos de valores, baseados na divisão da gama de valores que o parâmetro assume em intervalos iguais, para o período de simulação corrente.
- Clique no botão Quantis Iguais para estabelecer intervalos de valores, de modo a que exista o mesmo número de objectos em cada intervalo, baseados nos valores que existem no período de simulação corrente.
- O botão Rampa de Cores é utilizado para seleccionar a partir de uma lista de esquemas de cor o padrão de cores pretendido.

- O botão Inverter Cores inverte a ordem corrente das cores (i.e., a cor do intervalo inferior passa a ser a cor do intervalo superior e, assim, sucessivamente).
- Selecione a opção Limite se pretender traçar uma linha à volta da legenda.



**Figura 7.2** Caixa de Diálogo do Editor de Legenda

## 7.8 Vista Panorâmica



A janela de Vista Panorâmica permite-lhe saber que parte da rede, em termos do sistema global, se encontra o actualmente visível na janela do mapa da rede. Esta área ampliada é assinalada por um rectângulo de fronteira que é mostrado na janela de Vista Panorâmica. À medida que arrasta este rectângulo para outra posição, a área visível na janela do mapa da rede também será actualizada. A Vista Panorâmica também pode ser activada/desactivada seleccionando **Ver >> Vista Panorâmica**. Fazendo clique com o botão do rato sobre a barra do título pode actualizar a imagem do mapa para combinar com o Mapa da Rede.

## 7.9 Opções de Visualização do Mapa

Existem diversas formas de editar a caixa de diálogo de Opções do Mapa (Figura 7.3) utilizada para alterar a aparência do mapa da Rede:

- seleccione Ver >> Opções,
- clique no botão de Opções  na Barra de Ferramentas Principal quando a janela do Mapa recebe o foco,
- clique com o botão direito do rato em qualquer região vazia do mapa e seleccione Opções a partir do menu instantâneo que é mostrado.



**Figura 7.3** Caixa de Diálogo de Opções do Mapa

A caixa de diálogo contém uma página separada, seleccionada a partir do painel do lado esquerdo da caixa, para cada uma das seguintes categorias de opções de visualização:

- Nós (controla o tamanho dos nós e permite que o tamanho seja proporcional ao valor)
- Troços (controla a espessura dos troços e permite que esta seja proporcional ao valor)
- Rótulos (activa/desactiva a opção de visualização dos rótulos no mapa)
- Notação (mostra ou oculta os rótulos de ID dos nós/troços e os respectivos valores dos parâmetros seleccionados)
- Símbolos (activa/desactiva a opção de visualização de símbolos de reservatórios, bomba, válvula, etc.)
- Setas de Escoamento (activa/desactiva a opção de visualização e selecciona o estilo das setas de sentido do escoamento)
- Fundo do Mapa (altera a cor do fundo do mapa)

#### Opções dos Nós

A página de Nós na caixa de diálogo de Opções do Mapa controla o modo como os nós são visualizados no Mapa da Rede.

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Tamanho do Nó	Selecciona o diâmetro do nó
Proporcional ao Valor	Selecione se o tamanho do nó deve aumentar à medida que o valor do parâmetro a visualizar aumenta

Mostrar Limite	Seleccione se uma linha de limite deve ser desenhada à volta de cada nó (recomendada para cores claras do fundo do mapa)
Mostrar Nós	Mostra os nós (todos os nós serão ocultados a não ser que esta opção seja seleccionada).

### Opções dos troços

A página de Troços na caixa de diálogo de Opções do Mapa controla o modo como os troços são visualizados no Mapa da Rede.

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Espessura do Troço	Configura a espessura dos troços mostrados no mapa
Proporcional ao Valor	Seleccione se a espessura do troço deve aumentar à medida que o valor do parâmetro a visualizar aumenta

### Opções dos Rótulos

A página de Rótulos na caixa de diálogo de Opções do Mapa controla o modo como os rótulos são visualizados no Mapa da Rede.

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Mostrar Rótulos	Mostra os rótulos do mapa (todos os rótulos serão ocultados a não ser que esta opção seja seleccionada)
Utilizar como Texto Transparente	Mostra o rótulo com um fundo transparente (caso contrário, um fundo opaco é utilizado)
Ao nível de Ampliação	Selecciona o nível mínimo de ampliação para o qual os rótulos devem ser mostrados; os rótulos serão ocultados para níveis de ampliação inferiores, a não ser que sejam rótulos do tipo medidor

### Opções de Notação

A página de Notação da caixa de diálogo de Opções do Mapa determina o tipo de informação que é fornecida junto dos nós e troços no mapa.

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Mostrar IDs dos Nós	Mostra os rótulos de ID dos nós
Mostrar Valores nos Nós	Mostra os valores correntes do parâmetro a visualizar nos nós
Mostrar IDs dos Troços	Mostra os rótulos de ID dos troços
Mostrar Valores nos Troços	Mostra os valores correntes do parâmetro a visualizar nos troços
Utilizar como Texto Transparente	Mostra o texto com um fundo transparente (caso contrário, um fundo opaco é utilizado)

Ao nível de Ampliação	Selecciona o nível mínimo de ampliação para o qual a notação deve ser mostrada; toda a notação será ocultada para níveis de ampliação inferiores
-----------------------	--

**Nota:** Para que os valores do parâmetro actualmente seleccionado sejam visíveis apenas em nós e troços específicos, é necessário criar Rótulos no Mapa do tipo medidor para esses objectos. Ver as secções 6.2 e 6.4 assim como a Tabela 6.7.

### Opções de Símbolos

A página de Símbolos da caixa de diálogo de Opções do Mapa determina que tipo de objectos são representados com símbolos especiais no mapa.

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Mostrar Reservatórios	Mostra os símbolos de reservatório
Mostrar Bombas	Mostra o símbolo de bomba
Mostrar Válvulas	Mostra o símbolo de válvula
Mostrar Dispositivos Emissores	Mostra o símbolo de dispositivo emissor
Mostrar Origens	Mostra o símbolo + para origens de qualidade da água
Ao nível de Ampliação	Selecciona o nível mínimo de ampliação para o qual os símbolos devem ser mostrados; os símbolos serão ocultados para níveis de ampliação inferiores

### Opções de Setas de Escoamento

A página de Setas do Escoamento na caixa de diálogo de Opções do Mapa controla o modo como as setas de sentido do escoamento são mostradas no mapa da rede.

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Estilo da Seta	Selecciona o estilo (forma) da seta a mostrar (selecione Nenhum para ocultar as setas)
Tamanho da Seta	Configura o tamanho da seta
Ao nível de Ampliação	Selecciona o nível mínimo de ampliação para o qual as setas devem ser mostradas; as setas serão ocultadas para níveis de ampliação inferiores

**Nota:** As setas de sentido do escoamento serão apenas mostradas após a simulação ter sido executada com sucesso (ver Secção 8.2 - Executar Simulação)

### Opções de Fundo do Mapa

A página de Fundo do Mapa da caixa de diálogo de Opções do Mapa permite seleccionar a cor a utilizar para preencher o fundo do mapa.

## CAPÍTULO 8 - SIMULAÇÃO DE UMA REDE

---

*Depois de uma rede ter sido apropriadamente descrita, pode simular-se o seu comportamento hidráulico e de qualidade da água. Este capítulo descreve como especificar as opções a utilizar na simulação, como executar a simulação e como eliminar os problemas que podem ter ocorrido na simulação.*

### 8.1 Configurar as Opções de Simulação

Existem cinco categorias de opções que controlam o modo como o EPANET simula uma rede: Hidráulica, Qualidade, Reacções, Tempos e Energia. Para configurar qualquer uma destas opções:

1. Selecione a categoria de Opções, a partir da página de Dados da janela de Procura, ou selecione **Projecto >> Opções de Simulação** a partir da Barra de Menus Principal.
2. Selecione Hidráulica, Qualidade, Reacções, Tempos ou Energia a partir da janela de Procura.
3. Se a janela do Editor de Propriedades não estiver já visível, clique no botão Editar da janela de Procura  (ou pressione a tecla **Enter**).
4. Edite as suas opções de escolha na janela do Editor de Propriedades.

À medida que está a editar uma categoria de opções na janela do Editor de Propriedades, pode mover deslocar-se para a categoria seguinte ou para a categoria anterior pressionando as teclas de direcção **Down** ou **Up** do teclado, respectivamente.

#### Opções de Hidráulica

As opções de Hidráulica controlam o modo como o cálculo hidráulico da rede é efectuado. Estas consistem nos seguintes itens:

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Unidades de Caudal	Unidades em que o consumo nos nós e o caudal nos troços são expressos. Seleccionando as unidades em litros ou metros cúbicos, por unidade de tempo, implica que todas as outras grandezas sejam expressas em unidades SI. Seleccionando galões, pé cúbico ou acre-pé implica que todas as grandezas da rede sejam expressas em unidades do Sistema Americano (US). Utilize com cuidado a opção de alteração das Unidades de Caudal, pois, pode afectar todos os restantes dados fornecidos ao projecto. (ver Anexo A - Unidades de Medida.)
Fórmula de Perda de Carga	Fórmula utilizada para calcular a perda de carga em função do caudal numa tubagem. As opções são: <ul style="list-style-type: none"><li>• Hazen-Williams</li><li>• Darcy-Weisbach</li><li>• Chezy-Manning</li></ul> Um vez que cada fórmula mede a rugosidade da tubagem de

---

	modo diferente, a alteração de fórmulas pode implicar que todos os coeficientes das fórmulas de perda de carga nas tubagens tenham que ser actualizados.
Densidade Relativa	Razão entre a densidade do fluido a ser modelado e a densidade da água a 4° C (adimensional).
Viscosidade Relativa	Razão entre a viscosidade cinemática do fluido e a viscosidade da água a 20°C (1.01x10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s, 1.01 centistokes, 0.94 ft <sup>2</sup> /dia) (adimensional).
Nº Máximo de Iterações	Número máximo de iterações utilizadas para resolver as equações não lineares de cálculo hidráulico da rede num determinado instante da simulação. Sugere-se o valor de 40 iterações.
Erro Máximo de Convergência	Erro de convergência utilizado para indicar quando é que foi encontrada uma solução para as equações de equilíbrio hidráulico. As iterações terminam quando a soma de todos os incrementos de caudal a dividir pela soma do caudal em todos os troços for inferior a este valor. Sugere-se o valor de 0.001.
Se não Convergir	Acção a ser tomada se não for encontrada uma solução hidráulica com o número máximo de iterações adoptado. As opções são STOP para parar a simulação nesse ponto ou CONTINUAR para resolver novamente as equações não lineares utilizando mais 10 iterações, sem permitir alterações de estado dos troços, com o objectivo de atingir a convergência do método.
Padrão por Defeito	Rótulo de ID de um padrão temporal a ser aplicado aos consumos nos nós quando não é especificado um padrão temporal. Se não existir qualquer padrão, os consumos não irão variar nesses pontos da rede.
Factor de Consumo	Factor multiplicativo global a ser aplicado a todos os consumos para fazer com que o consumo total do sistema varie relativamente a um valor fixo. Por exemplo, o valor 2.0 dobra todos os consumos, 0.5 diminui para metade e 1.0 mantém os consumos inalterados.
Expoente do Emissor	Expoente da pressão quando se calcula o caudal através de um dispositivo emissor. O valor recomendado na bibliografia para agulhetas e aspersores é ½. Este pode não ser aplicável a perdas na tubagem. Consulte o tema Dispositivos Emissores na secção 3.1 para mais detalhes.
Relatório de Estado	Tipo de informação a relatar sobre a simulação após esta ter sido executada. As opções são: <ul style="list-style-type: none"> <li>• NENHUM (sem relatório de estado)</li> <li>• SIM (relatório de estado normal – lista todas as alterações de estado dos troços ao longo da simulação)</li> <li>• COMPLETO (relatório completo – relatório normal mais o erro de convergência em cada iteração na simulação hidráulica, em cada instante de tempo)</li> </ul>

---

O relatório de estado completo é apenas útil para detectar erros.

**Nota:** As propriedades de Opções de Hidráulica também podem ser configuradas a partir do menu **Projecto >> Valores por defeito** e guardadas para utilização em projectos futuros (ver secção 5.2).

## Opções de Qualidade da Água

As opções de Qualidade da Água controlam o modo como a simulação de qualidade da água é efectuada. Estas são constituídas pelos seguintes itens:

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Parâmetro	<p>Tipo de parâmetro de qualidade da água a ser modelado. As opções incluem:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• NENHUM (inexistência de simulação de qualidade da água),</li><li>• QUÍMICO (calcula a concentração química),</li><li>• IDADE (calcula a idade da água na rede),</li><li>• RASTREIO DE ORIGEM (faz um rastreio da percentagem de caudal proveniente de um nó específico).</li></ul> <p>Em vez de QUÍMICO, pode introduzir o nome corrente do químico a ser modelado (p.ex., cloro).</p>
Unidades de Massa	<p>Unidades utilizadas para expressar a concentração. As opções são mg/L ou µg/L. As unidades para simulações de Idade e de Rastreio são fixadas em horas e percentagem, respectivamente.</p>
Difusão Relativa	<p>Razão entre a difusão molecular do químico a ser modelado e a do cloro a 20 °C (0.000104 m<sup>2</sup>/dia ou 0.00112 ft<sup>2</sup>/dia). Utilize 2 se o químico se difundir duas vezes mais rapidamente que o cloro, 0.5 se a rapidez de difusão for metade da do cloro, etc. Aplica-se apenas quando se modelam transferências de massa para reacções na parede. Atribua o valor zero para ignorar efeitos de transferência de massa.</p>
Nó a Rastrear	<p>Rótulo de ID do nó cujo caudal está a ser rastreado. Aplica-se apenas a simulações de rastreio do caudal.</p>
Tolerância de Qualidade	<p>Menor variação de qualidade da água que fará com um novo segmento seja criado numa tubagem para a modelação de qualidade da água. Um valor típico pode ser 0.01 para espécies químicas medidas em mg/l, assim como para a idade da água e rastreio de origem.</p>

**Nota:** A Tolerância de Qualidade determina quando é que a qualidade de um segmento é basicamente igual à de outro segmento. Para simulações de espécies químicas, este parâmetro pode constituir o limite de detecção do procedimento para medir a concentração, ajustado por um factor de segurança apropriado. Utilizando valores de tolerância muito elevados pode afectar a exactidão da simulação. Utilizando um valor muito baixo pode afectar a eficiência computacional. Recomenda-se, assim, que seja efectuada uma análise de sensibilidade a este parâmetro.

## Opções de Reacção

As Opções de Reacção configuram o tipo de reacções que se aplicam a uma simulação de qualidade da água. Estas são constituídas pelos seguintes itens:

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Ordem da Reacção no Seio do Escoamento	Expoente da concentração quando se calcula a taxa de reacção instantânea no seio do escoamento. Utilize 1 para reacções de primeira ordem, 2 para reacções de segunda ordem, etc. Utilize qualquer número negativo para cinéticas de Michaelis-Menton. Se não tiver sido atribuído nenhum coeficiente de reacção no seio do escoamento, quer ao nível de uma tubagem específica quer ao nível global, esta opção é ignorada.
Ordem da Reacção na parede	Expoente da concentração quando se calcula a taxa de reacção instantânea na parede. As opções são Primeira (1) para reacções de primeira ordem ou Zero (0) para taxas de reacção constantes. Se não tiver sido atribuído nenhum coeficiente de reacção na parede, quer ao nível de uma tubagem específica quer ao nível global, esta opção é ignorada.
Coefficiente de Reacção no Seio do Escoamento	Valor por defeito do coeficiente de reacção no seio do escoamento ( $K_b$ ) atribuído a todas as tubagens. Este coeficiente global pode ser substituído editando esta propriedade para tubagens específicas. Utilize um número positivo para crescimento, um número negativo para decaimento ou 0 se não ocorrer qualquer reacção no seio do escoamento. Tem unidades de concentração elevada ao expoente (1-n) a dividir pelo tempo, onde n é ordem da reacção no seio do escoamento.
Coefficiente de Reacção na Parede	Valor por defeito do coeficiente de reacção na parede ( $K_w$ ) atribuído a todas as tubagens. Pode ser substituído editando esta propriedade para tubagens específicas. Utilize um número positivo para crescimento, um número negativo para decaimento ou 0 se não ocorrer qualquer reacção na parede. É expresso em unidades de Massa/Área/Tempo (p.ex., kg/m <sup>2</sup> /dia (SI) ou kg/ft <sup>2</sup> /dia (US)) para reacções de ordem zero ou em unidades de Comprimento/Tempo (p.ex., m/dia (SI) ou ft/dia (US)) para reacções de primeira ordem.
Concentração-limite	Máxima concentração que uma substância pode atingir em reacções de crescimento ou mínima concentração em reacções de decaimento. Os coeficientes de reacção no seio do escoamento serão proporcionais à diferença entre este valor e a concentração corrente. Consulte a secção 3.4 - Reacções no Seio do Escoamento para mais detalhes. Atribua o valor zero se não for aplicável.
Coefficiente de Depedência com a Rugosidade	Factor que relaciona o coeficiente de reacção na parede com o coeficiente de rugosidade da fórmula de perda de carga. Consulte a secção 4.3 - Reacções na Parede da Tubagem para mais detalhes. Atribua o valor zero se não for aplicável.

## Opções de Tempo

As opções de Tempo configuram os valores para os vários passos de tempo utilizados numa simulação dinâmica. Estas encontram-se listadas abaixo (as opções de tempo podem ser introduzidas em notação decimal ou em notação horas: minutos):

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Duração Total da Simulação	Tempo total de simulação em horas. Utilize 0 para executar uma simulação estática de hidráulica (simulação instantânea).
Passo de cálculo Hidráulico	Intervalo de tempo entre cálculos hidráulicos do sistema. O valor usual por defeito é 1 hora.
Passo de Cálculo de Qualidade da Água	Intervalo de tempo entre o cálculo do percurso do constituinte de qualidade da água. O valor usual por defeito é 5 minutos (0:05 horas).
Passo de Tempo do Padrão	Intervalo de tempo utilizado em todos os padrões temporais. O valor usual por defeito é 1 hora.
Tempo de Início do Padrão	Horas, para todos os padrões temporais, em que a simulação começa (p.ex., o valor 2 significa que a simulação é iniciada com todos os padrões temporais a começar na sua segunda hora). O valor usual por defeito é 0.
Passo de Tempo do Relatório	Intervalo de tempo entre instantes de registo dos resultados da simulação para o relatório. O valor usual por defeito é 1 hora.
Tempo de Início do Relatório	Hora da simulação em que os resultados começam a ser escritos no relatório. O valor usual por defeito é 0.
Tempo de Início da Simulação	Instante do dia (p.ex., 7:30 am, 10:00 pm) em que a simulação começa. O valor por defeito é 12:00 am (meia-noite).
Estatística	<p>Tipo de processamento estatístico utilizado para sintetizar os resultados de uma simulação dinâmica num relatório. As opções são:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• NENHUM (são registados os resultados em cada passo de tempo do relatório)</li><li>• MÉDIA (registo dos valores médios de cálculo)</li><li>• MÍNIMO (registo dos valores mínimos de cálculo)</li><li>• MÁXIMO (registo dos valores máximos de cálculo)</li><li>• AMPLITUDE (registo da diferença entre os valores máximos e mínimos de cálculo)</li></ul> <p>O processamento estatístico é aplicável aos resultados de todos os nós e troços obtidos para os instantes compreendidos entre Tempo de Início do Relatório e a Duração Total da Simulação.</p>

**Nota:** Para executar uma simulação hidráulica estática (também designada por simulação instantânea) introduza 0 no campo Duração Total da Simulação. Neste caso, as opções de tempo, com excepção da opção Tempo Início da Simulação, não são usadas. As simulações de qualidade da água requerem sempre que seja especificado um valor diferente de zero para a opção Duração Total da Simulação.

## Opções de Energia

As opções de Energia fornecem valores por defeito que são utilizados para calcular a energia de bombeamento e o respectivo custo para todas as bombas às quais não tenham sido atribuídos valores específicos estes parâmetros, pelo que constituem valores globais. Estas opções são compostas pelos seguintes itens:

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Rendimento de Bombeamento (%)	Valor por defeito do rendimento do grupo electrobomba.
Preço do kWh	Preço de energia por kilowatt - hora. As unidades monetárias não estão representadas explicitamente.
Padrão de Preço	Rótulo de ID de um padrão temporal utilizado para representar a variação do preço de energia com o tempo. Deixe o campo em branco se não for aplicável.
Tarifa de Consumo Máximo <sup>23</sup>	Carga energética adicional por kilowatt máximo de utilização.

## 8.2 Executar uma Simulação

Para executar uma simulação hidráulica/qualidade da água:

1. Seleccione **Projecto >> Executar Simulação** ou clique  na Barra de Ferramentas Principal.
2. O progresso da simulação será mostrado na janela de Estado da Simulação.
3. Clique **OK** quando a simulação terminar.

Se a simulação for executada com sucesso, o ícone  aparecerá na secção de Estado da Simulação da Barra de Estado, no fundo do ambiente de trabalho do EPANET. Qualquer erro ou mensagem de aviso aparecerá na janela do Relatório de Estado. Se alterar as propriedades da rede após uma simulação ter sido executada com sucesso, o ícone da torneira é substituído por uma torneira partida, indicando que os resultados de cálculo correntes deixaram de ser aplicáveis às alterações efectuadas na rede.

## 8.3 Eliminar Erros dos Resultados de Simulação

O EPANET emitirá mensagens de Erro e de Aviso específicas quando são identificados problemas na execução da simulação hidráulica/qualidade da água (ver Anexo B para uma descrição completa das mensagens de erro). Os problemas mais comuns são apresentados abaixo.

<sup>23</sup> Custo associado à máxima potência utilizada por período de tempo de utilização.

## A Bomba não Consegue Bombear Caudal ou Fornecer Energia

O EPANET emitirá uma mensagem de aviso quando uma bomba for solicitada para operar fora do intervalo de valores da curva da bomba. Se a bomba for solicitada para fornecer uma altura de elevação, superior à altura correspondente a caudal nulo, o EPANET desliga a bomba. Esta situação pode conduzir a que troços da rede fiquem isolados de uma origem de água.

## A Rede está Desligada

O EPANET classifica uma rede como estando desligada se não existir possibilidade de fornecer água a todos os nós com consumo. Isto pode ocorrer se não existir qualquer caminho composto por troços abertos entre um nó com consumo e um reservatório de nível fixo, um reservatório de nível variável ou um nó com consumo negativo. Se o problema for causado por um troço fechado, o EPANET continuará a calcular a solução hidráulica (provavelmente com pressões negativas muito elevadas) e tentando identificar o problema do troço no Relatório de Estado. Se não existir um troço de ligação, o EPANET não consegue resolver as equações de equilíbrio hidráulico, para calcular o caudal e a pressão, e emitirá a mensagem de erro 110 quando a simulação é efectuada. Durante uma simulação dinâmica é possível que determinados nós fiquem isolados à medida que o estado de certos troços é alterado ao longo do tempo.

## Ocorrência de Pressões Negativas

O EPANET emitirá uma mensagem de aviso quando são detectadas pressões negativas nos nós que têm consumo positivo. Este facto indica usualmente que existe algum problema relacionado com o modo como a rede foi concebida ou como esta se encontra a funcionar. Pressões negativas podem ocorrer quando partes da rede recebem caudal apenas através de troços que tenham sido fechados. Nestes casos, uma mensagem de aviso adicional informando que a rede se encontra desligada, também é emitida.

## Equilíbrio Não Atingido

Uma condição de “Equilíbrio Não Atingido” pode ocorrer quando o EPANET não consegue convergir para uma solução hidráulica num determinado passo de cálculo, com o número máximo de iterações fixado. Esta situação pode ocorrer quando válvulas, bombas ou tubagens alteram sucessivamente o seu estado entre iterações, à medida que o procedimento de cálculo para encontrar uma solução hidráulica avança. Por exemplo, os limites de pressão que controlam o estado de uma bomba podem ter sido estabelecidos dentro de uma pequena gama de valores. A curva da bomba pode também apresentar um intervalo de variação da altura de elevação pequeno (*i.e.*, uma curva da bomba muito achatada), o que faz com que esta a bomba seja continuamente ligada/desligada.

Para eliminar a condição de “Equilíbrio não Atingido” pode tentar aumentar o número máximo de iterações permitido ou o erro máximo de convergência admitido. Ambas as opções apresentadas podem ser configuradas na caixa de diálogo de Opções de Hidráulica, a partir da página de Dados da janela de Procura. Se a condição de “Equilíbrio não Atingido” persistir, uma outra opção

de hidráulica, rotulada por “Se não Convergir”, fornece duas possibilidades para contornar o problema. Uma consiste em terminar a simulação quando a condição de for encontrada. A outra consiste em continuar a procurar uma solução hidráulica, efectuando mais 10 iterações, com o estado de todos os troços congelado com os valores correntes. Se a convergência for atingida é emitida uma mensagem de aviso sobre a possibilidade do sistema ser instável. Se a convergência não for atingida, uma mensagem de aviso “Equilíbrio não Atingido” será emitida. Em qualquer caso, a simulação prossegue para o passo de cálculo seguinte.

Se uma simulação, num determinado passo de cálculo, termina com a mensagem “Equilíbrio não Atingido”, o utilizador deverá reconhecer que os resultados da simulação hidráulica para este passo de cálculo não são exactos. Dependendo das circunstâncias, erros nos caudais afluentes ou efluentes de reservatórios de armazenamento, por exemplo, podem afectar também a exactidão dos resultados em todos os passos de cálculo seguintes.

#### **Não foi Possível Resolver as Equações de Hidráulica**

O Erro 110 é emitido se, num determinado instante da simulação, o conjunto das equações que modelam a distribuição de caudais e fazem o balanço de energia na rede não poderem ser resolvidas. Esta situação pode ocorrer quando uma parte dos consumos de água no sistema não possuir quaisquer ligações físicas a uma origem de qualidade da água. Neste caso, o EPANET também emitirá mensagens de aviso sobre os nós que se encontrem desactivados. As equações também podem ser irresolúveis se forem utilizados números irrealistas em determinadas propriedades dos objectos da rede.

## CAPÍTULO 9 - VISUALIZAÇÃO DE RESULTADOS

---

*Este capítulo descreve as diferentes opções disponíveis para visualização dos dados da rede e dos resultados da simulação. Estas opções incluem diferentes vistas do mapa, gráficos, tabelas e relatórios específicos.*

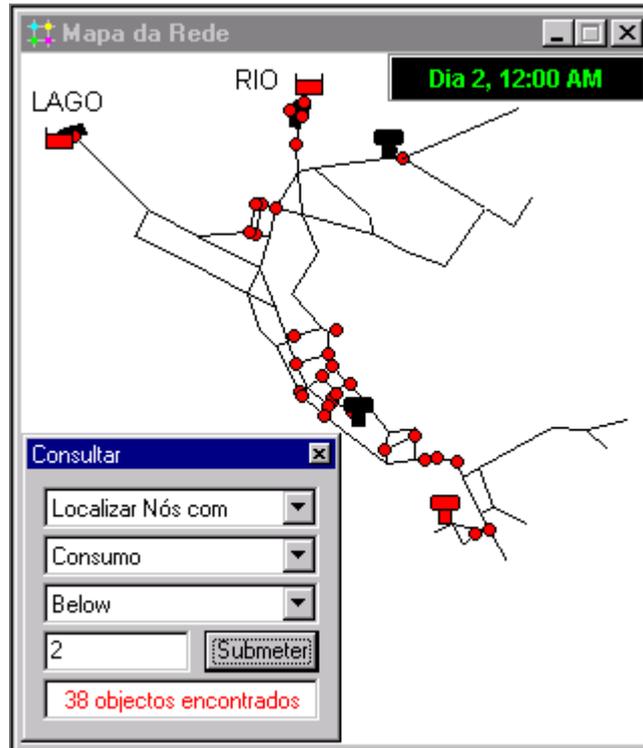
### 9.1 Ver Resultados no Mapa

Existem diferentes opções de visualização dos dados e dos resultados da simulação directamente no Mapa da Rede:

- Para os parâmetros actualmente seleccionados na página do Mapa da janela de Procura (ver secção 4.7), os nós e troços no mapa serão coloridos de acordo com o código de cores utilizado nas Legendas do Mapa (ver secção 7.7). As cores no mapa serão actualizadas à medida que um novo instante de tempo é seleccionado na janela de Procura.
- Quando a opção de Identificação Automática da página Geral da caixa de diálogo de Preferências está seleccionada (ver secção 4.9), o deslocamento do rato sobre qualquer nó ou troço permitirá mostrar o respectivo o rótulo de ID e o valor do parâmetro correntemente seleccionado para esse nó ou troço numa caixa do tipo rótulo.
- Os rótulos de ID e os valores do(s) parâmetro(s) actualmente seleccionado(s) podem ser mostrados junto a todos os nós e/ou troços seleccionando a opção apropriada na página de Notação da caixa de diálogo de Opções do Mapa (ver secção 7.9).
- Nós ou troços sujeitos a um critério específico podem ser identificados submetendo uma Consulta no Mapa (ver abaixo).
- Pode animar a visualização dos resultados no mapa da rede, quer progressivamente quer regressivamente no tempo, utilizando os botões de Animação da página do Mapa da janela de Procura. A animação apenas é possível quando os valores do parâmetro do nó ou troço a visualizar resultarem da simulação (p.ex., o caudal nos troços pode ser animado, mas o diâmetro não).
- O mapa pode ser impresso, copiado para o *Clipboard* do *Windows* ou guardado como ficheiro de texto legível (extensão .map), ficheiro DXF ou *metafile* do *Windows*.

#### Submeter uma Consulta no Mapa

Uma Consulta no Mapa permite identificar os nós ou troços na rede que satisfazem um determinado critério específico (p.ex., nós com pressão inferior a 10 m c.a, troços com velocidade superior a 0.6 m/s, etc.). Consulte a Figura 9.1 como exemplo de uma consulta no mapa. Para submeter uma consulta no mapa:



**Figura 9.1** Resultados de uma Consulta no Mapa

1. Seleccione o instante de tempo em que pretende fazer a consulta no mapa a partir da página do Mapa da janela de Procura.
2. Seleccione **Ver >> Consultar** ou clique  na Barra de Ferramentas do Mapa.
3. Preencha a seguinte informação nos campos da caixa de diálogo de Consulta que é mostrada:
  - Seleccione se pretende fazer a consulta por Nós ou Troços
  - Seleccione o parâmetro a comparar
  - Seleccione **Acima**, **Abaixo**, ou **Igual**
  - Introduza um valor para comparar
4. Clique no botão **Submeter**. Os objectos que satisfaçam o critério estabelecido serão realçados no mapa.
5. À medida que um novo instante de tempo é seleccionado na janela de Procura, os resultados da consulta são automaticamente actualizados.
6. Pode submeter outra consulta utilizando a caixa de diálogo ou fechá-la, fazendo clique no botão no canto superior direito.

Após a caixa de diálogo de Consulta ser fechada, o mapa retornará ao modo de visualização original.

## 9.2 Ver Resultados através de Gráficos

Os resultados, assim como os parâmetros de simulação, podem ser visualizados utilizando diferentes tipos de gráficos. Os gráficos podem ser impressos, copiados para o *Clipboard* do *Windows* ou guardados como ficheiro de dados ou como *metafile* do *Windows*. Os seguintes tipos de gráficos podem ser utilizados para visualizar os valores do parâmetro seleccionado (ver Figura 9.2 para cada exemplo):

<i>Tipo de Gráfico</i>	<i>Descrição</i>	<i>Aplicável a</i>
Gráfico de uma Série Temporal	Representa os valores de um parâmetro em função do tempo	Nós ou Troços específicos em todos os instantes de tempo
Gráfico de Perfil	Representa os valores de um parâmetro em função da distância	Uma lista de nós num instante de tempo específico
Gráfico de Isolinhas	Mostra o mapa segundo zonas onde os valores de um parâmetro se inserem em intervalos específicos	Todos os nós num instante de tempo específico
Gráfico de Frequências	Representa os valores de um parâmetro em função da fracção de objectos que se encontra abaixo de um determinado valor	Todos os nós ou troços num instante de tempo específico
Gráfico de Balanço de Caudais	Representa o caudal total produzido e consumido em função do tempo	Caudal fornecido e consumido para todos os nós, ao longo de todos os instantes de tempo

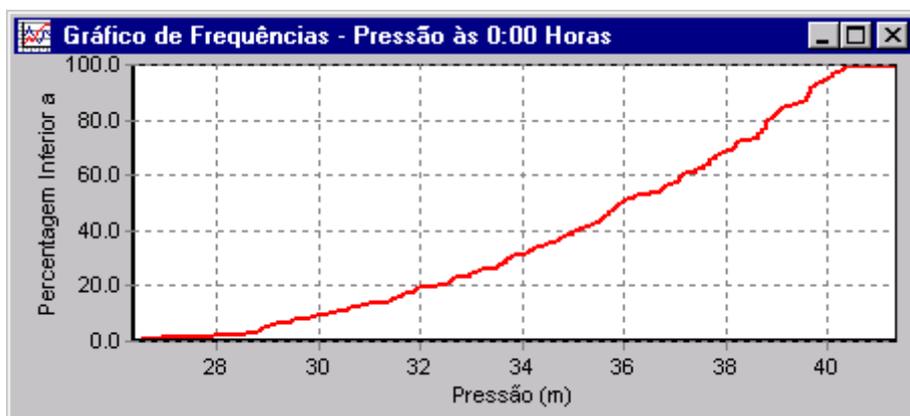
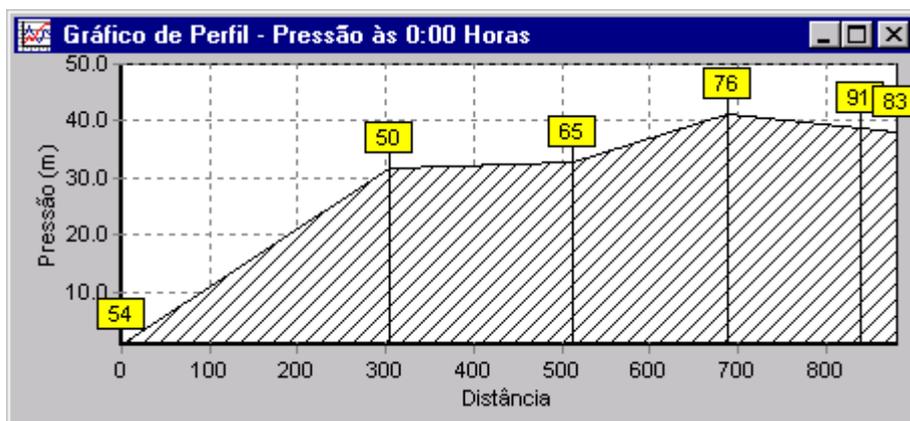
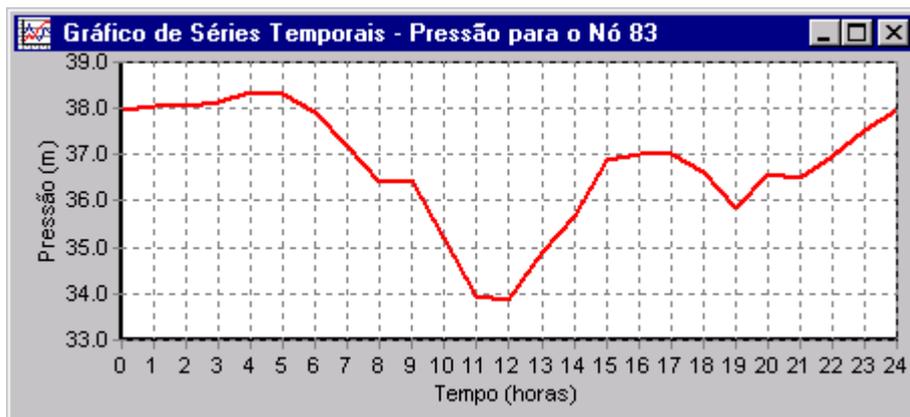
**Nota:** Quando um único nó ou troço é representado num Gráfico de uma Série Temporal, este mostrará também quaisquer dados de medições contidos num Ficheiro de Calibração que tenha sido registado com o projecto (ver secção 5.3).

Para criar um gráfico:

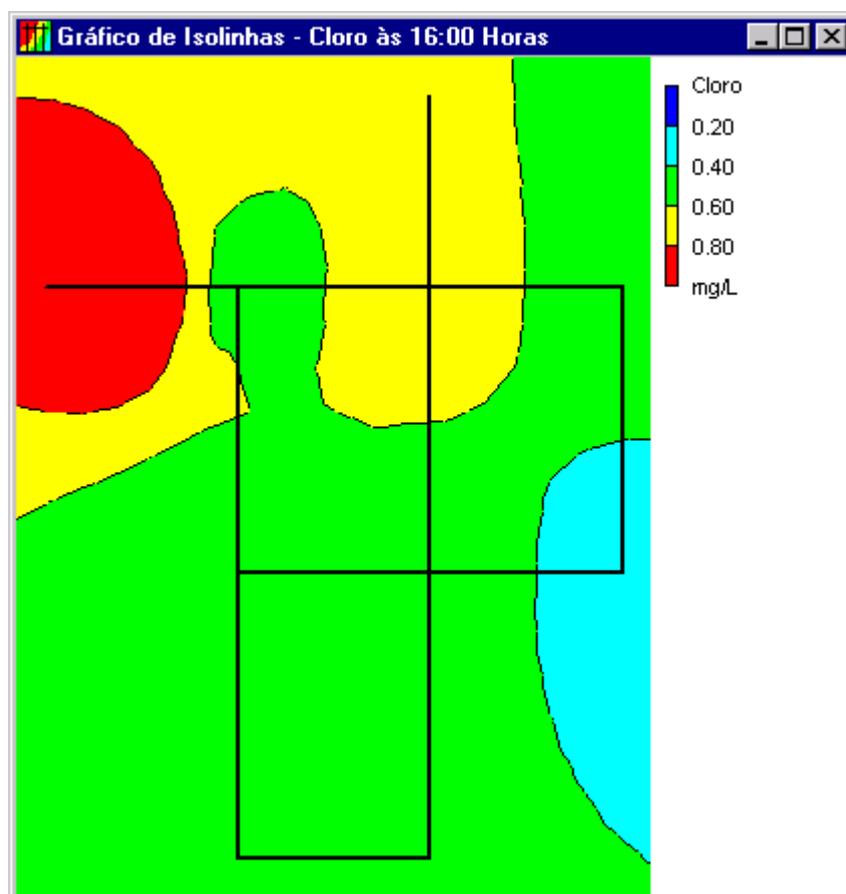
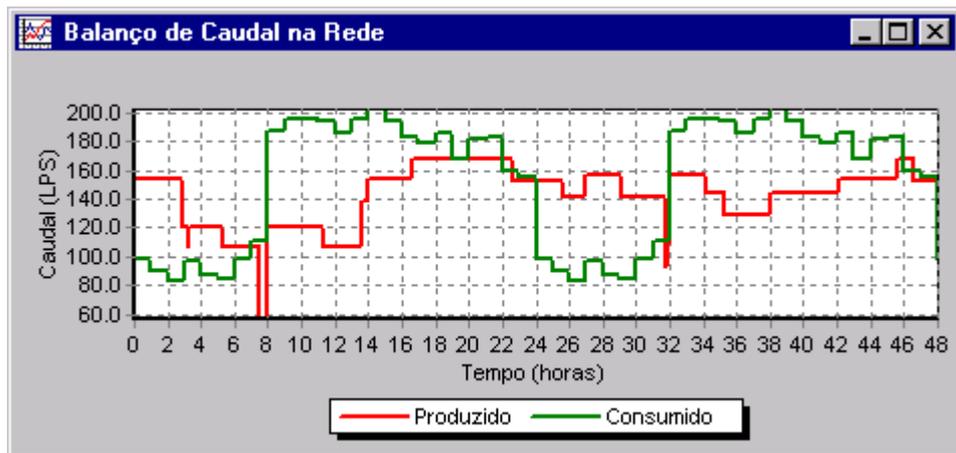
1. Selecione **Relatório >> Gráfico** ou clique  na Barra de Ferramentas Principal.
2. Selecione as opções a partir da caixa de diálogo de Selecção de Gráfico que é mostrada.
3. Clique no botão **OK** para criar o gráfico.

A caixa de diálogo de Selecção de Gráfico, tal como se mostra na Figura 9.3, é utilizada para seleccionar o tipo de gráfico e as respectivas opções de visualização. Esta caixa de diálogo é composta pelas seguintes opções:

<i>Item</i>	<i>Descrição</i>
Tipo de Gráfico	Selecciona o tipo de gráfico
Parâmetro	Selecciona um parâmetro a representar
Tempo	Selecciona um instante de tempo a representar (não é aplicável a Gráficos de Séries Temporais ou de Balanço de Caudais)
Tipo de Objecto	Selecciona Nós ou Troços (apenas os nós podem ser representados nos gráficos de Perfil e de Isolinhas)
Objectos a Representar	Selecciona os objectos a representar (aplicável apenas a gráficos de Séries Temporais e de Perfil)



**Figura 9.2** Exemplos dos Diferentes Tipos de Gráficos



**Figura 9.2** Continuação da Página Anterior



**Figura 9.3** Caixa de Diálogo de Seleção de Gráfico

Os gráficos do tipo Série Temporal e Perfil requerem que seja seleccionado um ou mais objectos para representação. Para seleccionar os objectos a representar a partir da caixa de Diálogo de Seleção de Gráfico:

1. Selecciona o objecto (nó ou troço) a partir da janela do Mapa da Rede ou da página de Dados da janela de Procura. (A caixa de diálogo de Seleção de Gráfico manter-se-á visível durante este processo).
2. Clique no botão **Adicionar** na caixa de diálogo de Seleção de Gráfico para adicionar o item seleccionado à lista.

Em substituição do Passo 2, pode arrastar o rótulo do objecto a partir da página de Dados da janela de Procura para a lista contida na caixa de Objectos a Representar.

Os outros botões da caixa de diálogo de Seleção de Gráfico desempenham as seguintes funções:

<i>Botão</i>	<i>Função</i>
Carregar (apenas para o Gráfico de Perfil)	Carrega uma lista de nós previamente guardada
Guardar (apenas para o Gráfico de Perfil)	Grava a lista corrente de nós para um ficheiro
Apagar	Apaga o item seleccionado da lista
Mover p/ Cima	Desloca o item seleccionado para uma posição acima na lista
Mover p/ Baixo	Desloca o item seleccionado para uma posição abaixo na lista

Para personalizar a aparência de um gráfico:

1. Active a janela do gráfico (clique na barra de título).
2. Selecione **Relatório >> Opções** ou clique com o botão direito do rato sobre o gráfico.
3. Para um gráfico de uma Série Temporal, de Perfil, de Frequências ou de Balanço de Caudais utilize a caixa de diálogo de Opções do Gráfico (Figura 9.4) para personalizar a sua aparência.
4. Para um gráfico de Isolinhas, utilize a caixa de diálogo de Opções de Isolinhas que é mostrada quando faz um clique com o botão direito do rato sobre este tipo de gráfico, para personalizar a sua aparência.

**Nota:** Um gráfico de uma série Temporal, de Perfil ou de Frequências pode ser ampliado/diminuído se mantiver pressionada a tecla **Ctrl** enquanto desenha um rectângulo sobre a zona do gráfico a ampliar com o botão esquerdo do rato pressionado. Desenhando o rectângulo da esquerda para a direita amplia o gráfico, desenhando da direita para a esquerda diminui o grau de ampliação. O gráfico também pode ser movido em qualquer direcção mantendo pressionada a tecla **Ctrl** e deslocando o rato sobre o gráfico com o botão direito do rato pressionado.

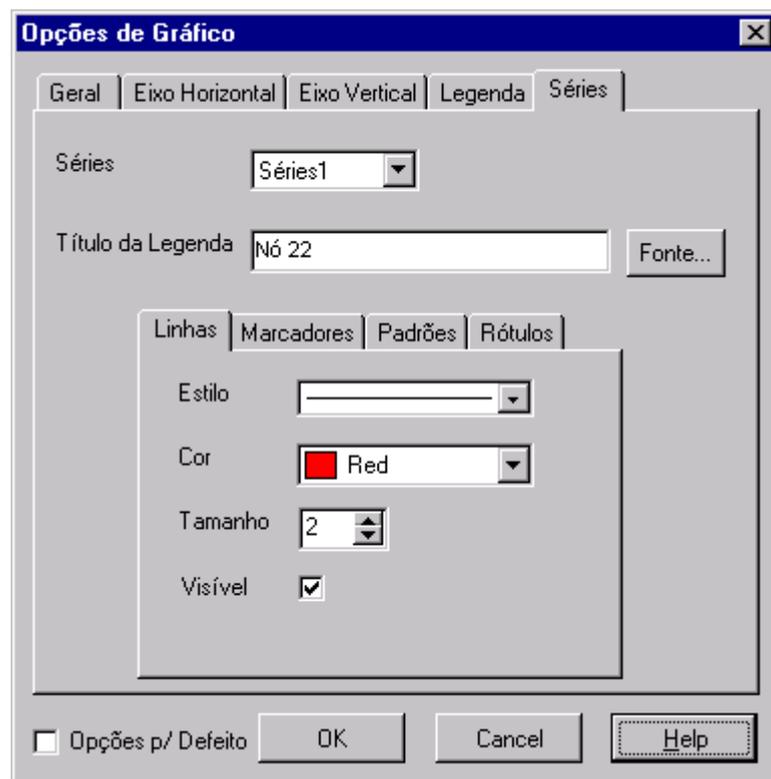
A Caixa de diálogo de Opções de Gráfico (Figura 9.4) é utilizada para personalizar a aparência de um gráfico X-Y. Para utilizar a caixa de diálogo:

1. Selecione a partir das cinco páginas disponíveis as seguintes categorias de opções:
  - Geral
  - Eixo Horizontal
  - Eixo Vertical
  - Legenda
  - Séries
2. Verifique a caixa de **Opções por Defeito**, se pretender utilizar as propriedades correntes como opções por defeito para todos os novos gráficos.
3. Selecione o botão **OK** para confirmar as escolhas efectuadas.

Os itens contidos em cada página da caixa de diálogo de Opções do Gráfico são os seguintes:

## Página Geral

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Cor do Painel	Cor do painel que rodeia a área de representação do gráfico.
Cor de Fundo	Cor da área de representação do gráfico.
Vista a 3D	Activa/desactiva a opção de visualização do gráfico a 3D.
Percentagem de Efeito 3D	Percentagem de efeito 3D na qual o gráfico é desenhado.
Título Principal	Texto do título principal do gráfico.
Fonte	Altera o tipo de letra utilizado no título principal.



**Figura 9.4** Caixa de Diálogo de Opções de gráfico

## Páginas dos Eixos Horizontal e Vertical

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Mínimo	Configura o valor mínimo no eixo (o valor mínimo dos dados é mostrado entre parêntesis). Pode ser deixada em branco.
Máximo	Configura o valor máximo no eixo (o valor máximo dos dados é mostrado entre parêntesis). Pode ser deixada em branco.
Incremento	Configura o incremento entre os rótulos do eixo. Pode ser deixada em branco.
Escala Automática	Se activada, os valores dos parâmetros Mínimo, Máximo e Incremento serão ignorados.

Linhas de grelha	Selecciona o tipo de linha de grelha a desenhar.
Título do Eixo	Texto do título do eixo.
Fonte	Clique para seleccionar o tipo de letra a utilizar no texto do título do eixo.

#### Página da Legenda

<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Posição	Selecciona onde colocar a legenda.
Cor	Selecciona a cor a utilizar para o fundo da legenda.
Largura do Símbolo	Selecciona a largura (em pixeis) do símbolo na legenda.
Limite	Coloca uma linha de limite à volta da legenda.
Visível	Permite que a legenda seja visualizada.

#### Página de Séries

A página de Séries (ver Figura 9.4) da caixa de diálogo de Opções de Gráfico controla o modo como as séries de dados (ou curvas) são representadas no gráfico. Para utilizar esta página:

- Selecione a série de dados que pretende personalizar a partir da *combo box* de Séries.
- Edite o título utilizado para identificar estas séries na legenda.
- Clique no botão de Fonte para modificar o tipo de letra utilizado na legenda. (As restantes propriedades da legenda são seleccionadas a partir da página de Legenda da caixa de diálogo.)
- Selecione uma propriedade da série de dados que pretendia alterar. As opções são:
  - Linhas
  - Marcadores
  - Padrões
  - Rótulos

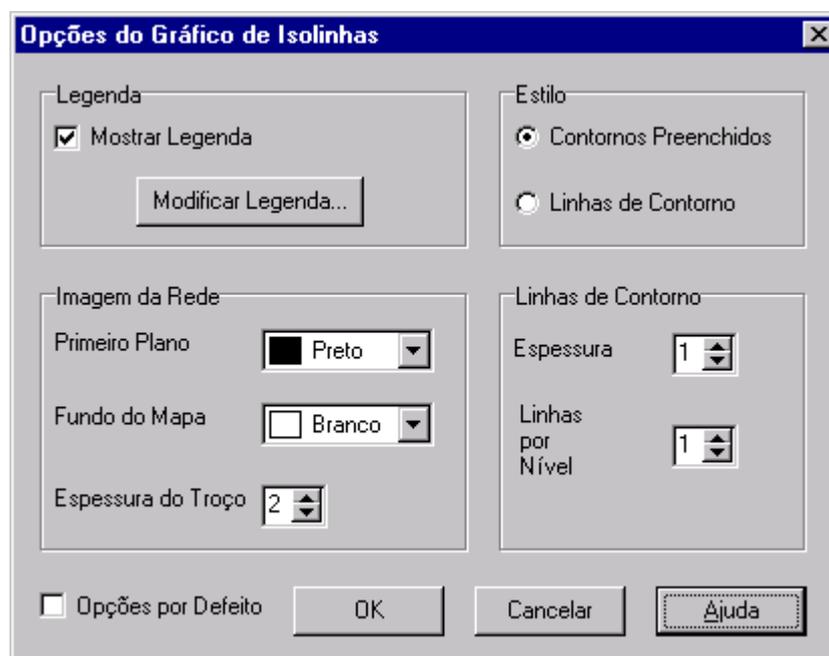
(Nem todas as propriedades estão disponíveis para alguns tipos de gráficos.)

As propriedades das séries de dados que podem ser modificadas são as seguintes:

<i>Categoria</i>	<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
Linhas	Estilo	Selecciona o estilo da linha.
	Cor	Selecciona a cor da linha.
	Tamanho	Selecciona a espessura da linha (apenas para o estilo de linha sólida).
	Visível	Determina se a linha está visível.

Marcadores	Estilo	Selecciona o estilo do marcador.
	Cor	Selecciona a cor do marcador.
	Tamanho	Selecciona o tamanho do marcador.
	Visível	Determina se o marcador está visível.
Padrões	Estilo	Selecciona o estilo do padrão.
	Cor	Selecciona a cor do padrão.
	Empilhamento	Não é utilizado com o EPANET.
Rótulos	Estilo	Selecciona o tipo de informação que é mostrada no rótulo.
	Cor	Selecciona a cor do fundo do rótulo.
	Transparente	Determina se o gráfico mostra os rótulos em texto transparente ou não.
	Mostrar Setas	Determina se são mostradas setas num gráfico circular.
	Visível	Determina se os rótulos estão visíveis ou não.

A caixa de diálogo de Opções de Isolinhhas (Figura 9.5) é utilizada para personalizar a aparência do gráfico de isolinhhas. A descrição de cada opção é fornecida abaixo:



**Figura 9.5** Caixa de Diálogo de Opções do Gráfico de Isolinhhas

<i>Categoria</i>	<i>Opção</i>	<i>Descrição</i>
<i>Legenda</i>	Mostrar a legenda	Activa/desactiva a opção de visualização da legenda
	Modificar a legenda	Altera as cores e os intervalos entre isolinhas
<i>Imagem de fundo da rede</i>	Primeiro Plano	Cor da imagem da rede que é mostrada no gráfico
	Fundo do Mapa	Cor de fundo utilizada no gráfico de isolinhas
	Espessura do Troço	Espessura das linhas utilizadas para representar a rede
<i>Estilo</i>	Contornos Preenchidos	O gráfico é representado por zonas coloridas que preenchem as áreas entre linhas de contornos
	Linhas de contorno	O gráfico utiliza apenas linhas de contorno coloridas
<i>Linhas de Contorno</i>	Espessura	Espessura das linhas utilizadas para representar os intervalos de valores
	Linhas por Nível	Número de subcontornos por cada linha de contorno principal
<i>Opções por Defeito</i>		Guarda as escolhas efectuadas como opções por defeito para o próximo gráfico de Isolinhas

### 9.3 Ver Resultados através de Tabelas

O EPANET permite que visualize os dados e os resultados da simulação seleccionados num formato de tabela:

- Uma Tabela da Rede lista as propriedades e os resultados para todos os nós ou troços num instante de tempo específico.
- Uma Tabela de uma Série Temporal lista as propriedades e os resultados para um nó ou troço específico em todos os instantes de tempo durante a simulação.

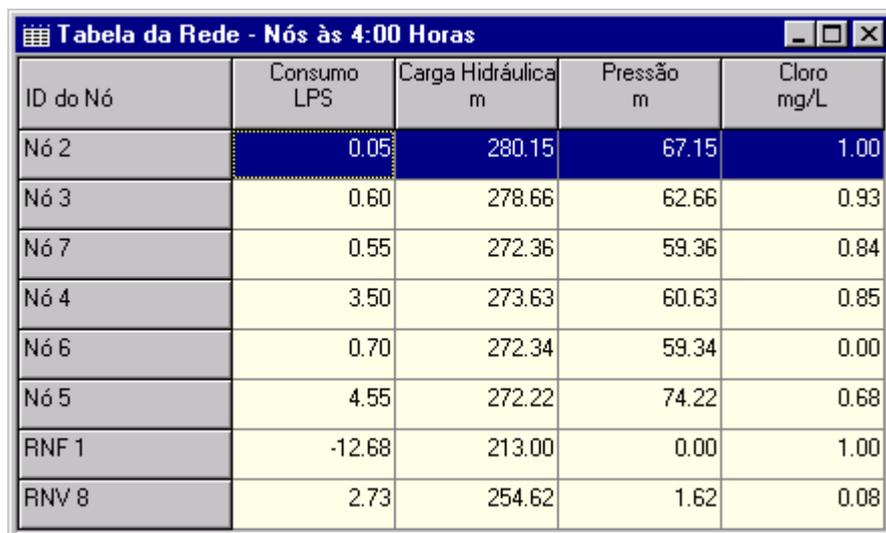
As tabelas podem ser impressas, copiadas para o *clipboard* do *Windows* ou guardadas para um ficheiro. Um exemplo de uma tabela é mostrado na Figura 9.6.

Para criar uma Tabela:

1. Selecciona **Projecto >> Tabela** ou clique  na Barra de Ferramentas Principal.

2. Utilize a caixa de diálogo de Opções de Tabela que é mostrada para seleccionar:

- o tipo de tabela
- os parâmetros a listar em cada coluna
- qualquer filtro a aplicar aos dados a representar



ID do Nó	Consumo LPS	Carga Hidráulica m	Pressão m	Cloro mg/L
Nó 2	0.05	280.15	67.15	1.00
Nó 3	0.60	278.66	62.66	0.93
Nó 7	0.55	272.36	59.36	0.84
Nó 4	3.50	273.63	60.63	0.85
Nó 6	0.70	272.34	59.34	0.00
Nó 5	4.55	272.22	74.22	0.68
RNF 1	-12.68	213.00	0.00	1.00
RNV 8	2.73	254.62	1.62	0.08

**Figura 9.6** Exemplo de uma Tabela de Nós na Rede

A Caixa de diálogo de Opções de Tabela é composta por três páginas, tal como se mostra na Figura 9.7. As três páginas encontram-se disponíveis quando uma tabela é criada pela primeira vez. Após a tabela ter sido criada, apenas as páginas de Colunas e Filtros serão mostradas. Apresentam-se, a seguir, as opções disponíveis em cada página:



The dialog box 'Seleção de Tabela' has three tabs: 'Tipo', 'Colunas', and 'Filtros'. The 'Tipo' tab is active. It contains the following options:

- Radio button selected: **Nós da Rede às** (with a dropdown menu showing '0:00 Horas')
- Radio button unselected: **Troços da Rede às**
- Radio button unselected: **Séries temporais para o nó** (with a text input field containing '10')
- Radio button unselected: **Séries temporais para o troço**

Buttons at the bottom: OK, Cancelar, Ajuda.

**Figura 9.7** Caixa de Diálogo de Seleção de Tabela

## Página de Tipo

A página de Tipo da caixa de diálogo de Opções de Tabela é utilizada para seleccionar o tipo de tabela. As opções são:

- Todos os nós da rede num instante de tempo específico
- Todos os troços da rede num instante de tempo específico
- Todos os instantes para um nó específico
- Todos os instantes para um troço específico

Os campos de dados estão disponíveis para seleccionar o instante de tempo ou o nó/troço para o qual a tabela é aplicável.

## Página de Colunas

A página de Colunas da caixa de diálogo de Opções de Tabela (Figura 9.8) permite seleccionar o(s) parâmetro(s), cujos respectivos valores se pretendem representar segundo colunas na tabela.

- Clique na *checkbox* junto ao nome de cada parâmetro que pretender incluir na tabela ou, se o item já estiver seleccionado, clique na *checkbox* para desactivar a selecção. (As teclas de direcção *Up* e *Down* do teclado podem ser utilizadas para se mover entre o nome dos parâmetros e a tecla *Spacebar* para activar/desactivar a selecção de um parâmetro).
- Para ordenar uma tabela da rede em relação aos valores de um parâmetro específico, seleccione o parâmetro a partir da lista e verifique a caixa **Ordenada por**. (O parâmetro de ordenação não tem que ser seleccionado como uma das colunas da tabela.) As tabelas de Séries Temporais não podem ser ordenadas.



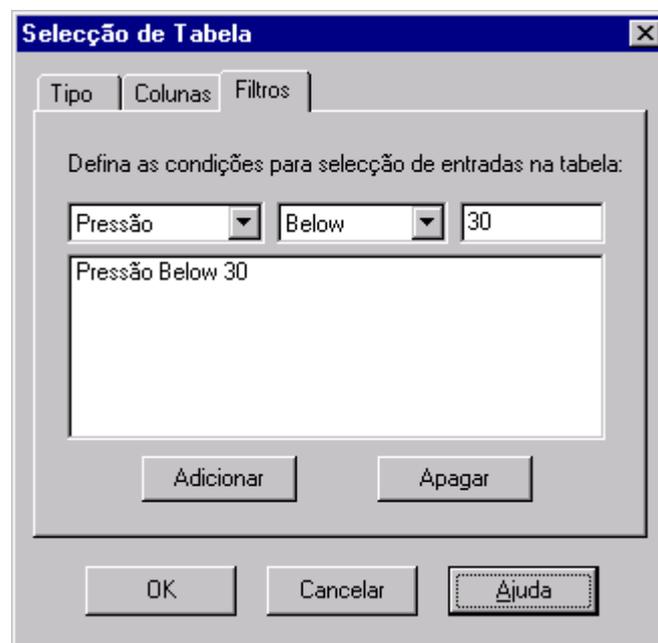
**Figura 9.8** Página de Colunas da Caixa de Diálogo de Seleção de Tabela

## Página de Filtros

A página de Filtros da caixa de diálogo de Opções de Tabela (Figura 9.9) é utilizada para definir as condições para a selecção dos itens que são mostrados na tabela. Para filtrar os conteúdo de uma tabela:

- Utilize os controlos no topo da página para criar uma condição (p.ex., Pressão Abaixo de 20).
- Clique no botão **Adicionar** para acrescentar a condição à lista.
- Use o botão **Apagar** para remover a condição seleccionada da lista.

As múltiplas condições utilizadas para filtrar a tabela são ligadas por AND's. Se a tabela for filtrada, um painel ajustável aparecerá no fundo da tabela da rede indicando o número de itens que satisfizeram as condições estabelecidas.



**Figura 9.9** Página de Filtros da Caixa de Diálogo de Seleção de Tabela

Uma vez criada a tabela, pode adicionar/apagar colunas, ordenar ou filtrar os dados:

- Selecciona **Relatório >> Opções** ou clique com o botão direito do rato sobre a tabela.
- Utilize a página de Colunas ou de Filtros da caixa de diálogo de Opções de Tabela para modificar a tabela.

## 9.4 Ver Relatórios Específicos

Adicionalmente aos gráficos e tabelas, o EPANET dispõe de um conjunto de relatórios especializados. Estes relatórios encontram-se divididos nas seguintes categorias:

- Relatório de Estado
- Relatório de Energia
- Relatório de Calibração
- Relatório de Reacção
- Relatório Completo

Todos estes relatórios podem ser impressos, copiados para um ficheiro ou para o *clipboard* do *Windows* (o Relatório Completo apenas pode ser guardado para um ficheiro.)

### Relatório de Estado

O EPANET escreve todos os erros e mensagens de aviso geradas durante uma simulação para um Relatório de Estado (ver Figura 9.10). Informação adicional sobre quando foi alterado o estado do objectos também pode ser escrita para este relatório, se a opção de Relatório de Estado, acedida a partir das Opções de Hidráulica no menu Projecto, estiver configurada como Sim ou Completo. Para visualizar o relatório de estado da simulação mais recente, seleccione **Relatório >> Estado** a partir da barra de menus principal.



**Figura 9.10** Excerto de um Relatório de Estado

### Relatório de Energia

O EPANET pode gerar um Relatório de Energia que mostra as estatísticas sobre a energia consumida por cada bomba e o respectivo custo associado ao longo de uma simulação (ver Figura 9.11). Para criar um Relatório de Energia, seleccione **Relatório >> Energia** a partir da barra de menus principal. A caixa de diálogo do relatório é composta por duas páginas. A primeira mostra a energia utilizada pela(s) bomba(s) num formato de tabela. A segunda faz uma

comparação estatística, para o parâmetro energético seleccionado, dos valores obtidos para a(s) bomba(s) da rede, utilizando um gráfico de barras.

Bomba	Percentagem Utilização	Rendimento Médio	kWh /US Mgal	kW Médio	kW Máximo	Custo /dia
10	58.33	75.00	313.57	62.06	62.76	0.00
335	28.74	75.00	394.08	309.38	310.79	0.00
Custo Total						0.00
Tarifa de Consumo Máximo						0.00

**Figura 9.11** Exemplo de um Relatório de Energia

### Relatório de Calibração

Um Relatório de Calibração permite mostrar a qualidade do ajuste entre os resultados da simulação e os dados de medições de campo no sistema a ser modelado. Para criar um Relatório de Calibração:

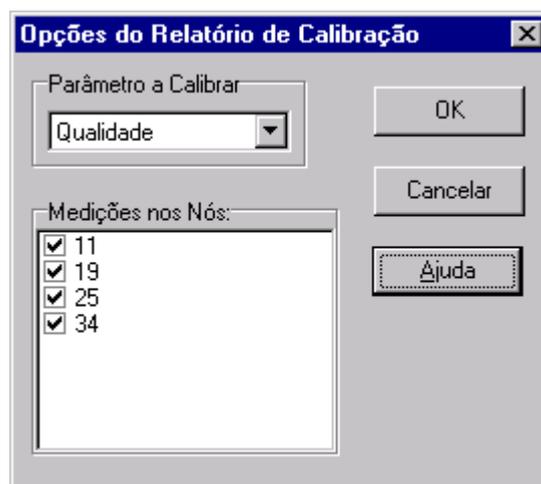
1. Em primeiro lugar, verifique se os Dados de Calibração, para o parâmetro a ser calibrado, foram registados com o projecto (ver secção 5.3).
2. Seccione **Relatório >> Calibração** a partir da barra de menus principal.
3. Na caixa de diálogo de Opções do Relatório de Calibração que é mostrada (ver Figura 9.12)
  - seleccione o parâmetro a calibrar
  - seleccione as localizações com medições a utilizar no relatório.
4. Clique no botão **OK** para criar o relatório.

Após o relatório ter sido criado, a caixa de diálogo de Opções do Relatório de Calibração pode ser novamente editada, para alterar as opções do relatório, seleccionando **Relatório >> Opções** quando a janela do relatório estiver activa no ambiente de trabalho do EPANET.

Um exemplo de um Relatório de Calibração é mostrado na Figura 9.13. Este é composto por três páginas: Estatísticas, Gráfico de Correlação e Comparação de Valores Médios.

#### Página de Estatísticas

A página de Estatísticas de um Relatório de Calibração lista os vários erros estatísticos entre os valores de simulação e os dados de medições, em cada localização. Se um valor medido numa dada localização for amostrado num instante compreendido entre intervalos do relatório, o valor simulado para esse instante de amostragem é determinado por interpolação entre os valores simulados em cada um dos intervalos do relatório.



**Figura 9.12** Caixa de diálogo de Opções do Relatório de Calibração

Localização	Num Obs	Méd Obs	Méd Sim	Erro Méd	Desv Pad
11	19	0.49	0.44	0.064	0.103
19	20	0.75	0.54	0.254	0.378
25	20	0.75	0.68	0.085	0.147
34	19	0.92	0.95	0.103	0.179
Rede	78	0.73	0.65	0.128	0.229

Correlação entre Valores Médios: 0.895

**Figura 9.13** Exemplo de um Relatório de Calibração

Os elementos estatísticos listados para cada local de medição são:

- Número de Observações
- Média dos Valores Observados
- Média dos Valores Simulados
- Erro médio absoluto entre cada valor observado e simulado - desvio absoluto médio em relação ao valor simulado
- Raiz quadrada da média dos quadrados dos erros (raiz quadrada da média dos quadrados dos erros entre os valores observados e simulados - desvio padrão em relação aos valores simulados).

Estes resultados estatísticos são fornecidos à rede como um todo (*i.e.*, todas as medições e erros da modelação são representados conjuntamente). Também é possível listar a correlação entre valores médios (coeficiente de correlação entre o valor médio observado e o valor médio simulado em cada localização).

### Página do Gráfico de Correlação

A página do Gráfico de Correlação de um Relatório de Calibração mostra um gráfico de coordenadas X-Y com os valores observados e simulados para cada medição efectuada em cada localização. Cada localização é assinalada com um cor diferente no gráfico. Quanto mais próximos estiverem os pontos da linha a 45° do gráfico, melhor é o ajustamento entre os valores observados e simulados.

### Página de Comparação de Valores Médios

A Página de Comparação de Valores Médios de um Relatório de Calibração mostra um gráfico de barras que compara o valor médio observado com o valor médio simulado para o parâmetro a calibrar em cada localização onde a medição foi efectuada.

### Relatório de Reacção

Um Relatório de Reacção, disponível quando se modela o destino de um constituinte reactivo de qualidade da água, representa graficamente as taxas de reacção globais que ocorrem através da rede nos seguintes locais:

- no seio do escoamento
- na parede da tubagem
- no interior dos reservatórios de nível variável.

Um gráfico circular mostra a percentagem da taxa de reacção global que ocorre em cada localização. A legenda do gráfico mostra as taxas médias em unidades de massa por dia. Uma nota de pé de página no gráfico mostra a massa total no sistema por unidade de tempo.

A informação fornecida pelo Relatório de Reacção permite mostrar, em primeira aproximação, que mecanismo é responsável pelo crescimento ou decaimento de uma substância na rede. Por exemplo, se for observado que a maior parte do decaimento do cloro no sistema ocorre nos reservatórios de nível variável e não nas paredes da tubagem, pode inferir que uma estratégia correctiva baseada na limpeza e remoção de tubagens terá um efeito reduzido no aumento do cloro residual ao longo do sistema.

A caixa de diálogo de Opções de Gráfico pode ser chamada para modificar a aparência do gráfico circular seleccionando **Relatório >> Opções** ou fazendo clique com o botão direito do rato em qualquer local sobre o gráfico.

### Relatório Completo

Quando o ícone  aparece na secção de Estado da Simulação da Barra de Estado, um relatório dos resultados da simulação para todos os nós, troços e instantes de tempo pode ser guardado para um ficheiro, seleccionando **Completo** a partir do menu **Relatório**. Este relatório, o qual pode ser

visualizado ou impresso externamente ao EPANET utilizando qualquer editor de texto, contém a seguinte informação:

- título do projecto e notas
- uma tabela com a lista dos nós inicial e final, comprimento e diâmetro para cada troço
- uma tabela com uma lista estatística da utilização de energia para cada bomba
- um par de tabelas para cada instante de tempo com a lista dos valores simulados para cada nó (consumo, carga hidráulica, altura piezométrica e qualidade) e cada troço (caudal, velocidade, perda de carga e estado).

Esta possibilidade do EPANET é útil para documentar os resultados finais da análise de uma rede de dimensões pequenas a moderadas (ficheiros de relatórios completos para redes de grandes dimensões, ao longo de vários instantes de tempo, podem facilmente ocupar vários *megabytes* de memória em disco). O EPANET disponibiliza outras ferramentas, as quais são descritas neste capítulo, para visualizar os resultados da simulação de modo mais selectivo.

(Página em branco)

## CAPÍTULO 10 - IMPRIMIR E COPIAR DADOS

---

*Este capítulo descreve como imprimir, copiar para o clipboard do Windows ou copiar para um ficheiro o conteúdo da janela que se encontra correntemente activa no ambiente de trabalho do EPANET. A janela activa pode incluir o mapa da rede, um gráfico, uma tabela, um relatório ou as propriedades de um objecto seleccionado a partir da janela de Procura.*

### 10.1 Seleccionar uma Impressora

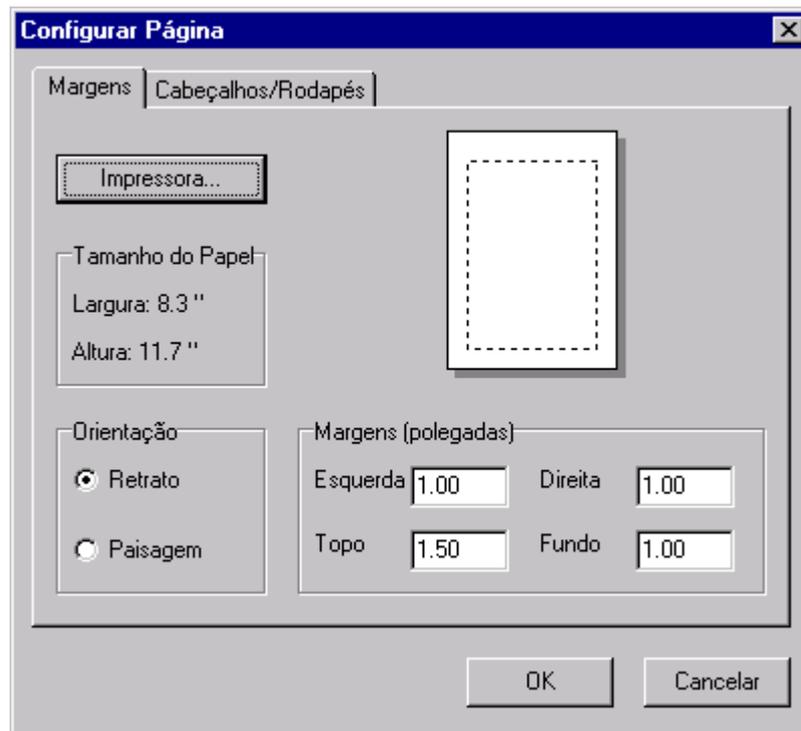
Para seleccionar uma impressora a partir das impressoras instaladas no Windows e configurar as suas propriedades:

1. Seccione **Ficheiro >> Configurar Página** a partir da barra de menus principal.
2. Clique no botão de **Impressora** na caixa de diálogo de Configuração de Página que é mostrada (ver Figura 10.1).
3. Seccione uma impressora a partir das opções disponíveis na *combo box* da próxima caixa de diálogo que é mostrada.
4. Clique no botão de **Propriedades** para seleccionar as propriedades da impressora (as quais dependem do tipo de impressora).
5. Clique no botão **OK**, em cada caixa de diálogo, para aceitar as selecções.

### 10.2 Configurar o Formato de uma Página

Para formatar a página a imprimir:

1. Seccione **Ficheiro >> Configurar Página** a partir da barra de menus principal.
2. Utilize a página de Margens da caixa de diálogo de Configuração de Página que é mostrada (Figura 10.1) para:
  - Seleccionar a impressora
  - Seleccionar a orientação do papel (Retrato ou Paisagem)
  - Configurar as margens esquerda, direita, topo e fundo
3. Utilize a página de Cabeçalhos/Rodapés da caixa de diálogo para:
  - Editar o texto para um cabeçalho que aparecerá em cada página
  - Indicar se o cabeçalho deverá ser impresso ou não
  - Editar o texto para um rodapé que aparecerá em cada página
  - Indicar se o rodapé deverá ser impresso ou não
  - Indicar se as páginas deverão ser numeradas ou não
4. Clique no botão **OK** para aceitar as escolhas.



**Figura 10.1** Caixa de Diálogo de Configuração de Página

### 10.3 Ver Antes

Para antever o aspecto do objecto para impressão, seleccione **Ficheiro >> Ver Antes** a partir da barra de menus principal. Uma janela de Ver Antes será mostrada, permitindo visualizar o modo como cada página do objecto a imprimir aparecerá quando impressa.

### 10.4 Imprimir Vista Actual

Para imprimir o conteúdo da janela actualmente visível no ambiente de trabalho do EPANET, seleccione **Ficheiro >> Imprimir** a partir da barra de menus principal ou clique  na Barra de Ferramentas Principal. Podem ser impressos os seguintes objectos:

- Página de Dados da janela de Procura (propriedades do objecto correntemente seleccionado)
- Janela do Mapa da Rede (no nível actual de ampliação)
- Gráficos (Séries Temporais, Perfil, Isolinhas, Freqüências e Balanço de Caudais)
- Tabelas (Tabelas de Rede e de Séries Temporais)
- Relatórios (Estado, Energia, Calibração e de Reacção).

## 10.5 Copiar para o *Clipboard* ou para um Ficheiro

O EPANET permite copiar o texto e os gráficos da janela actualmente visível para o *clipboard* do *Windows* ou para um ficheiro. Assim, podem ser copiados os seguintes elementos: Mapa da Rede, gráficos, tabelas e relatórios. Para copiar a vista corrente para o *clipboard* ou para um ficheiro:

1. Seleccione **Editar >> Copiar Para** a partir da barra de menus principal ou clique .
2. Seleccione as opções a partir da caixa de diálogo Copiar que é mostrada (ver Figura 10.2) e clique no botão **OK**.
3. Se seleccionar a opção Copiar Para - Ficheiro, introduza o nome do ficheiro na caixa de diálogo Guardar Como que é mostrada e clique no botão **OK**.

Utilize a caixa de diálogo Copiar, que a seguir se mostra, para estabelecer como pretende copiar os dados e para onde:

1. Seleccione o destino para o material a ser copiado (*Clipboard* ou *Ficheiro*)
2. Seleccione um formato para copiar:
  - *Bitmap* (apenas para gráficos)
  - *Metafile* (apenas para gráficos)
  - *Dados* (texto, células seleccionadas numa tabela ou os dados utilizados para construir um gráfico)
3. Clique no botão **OK** para aceitar as suas escolhas ou **Cancelar** para anular o pedido de cópia.



**Figura 10.2** Caixa de Diálogo Copiar

(Página em Branco)

## CAPÍTULO 11 - IMPORTAR E EXPORTAR DADOS

---

*Este capítulo introduz o conceito de Cenários de Projecto e descreve como é que o EPANET pode importar e exportar estes e outros dados, como seja o mapa da rede ou todos os dados de um projecto.*

### 11.1 Cenários de Projecto

Um Cenário de Projecto é composto por um subconjunto de dados que caracterizam as condições sob as quais a rede está a ser analisada. Um cenário pode ser composto por uma ou mais das seguintes categorias:

- Consumos (consumo-base e padrões temporais para todas as categorias) em todos os nós
- Qualidade da água inicial para todos os nós
- Diâmetro para todas as tubagens
- Coeficientes das fórmulas de perda de carga para todas as tubagens
- Coeficientes de reacção (no seio do escoamento e na parede da tubagem) para todas as tubagens
- Controlos simples ou com condições múltiplas

O EPANET pode compilar um cenário baseado em algumas ou em todas as categorias listadas acima, guardar o cenário para o ficheiro e ler o cenário guardado, numa fase posterior.

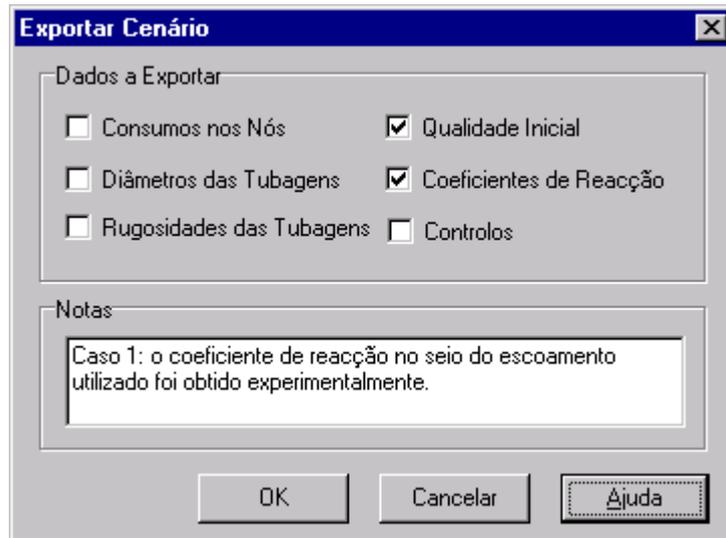
Os cenários permitem que uma simulação seja mais eficiente e sistemática, quer ao nível do dimensionamento, quer ao nível do estabelecimento de alternativas em termos de condições de operacionalidade. Estes podem ser utilizados para analisar o impacte das diferentes acções sobre o sistema, otimizar a estimativa de parâmetros e avaliar diferentes estratégias de operacionalidade. Os ficheiros de Cenário são guardados como texto ASCII e podem ser criados ou modificados exteriormente ao EPANET através de um editor de texto ou de uma folha de cálculo.

### 11.2 Exportar um Cenário

Para exportar um cenário de projecto para um ficheiro de texto:

1. Seleccione **Ficheiro >> Exportar >> Cenário** a partir da barra de menus principal.
2. Na Caixa de diálogo de Exportar Dados que é mostrada (ver Figura 11.1), seleccione o tipo de dados que pretende guardar.
3. Introduza uma descrição opcional do cenário que está a guardar no campo de Notas.
4. Seleccione o botão **OK** para aceitar as suas escolhas.
5. Na caixa de diálogo Guardar que é mostrada, seleccione uma pasta e o nome do ficheiro de cenário. Os ficheiros de cenário utilizam a extensão .SCN por defeito.

6. Clique no botão **OK** para concluir o procedimento de exportação dos dados.



**Figura 11.1** Caixa de Diálogo de Exportar Dados

O cenário exportado pode ser importado novamente para o projecto numa fase posterior, tal como se descreve na secção seguinte.

### 11.3 Importar um Cenário

Para importar um cenário de projecto a partir de um ficheiro:

1. Selecione **Ficheiro >> Importar >> Cenário** a partir da barra de menus principal.
2. Utilize a caixa de diálogo de Abrir Ficheiro que é mostrada para seleccionar o ficheiro de cenário a importar. A caixa de Conteúdo mostrará as primeiras linhas dos ficheiros, à medida que estes são seleccionados, para ajudar a localizar o ficheiro pretendido.
3. Clique no botão **OK** para aceitar as suas escolhas.

Os dados contidos num ficheiro de cenário irão substituir qualquer tipo de informação existente do mesmo tipo no projecto corrente.

### 11.4 Importar Dados Parciais da Rede

O EPANET tem a possibilidade de importar uma descrição geométrica da rede num formato de texto simples. Esta descrição simples contém os rótulos de ID e as coordenadas dos nós no mapa, os rótulos de ID e os nós de extremidade dos troços, assim como pontos de vértice intermédios associados aos troços. Esta possibilidade pode simplificar, em certos casos, o processo de importação do mapa da rede evitando a utilização de programas externos, como seja do tipo CAD ou GIS, para digitalizar a geometria da rede e, a seguir, transferir os dados para o EPANET.

Um ficheiro de uma rede parcial deve ter o seguinte formato, onde o texto entre parêntesis (<>) descreve o tipo de informação que deve aparecer nessa linha do ficheiro:

[ TITLE ]

<descrição opcional do ficheiro>

[ JUNCTIONS ]

<rótulo de ID de cada nó>

[ PIPES ]

<rótulo de ID de cada tubagem seguido dos rótulos de ID dos nós de extremidade>

[ COORDINATES ]

<ID do nó e as respectivas coordenadas X e Y>

[ VERTICES ]

<ID da tubagem e as coordenadas X e Y de um ponto de vértice intermédio (utilize uma linha para cada vértice)>

Note que apenas os nós e as tubagens são representados. Outros elementos da rede, como sejam os reservatórios e as bombas, podem ser importados como nós ou tubagens e convertidos mais tarde ou, simplesmente, adicionados mais tarde. O utilizador é responsável pela transferência de quaisquer dados gerados a partir de programas do tipo CAD ou GIS para um ficheiro de texto com o formato mostrado acima.

Adicionalmente a esta representação parcial da rede, uma descrição completa da rede pode ser colocada num ficheiro utilizando o formato descrito no Anexo C. Este é o mesmo formato que o EPANET utiliza quando um projecto é exportado para um ficheiro de texto (ver secção 11.7 abaixo). Neste caso, o ficheiro iria conter também informação sobre as propriedades dos nós e troços, com sejam cotas, consumos, diâmetros, rugosidade, etc.

## 11.5 Importar um Mapa da Rede

Para importar as coordenadas de um mapa de rede, guardadas num ficheiro de texto:

1. Seleccione **Ficheiro >> Importar >> Mapa** a partir da barra de menus principal.
2. Seleccione o ficheiro contendo a informação sobre o mapa, a partir da caixa de diálogo Abrir Ficheiro que é mostrada.
3. Clique no botão **OK** para substituir o mapa de rede corrente por aquele que é descrito no ficheiro.

## 11.6 Exportar o Mapa da Rede

A vista corrente do mapa da rede pode ser guardada para um ficheiro em formato DXF (*Drawing Exchange Format*), EMF (*Windows enhanced metafile*) ou MAP (texto ASCII do EPANET). O formato DXF é legível por

muitos programas do tipo CAD (*Computer Aided Design*). Os Ficheiros do tipo *metafile* podem ser inseridos em processadores de texto e carregados em programas de desenho, para serem redimensionados e editados. Ambos os formatos são ficheiros de vectores e não perderão a resolução quando são representados a diferentes escalas.

Para exportar o mapa da rede no tamanho original para um ficheiro DXF, *metafile* ou de texto:

1. Selecione **Ficheiro >> Exportar >> Mapa** a partir da barra de menus principal.
2. Na caixa de diálogo de Exportar Mapa que é mostrada, (ver Figura 11.2) selecione o formato com que pretende guardar o mapa.
3. Se seleccionar o formato DXF, pode escolher o modo como os nós serão representados no ficheiro. Estes podem ser desenhados como círculos abertos, círculos a cheio ou quadrados a cheio. Note que nem todos os programas, que lêem ficheiros do tipo DXF, reconhecem os comandos utilizados neste tipo de ficheiro para desenhar um círculo preenchido.
4. Após ter escolhido um formato, clique no botão **OK** e introduza um nome para o ficheiro na caixa de diálogo Guardar Como que é mostrada.



**Figura 11.2** Caixa de Diálogo de Exportar Mapa

## 11.7 Exportar para um Ficheiro de Texto

Para exportar os dados do projecto para um ficheiro de texto:

1. Selecione **Ficheiro >> Exportar >> Rede** a partir da barra de menus principal.

2. Na caixa de diálogo Guardar Ficheiro que é mostrada, introduza o nome do ficheiro com que pretende guardar os dados (a extensão por defeito é .INP).
3. Clique no botão OK para completar o processo de exportação.

O ficheiro resultante será escrito em formato de texto ASCII, com as várias categorias de dados e propriedades dos rótulos claramente identificados. Pode ser lido novamente no EPANET, para análise numa fase posterior, seleccionando os comandos **Ficheiro >> Abrir** ou **Ficheiro >> Importar >> Rede**. Descrições completas da rede utilizando este formato de entrada dos dados podem ser criadas externamente ao EPANET utilizando um editor de texto ou uma folha de cálculo. Uma descrição completa sobre como construir um ficheiro de dados (ficheiro com extensão .INP) é fornecida no Anexo C.

É recomendável que guarde uma versão em arquivo com os dados da rede neste formato, de modo a que tenha acesso a uma versão de texto legível, facilmente editável a partir de um editor de texto comum. Contudo, para utilização regular do EPANET, é mais eficiente guardar os dados utilizando o formato de ficheiro de projecto específico deste programa (que cria um ficheiro com extensão .NET) através do comando **Ficheiro >> Guardar** ou **Ficheiro >> Guardar Como**. Este tipo de ficheiro contém informação adicional sobre o projecto, como sejam as cores e os intervalos de valores adoptados para a legenda do mapa, o conjunto de opções de visualização do mapa com efeito, o nome dos ficheiros de calibração registados e opções de impressão que foram seleccionadas.

(Página em Branco)

## CAPÍTULO 12 - QUESTÕES FREQUENTES

---

Como importar uma rede desenhada a partir de programas em CAD ou GIS?

Ver secção 11.4.

Como modelar o bombeamento de caudal a partir de um poço?

Represente o poço como sendo um reservatório de nível fixo, cujo nível de água é igual à cota piezométrica no aquífero. A seguir, insira uma bomba na rede ligando o reservatório de nível fixo ao resto da rede. Pode adicionar uma determinada altura piezométrica à altura de elevação da bomba para representar perdas de carga singulares.

Se conhecer a taxa de bombeamento de caudal a partir do poço pode, em alternativa, substituir o poço e a bomba por um nó com consumo negativo, igual à taxa de bombeamento. No caso da taxa de bombeamento ser variável com o tempo, pode simular este efeito através de um padrão temporal de consumos associado ao nó.

Como dimensionar uma bomba para um caudal específico?

Configure o estado da bomba para FECHADO. No nó de aspiração da bomba, adicione um consumo igual ao caudal requerido pela bomba e estabeleça um consumo negativo, de igual valor absoluto, no nó de compressão. Após a simulação, a diferença de alturas piezométricas entre os dois nós é a altura de elevação necessária fornecer o caudal pretendido.

Como dimensionar uma bomba para uma altura de elevação específica?

Substitua a bomba por uma Válvula de Perda de Carga Fixa (VPCF) orientada no sentido contrário. Converta a altura de elevação de dimensionamento em pressão equivalente e utilize este valor como parâmetro de controlo na válvula. Após ter executado a simulação, o caudal através da válvula corresponderá ao caudal de dimensionamento da bomba.

Como simular origens de caudal do tipo reservatório de nível fixo ou pontos de ligações a outros sistemas?

Substitua os reservatórios de nível fixo ou outras origens de caudal por nós que tenham consumos negativos iguais aos destes nós<sup>24</sup>. (Certifique-se que existe pelo menos um reservatório de nível fixo ou variável na rede, caso contrário, o EPANET emitirá uma mensagem de erro.)

---

<sup>24</sup> A cota piezométrica em nós com consumo negativo é condicionada pelo nível de água nos reservatórios.

### Como analisar as condições de combate a incêndio num nó particular?

Para estimar a máxima pressão disponível num nó, na situação em que o caudal aumenta para satisfazer as necessidades de combate a incêndio, adicione o caudal de combate a incêndio ao consumo normal no nó, execute a simulação e analise a pressão resultante no nó.

Para determinar o máximo caudal disponível a uma pressão particular, configure o coeficiente do dispositivo emissor no nó para um valor elevado de caudal (p.ex., 100 vezes o caudal máximo expectável) e adicione a altura piezométrica requerida (p.ex. 10 m) à cota do nó<sup>25</sup>. Após a simulação ter sido executada, o caudal de combate a incêndio disponível iguala ao consumo corrente para o nó, a menos de qualquer outro consumo que tenha sido associado a este nó.

### Como modelar uma válvula de retenção de pressão reduzida?

Utilize um Válvula Genérica (VG) com uma curva de perda de carga, em que a perda de carga aumente com a diminuição do caudal. O fabricante da válvula pode fornecer informação importante para a construção da curva. Coloque uma válvula de retenção (*i.e.*, um comprimento de tubagem curto cujo estado está configurado como VR) em série, para impor o sentido do caudal.

### Como modelar um reservatório de nível variável pneumático pressurizado?

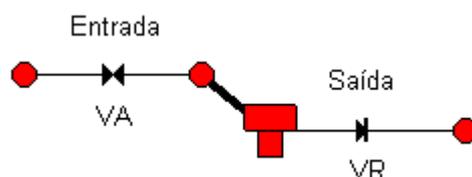
Se a variação de altura piezométrica no reservatório de nível variável for desprezável, utilize um reservatório cilíndrico com altura muito reduzida face à largura, cuja cota do fundo esteja muito próxima da altura piezométrica no reservatório. Seleccione as dimensões do reservatório de modo a que variações de volume originem variações muito pequenas de altura de água.

Se a altura piezométrica no RNV variar entre H1 e H2, com os volumes correspondentes V1 e V2, utilize um reservatório cilíndrico cuja área transversal seja igual a  $(V2-V1)/(H2-H1)$ .

### Como modelar uma entrada de caudal num RNV a uma cota superior ao nível de água neste órgão de armazenamento?

Suponha-se o caso de um sistema de adução em que um reservatório de maior cota abastece outro reservatório situado a menor cota.

Para simular esta situação, utilize a configuração mostrada abaixo:



A tubagem de entrada no reservatório é composta por uma Válvula de Alívio (VA), que assegura que a pressão a montante é sempre superior ao nível no RNV, seguida de um troço de tubagem curto de diâmetro elevado (*i.e.*, tubagem

<sup>25</sup> Ver Capítulo 3 - Dispositivos Emissores do Tipo Orifício

com perdas de carga desprezáveis). O parâmetro de controlo na VA (que neste tipo de válvula é a pressão) deve ser 0 e a cota dos nós de extremidade da válvula deve ser igual à cota da tubagem real que liga ao reservatório. Utilize uma Válvula de Retenção (VR) na tubagem de saída do reservatório para prevenir a inversão do caudal.

Como estabelecer as condições iniciais para uma simulação de qualidade da água?

Se pretende efectuar uma simulação de qualidade da água em que dispõe de dados de monitorização como parte de um estudo de calibração, atribua os valores medidos aos nós onde as medições foram efectuadas e interpole (aproximadamente) para atribuir valores a outras localizações<sup>26</sup>. É recomendável que os reservatórios de armazenamento e os nós de origem sejam incluídos no conjunto de localizações onde as medições foram efectuadas.

Para simular futuras condições, comece com valores iniciais arbitrários (excepto nos reservatórios); execute a simulação para um número de ciclos de consumo repetidos, de modo a que os resultados de qualidade da água comecem também a repetir-se de modo periódico. O número de ciclos pode ser reduzido se forem efectuadas estimativas aproximadas da qualidade da água inicial nos reservatórios. Por exemplo, se for modelada a idade da água, o valor inicial pode ser configurado de acordo com o tempo de residência médio no reservatório, o qual pode ser estimado em função da variação de volume diária.

Como estimar os valores dos coeficientes de reacção no seio do escoamento e na parede?

Os coeficientes de reacção no seio do escoamento podem ser estimados a partir de ensaios em laboratório em garrafas teste (ver Reacções no Seio do Escoamento na secção 3.4). As taxas de reacção na parede não podem ser medidas directamente. Estas têm que ser obtidas indirectamente por comparação com dados de calibração obtidos a partir de ensaios de campo (*i.e.*, utilizando um processo de tentativa-erro para determinar que valores do coeficiente permitem obter melhor ajuste entre os resultados da simulação e as medições de campo). Não é expectável que tubagens em plásticos e tubagens em ferro galvanizado relativamente novas apresentem um consumo de parede significativo para os desinfectantes usuais, como seja o cloro e as cloraminas.

Como modelar uma estação de tratamento adicional para reforço dos níveis de cloro na rede?

Coloque a estação de tratamento adicional num nó com consumo nulo ou positivo ou num reservatório de nível variável. Seleccione o nó na janela do Editor de Propriedades e clique no botão de escolha do campo de Origem de Qualidade para chamar o editor de Origem de Qualidade. No editor, configure a opção de Tipo de Origem para ponto de FIXAÇÃO DE CONCENTRAÇÃO e a de Origem de Qualidade para a concentração de cloro com que o escoamento deve sair do nó. Alternativamente, se a estação de tratamento utilizar a opção de adição de uma concentração de cloro fixa, configure a opção de Tipo de

---

<sup>26</sup>Este procedimento de inicialização pode conduzir a uma convergência mais rápida para a solução de qualidade da água, em particular no caso de redes complexas.

Origem para ponto de REFORÇO DE CONCENTRAÇÃO e a Origem de Qualidade para a concentração que será adicionada à massa líquida que sai do nó. Especifique o ID no campo do Padrão Temporal, se pretender variar o nível de reforço de concentração com o tempo.

Como modelar o crescimento de trihalometanos (THM) na rede?

O crescimento de THM pode ser modelado utilizando leis cinéticas de saturação de primeira ordem. Seleccione Opções - Reacções a partir da página de Dados da janela de Procura. Configure a ordem da reacção no seio do escoamento para 1 e a concentração-limite para o valor máximo de THM que a água tratada pode produzir durante um longo período de retenção<sup>27</sup>. Configure o coeficiente de reacção no seio do escoamento para um valor positivo que traduza a taxa de produção de THM. As estimativas do coeficiente de reacção e da concentração-limite podem ser obtidas a partir de testes em laboratório. O coeficiente de reacção aumentará com o aumento da temperatura da água. As concentrações iniciais em todos os nós da rede devem ser pelos menos iguais à concentração de THM que entra na rede a partir do nó de origem.

Podem utilizar-se um editor de texto para editar as propriedades da rede enquanto se executam simulações no EPANET?

Sim. Guarde a rede para um ficheiro de texto ASCII (seleccione **Ficheiro >> Exportar >> Rede**). Com o EPANET activado, inicie o editor de texto. Carregue o ficheiro da rede guardado no editor. Ao editar o ficheiro, grave-o para o disco. Mude para o EPANET e leia o ficheiro (seleccione **Ficheiro >> Abrir**). Pode continuar a editar o EPANET e a ler o ficheiro à medida que são efectuadas alterações. Grave sempre o ficheiro depois de ter sido modificado no editor e abra-o novamente, após ter mudado para o EPANET. Se utilizar um processador de texto (como seja o *WordPad*) ou uma folha de cálculo como editor, grave o ficheiro como texto ASCII.

Podem executar-se múltiplas sessões do EPANET em simultâneo?

Sim. Pode ser útil quando se pretende comparar em simultâneo dois ou mais cenários de projecto ou de condições operacionais.

---

<sup>27</sup>De acordo com Viana e Matos, 1990 a formação de THM é o resultado de reacções químicas entre os compostos de cloro e os chamados “precursores”, que são substâncias orgânicas naturais existentes nas águas.

## ANEXO A - UNIDADES DE MEDIDA

PARÂMETRO	UNIDADES DO SISTEMA AMERICANO (US)	UNIDADES DO SISTEMA INTERNACIONAL (SI)
Carga hidráulica	ft (pé)	m (metro)
Caudal	<i>CFS</i> <sup>28</sup> - ft <sup>3</sup> /s (pés cúbicos por segundo) <i>GPM</i> - US gal/min (galão americano por minuto) <i>MGD</i> - US Mgal/dia (mega-galão americano por dia) <i>IMGD</i> - Imp Mgal/dia (mega-galão imperial por dia) <i>AFD</i> - ac-ft / dia (acre-pé por dia)	<i>LPS</i> - l/s (litro por segundo) <i>LPM</i> - l/min (litro por minuto) <i>MLD</i> - Ml/dia (mega-litro por dia) <i>CMH</i> - m <sup>3</sup> /h (metro cúbico por hora) <i>CMD</i> - m <sup>3</sup> /dia (metro cúbico por dia)
Coef. de Reacção (Escoamento)	mg/ft <sup>3</sup> /dia (ordem 0) /dia (ordem 1)	mg/m <sup>3</sup> /dia (ordem 0) /dia (ordem 1)
Coef. de Reacção (Parede)	mg/ft <sup>2</sup> /dia (ordem 0) ft / dia (ordem 1)	mg/m <sup>2</sup> /dia (ordem 0) m / dia (ordem 1)
Coefficiente das Fórmulas de Perda de Carga	10 <sup>-3</sup> pés (Darcy-Weisbach), adimensional nas restantes fórmulas	milímetros (Darcy-Weisbach), adimensional nas restantes fórmulas
Coefficiente de Perda de Carga Localizada	adimensional	adimensional
Coefficiente de Vazão do Dispositivo Emissor	unidades de caudal / (psi) <sup>1/2</sup>	unidades de caudal / (metro) <sup>1/2</sup>
Comprimento	ft (pé)	m (metro)
Concentração	mg/l or µg/l (miligrama por litro ou micrograma por litro)	mg/l or µg/l (miligrama por litro ou micrograma por litro)
Consumo	(ver unidades de caudal)	(ver unidades de caudal)
Cota	ft (pé)	m (metro)
Diâmetro (RNV)	ft (pé)	m (metro)
Diâmetro (Tubagens)	in (polegada)	mm (milímetro)
Energia	kWh (kilowatt hora)	kWh (kilowatt hora)
Factor de Resistência	adimensional	adimensional
Idade da Água	h (hora)	h (hora)
Perda de Carga Unitária	ft / kft (pé por 1000 pés)	m / km (metro por quilómetro)
Potência	hp (horsepower)	kW (kilowatt )

<sup>28</sup> Notação utilizada na versão em inglês do Epanet

Pressão (altura piezométrica)	PSI (equivalente a libra por polegada quadrada - lb/in <sup>2</sup> )	metro (coluna de água equivalente)
Reforço de Massa na Origem	kg/min. (massa por minuto)	kg/min. (massa por minuto)
Rendimento	% (percentagem)	(%) (percentagem)
Taxa de Reacção Instantânea	mg/ft <sup>3</sup> /dia	mg/m <sup>3</sup> /dia
Velocidade	ft/s (pé por segundo)	m/s (metro por segundo)
Volume	(ft <sup>3</sup> ) pé cúbico	(m <sup>3</sup> ) metro cúbico

**Note:** As unidades do sistema americano (*US Customary Units*) são aplicáveis quando se adopta ft<sup>3</sup>/s, US gal/min, US Mgal/dia ou ac-ft/dia para as unidades de caudal. As unidades do sistema internacional (SI) são adoptadas quando as unidades de caudal são expressas em litros ou metros cúbicos por unidade de tempo.

## ANEXO B - MENSAGENS DE ERRO

---

<i>ID</i>	<i>Descrição</i>
101	A simulação foi interrompida devido a espaço de memória insuficiente.
110	A simulação foi interrompida porque não foi possível resolver as equações de hidráulica na rede. Verifique se existem zonas da rede que não possuam qualquer ligação física a um RNV ou RNF ou dados da rede inadequados.
200	Foram detectados erros no ficheiro de dados. O tipo de erro é descrito nas mensagens de erro da série 200 listadas abaixo.
201	Existe um erro de sintaxe numa linha do ficheiro de dados da rede. Provavelmente, o erro ocorreu no ficheiro dados (ficheiro de texto .INP) criado pelo utilizador exteriormente ao EPANET.
202	Um valor numérico indevido foi associado a uma propriedade.
203	Existe um objecto referente a um nó não definido.
204	Existe um objecto referente a um troço não definido.
205	Existe um objecto referente a um padrão de tempo não definido.
206	Existe um objecto referente a uma curva não definida.
207	Foi feita uma tentativa para controlar uma válvula de retenção. Um vez associada uma Válvula de Retenção a uma tubagem, através da propriedade Estado Inicial do editor de Propriedades, o estado da tubagem não pode ser alterado utilizando controlos simples ou condições múltiplas.
208	Foi feita uma referência a um nó não definido. Este erro pode ocorrer numa instrução de controlo, por exemplo.
209	Um valor indevido foi associado a uma propriedade do nó.
210	Foi feita uma referência a um troço não definido. Este erro pode ocorrer numa instrução de controlo, por exemplo.
211	Um valor indevido foi associado a uma propriedade do troço.
212	A simulação de rastreio de origem de água refere-se a um nó a rastrear não definido.
213	As opções de simulação possuem um valor ilegal (p.ex., um valor negativo para um passo de tempo).
214	Existem demasiados caracteres numa linha lida a partir do ficheiro de dados. As linhas do ficheiro .INP estão limitadas a 255 caracteres.
215	Existem dois ou mais nós ou troços que partilham o mesmo rótulo de ID.
216	Foram fornecidos dados de energia para uma bomba não definida.
217	Foram fornecidos dados de energia inválidos para uma bomba.
219	Uma válvula foi ligada indevidamente a um RNF ou RNV. Uma VRP, VA ou uma VRC não pode ser ligada directamente a um RNF OU RNV. Utilize um comprimento de tubagem para separar os dois componentes.
220	Uma válvula foi ligada indevidamente a outra válvula. Duas VRPs não podem partilhar o mesmo nó de jusante ou estarem ligadas em série, duas VAs não podem partilhar o mesmo nó de montante ou estar ligadas em série e uma VA

- não pode ser ligada directamente a jusante de uma VRP.
- 221 Um controlo com condições múltiplas contém uma instrução inadequada.
- 223 Não existem nós suficientes na rede para executar a simulação com sucesso. Uma rede válida deve conter pelo menos um RNV/RNF e um nó.
- 224 Não existe pelo menos um RNV ou um RNF na rede.
- 225 Alturas de água mínima/máxima inválidas para um RNV (p.ex., a altura de água mínima é superior à altura de água máxima).
- 226 Não foi fornecida uma curva característica ou um valor de potência para a bomba. Deve ser associada a uma bomba a respectiva curva característica, através da propriedade ID da Curva do editor de Propriedades, ou a potência através do mesmo editor. Se ambas as propriedades forem atribuídas, o programa utiliza a propriedade Curva da Bomba.
- 227 A bomba apresenta uma curva característica inválida. Uma curva deste tipo deve apresentar alturas de elevação decrescentes com o aumento do caudal.
- 230 A curva não apresenta valores de x crescentes.
- 233 Existe um nó que não está ligado a qualquer troço.
- 302 Não foi possível abrir o ficheiro de dados temporário. Certifique-se que a Pasta Temporária do EPANET, seleccionada a partir da caixa de diálogo de Preferências, possui privilégios para escrita. (ver Subcapítulo 4.9).
- 303 Não foi possível abrir o ficheiro de relatório de estado. Consulte a descrição do erro 302.
- 304 Não foi possível abrir o ficheiro binário de resultados. Consulte a descrição do erro 302.
- 308 Não foi possível guardar os resultados para um ficheiro. Este problema pode ocorrer quando o disco fica sem espaço de memória disponível.
- 309 Não foi possível escrever os resultados para um ficheiro de relatório. Este problema pode ocorrer quando o disco fica sem espaço de memória disponível.

## ANEXO C - TRABALHAR EM DOS

---

### C.1 Instruções Gerais

O EPANET também pode ser executado como uma aplicação a partir da linha de comandos da janela do DOS. Neste caso, os dados e os resultados da rede são introduzidos e lidos, respectivamente, através de ficheiros de texto legíveis. A linha de comando para executar o EPANET deste modo é a seguinte:

```
epanet2d inpfile rptfile outfile
```

em que **inpfile** é o nome do ficheiro de dados (incluindo a extensão), **rptfile** é o nome do ficheiro de relatório de resultados e **outfile** é o nome do ficheiro binário opcional de saída que armazena os resultados num formato binário especial. Se o último ficheiro não for necessário, basta indicar os nomes do ficheiro de dados e do ficheiro de relatório. O comando acima descrito assume que está a trabalhar na directoria onde o EPANET foi instalado ou que esta directoria foi adicionada à instrução PATH no ficheiro AUTOEXEC.BAT. Caso contrário, devem ser fornecidos os caminhos completos da aplicação **epanet2d.exe** e dos ficheiros na linha de comandos. As mensagens de erro que possam ser geradas na linha de comandos do EPANET são as mesmas do EPANET em ambiente *Windows* e encontram-se listadas no Apêndice B.

### C.2 Formato do Ficheiro de Dados

O ficheiro de dados da linha de comandos do EPANET tem o mesmo formato que o ficheiro de texto do EPANET em ambiente *Windows*, gerado a partir da instrução **Ficheiro >> Exportar >> Rede**<sup>29</sup>. Encontra-se organizado em secções, onde cada secção é iniciada com uma palavra-chave colocada entre parêntesis. As várias palavras-chave encontram-se listadas abaixo.

<i>Componentes da Rede</i>	<i>Operação do Sistema</i>	<i>Qualidade da Água</i>	<i>Opções de Simulação e Relatório</i>	<i>Mapa da Rede / Zonas</i>
[TITLE]	[CURVES]	[QUALITY]	[OPTIONS]	[COORDINATES]
[JUNCTIONS]	[PATTERNS]	[REACTIONS]	[TIMES]	[VERTICES]
[RESERVOIRS]	[ENERGY]	[SOURCES]	[REPORT]	[LABELS]
[TANKS]	[STATUS]	[MIXING]		[BACKDROP]
[PIPES]	[CONTROLS]			[TAGS]
[PUMPS]	[RULES]			
[VALVES]	[DEMANDS]			
[EMITTERS]				

A ordem das secções não é importante. Contudo, sempre que um nó ou troço seja referido numa secção, este deve ter sido previamente definido nas secções

---

<sup>29</sup> O utilizador deve construir o ficheiro de dados (.INP) indicando as palavras-chave e as várias propriedades associadas em inglês, tal como se apresentam neste Apêndice. Assim, o ficheiro da rede produzido a partir do EPANET (versão portuguesa), de acordo com instrução **Ficheiro >> Exportar >> Rede**, também apresenta o mesmo formato. Esta opção destina-se a não limitar a utilização de ficheiros contruídos a partir das versões originais do EPANET (EPANET 1.0 e 2.0).

[JUNCTIONS], [RESERVOIRS], [TANKS], [PIPES], [PUMPS] ou [VALVES]. Deste modo recomenda-se que estas secções seja colocadas primeiro, logo a seguir à secção [TITLE]. As secções de mapa da rede (*Network Map*) e zonas (*Tags*) não são utilizadas na linha de comandos do EPANET, pelo que podem ser eliminadas do ficheiro.

Cada secção pode conter uma ou mais linhas de dados. Linhas em branco podem aparecer em qualquer parte do ficheiro e o ponto e vírgula (;) pode ser usado para indicar que o que se segue na linha é um comentário e não corresponde a dados da rede. Em cada linha pode ser introduzido um número máximo de 255 caracteres. Os rótulos de ID utilizados para identificar nós, troços, curvas e padrões podem ser compostos pela combinação caracteres e números até um máximo de 15 dígitos. A figura C.1 mostra um ficheiro de dados (.INP) que representa a rede da visita guiada analisada no Capítulo 2.

```
[TITLE]
EXEMPLO DA VISITA GUIADA

[JUNCTIONS]
;ID      Elev      Demand
;-----
2        213      0.1
3        216      1.2
4        213      7
5        198      9.1
6        213      1.4
7        213      1.1

[RESERVOIRS]
;ID      Head
;-----
1        213

[TANKS]
;ID      Elevation InitLevel  MinLevel  MaxLevel  Diameter  MinVol
;-----
8        253      1         0         3         9         0

[PIPES]
;ID      Node1   Node2   Length   Diameter  Roughness  Status
;-----
1        2       3       915     200       100       Open
2        3       7       1525    100       100       Open
3        3       4       1525    150       100       Open
4        4       6       1525    80        100       Open
5        7       6       1525    80        100       Open
6        7       8       2134    80        100       Open
7        4       5       1525    150       100       Open
8        5       6       2134    80        100       Open

[PUMPS]
;ID      Node1   Node2   Parameters
;-----
9        1       2       HEAD 1
```

**Figura C.1** Exemplo de um Ficheiro de Dados do EPANET - Rede Exemplo do Capítulo 2

```

[PATTERNS]
;ID      Multipliers
-----
1        0.5      1.3      1        1.2

[CURVES]
;ID      X-Value  Y-Value
;PUMP:
-----
1        18      57.5

[QUALITY]
;Node    InitQual
-----
1        1

[REACTIONS]
Order Bulk      1
Order Wall      1
Global Bulk     -2.5
Global Wall     0

[TIMES]
Duration        72:00
Hydraulic Timestep 1:00
Quality Timestep 0:05
Pattern Timestep 6:00
Pattern Start   0:00
Report Timestep 1:00
Report Start    0:00
Start ClockTime 12:00 AM
Statistic       NONE

[REPORT]
Page          55
Energy        Yes
Nodes         All
Links         All

[OPTIONS]
Units         LPS
Headloss      H-W
Pattern       1
Demand Multiplier 1
Quality       Cloro mg/L
Tolerance     0.01

[END]

```

**Figura C.1** Exemplo do Ficheiro de Dados do EPANET - Rede Exemplo do Capítulo 2 (continuação da página anterior)

Nas páginas seguintes, cada palavra-chave contendo o respectivo conteúdo e formato é descrita por ordem alfabética.

## [BACKDROP]

### Função:

Identifica uma imagem de fundo e as dimensões para o mapa da rede.

### Formatos:

<b>DIMENSIONS</b>	<i>LLx LLy URx Ury</i>
<b>UNITS</b>	<b>FEET/METERS/DEGREES/NONE</b>
<b>FILE</b>	<i>nome do ficheiro</i>
<b>OFFSET</b>	<i>X Y</i>

### Definições:

**DIMENSIONS** fornece as coordenadas X e Y para os cantos inferior esquerdo e superior direito do rectângulo limite do mapa. Os valores por defeito são obtidos a partir de coordenadas de nós fornecidas na secção [COORDINATES].

**UNITS** especifica as unidades em que as dimensões do mapa são fornecidas. O valor por defeito é NENHUM.

**FILE** é o nome do ficheiro que contém a imagem de fundo.

**OFFSET** lista a distância segundo as coordenadas X e Y do canto superior esquerdo da imagem de fundo em relação ao canto superior esquerdo rectângulo limite do mapa. A distância por defeito é zero.

### Notas:

- A secção [BACKDROP] é opcional e não é utilizada quando o EPANET é executado a partir da linha de comandos do DOS.
- Apenas ficheiros do tipo *Windows Enhanced Metafile* e *Bitmap* podem ser utilizados como imagens de fundo.

## [CONTROLS]

### Função:

Define controlos simples que modificam o estado dos troços baseados numa única condição.

### Formato:

Cada linha é composta por um controlo simples, o qual pode apresentar um dos seguintes formatos:

**LINK** ID do troço estado **IF** **NODE** ID do nó **ABOVE/BELOW** valor

**LINK** ID do troço estado **AT** **TIME** tempo

**LINK** ID do troço estado **AT** **CLOCKTIME** instante do dia **AM/PM**

em que:

ID do troço = rótulo de ID do troço

estado = ABERTO ou FECHADO, parâmetro de regulação da velocidade de rotação de uma bomba ou parâmetro de controlo numa válvula

ID do nó = rótulo de ID do nó

valor = pressão para um nó ou altura de água para um RNV

tempo = tempo desde o início da simulação em notação decimal ou em horas: minutos

instante do dia = instante do dia num período de 24 horas (horas: minutos)

### Notas:

- Os controlos simples são utilizados para modificar o estado de um troço ou parâmetros de controlo (p.ex., regulação de velocidade de uma bomba, parâmetro de controlo numa válvula) em função da altura de água num RNV, pressão num nó, tempo desde o início da simulação ou instante do dia.
- Consulte as notas na secção [STATUS] se pretender obter informação sobre convenções utilizadas para especificar o estado dos troços e parâmetros de controlo, em particular para as válvulas de controlo.

### Exemplos:

```
[CONTROLS]
;Close Link 12 if the level in Tank 23 exceeds 20 ft.
LINK 12 CLOSED IF NODE 23 ABOVE 20

;Open Link 12 if pressure at Node 130 is under 30 psi
LINK 12 OPEN IF NODE 130 BELOW 30

;Pump PUMP02's speed is set to 1.5 at 16 hours into
;the simulation
LINK PUMP02 1.5 AT TIME 16

;Link 12 is closed at 10 am and opened at 8 pm
;throughout the simulation
LINK 12 CLOSED AT CLOCKTIME 10 AM
LINK 12 OPEN AT CLOCKTIME 8 PM
```

## [COORDINATES]

### Função:

Atribui coordenadas do mapa aos nós da rede.

### Formato:

Cada linha corresponde a um nó contendo:

- Rótulo de ID do nó
- Coordenada - X
- Coordenada - Y

### Notas:

- Considere uma linha para cada nó a representar no mapa.
- As coordenadas representam a distância de um determinado nó a uma origem arbitrária no canto inferior esquerdo do mapa. Pode adoptar qualquer sistema de unidades que considere conveniente para representar as distâncias no mapa.
- Não é necessário que todos os nós sejam incluídos no mapa nem que as respectivas posições no mapa sejam representadas à escala real.
- A secção [COORDINATES] é opcional e não é utilizada quando o EPANET é executado a partir da linha de comandos do DOS.

### Exemplo:

```
[ COORDINATES ]
;Node      X-Coord.   Y-Coord
;-----
  1         10023     128
  2         10056     95
```

## [CURVES]

### Função:

Define curvas de dados e respectivos pontos X, Y.

### Formato:

Cada linha corresponde a um ponto X, Y de uma curva contendo:

- Rótulo de ID da curva
- Valor - X
- Valor - Y

### Notas:

- As curvas podem ser utilizadas para representar as seguintes relações:
  - Caudal vs Altura de Elevação para bombas
  - Caudal vs Rendimento para bombas
  - Altura de Água vs Volume para RNV
  - Caudal vs Perda de Carga para válvulas genéricas (VG)
- Os pontos de uma curva devem ser introduzidos por ordem crescente dos valores de X (menor para o maior).
- Se o ficheiro de dados for utilizado na versão Windows do EPANET, ao adicionar um comentário que contenha o tipo de curva e a descrição, separados por dois pontos, imediatamente acima da primeira entrada para a curva, garantirá que esta informação aparecerá correctamente no Editor de Curva do EPANET. Os tipos de curvas incluem *PUMP*, *EFFICIENCY*, *VOLUME* e *HEADLOSS*. Consulte os exemplos abaixo.

### Exemplo:

```
[CURVES]
;ID      Flow      Head
;PUMP: Curve for Pump 1
C1      0          200
C1      1000       100
C1      3000       0

;ID      Flow      Effic.
;EFFICIENCY:
E1      200        50
E1      1000       85
E1      2000       75
E1      3000       65
```

## [DEMANDS]

### Função:

Secção suplementar de [JUNCTIONS] utilizada para associar múltiplas categorias de consumo aos nós da rede.

### Formato:

Cada linha corresponde a uma categoria de consumo contendo:

- Rótulo de ID do nó
- Consumo Base (unidades de caudal)
- ID do padrão de consumo (opcional)
- Nome da categoria de consumo precedida de ponto e vírgula (opcional)

### Notas:

- Utilize esta propriedade apenas para os nós cujos consumos necessitem de ser alterados ou complementados relativamente aos dados introduzidos na secção [JUNCTIONS].
- Os dados introduzidos nesta secção substituem quaisquer dados de consumo introduzidos na secção [JUNCTIONS] para o mesmo nó.
- Pode ser associado um número ilimitado de categorias de consumo a um determinado nó.
- Se não for fornecido qualquer padrão de consumo nesta opção, nem qualquer padrão específico na propriedade Padrão de Consumo da secção [JUNCTIONS], o consumo no nó segue o Padrão por Defeito especificado na secção [OPTIONS] ou o Padrão 1 se não for especificado nenhum padrão por defeito. Se o padrão por defeito (ou padrão 1) não existir, o consumo permanece constante.

### Exemplo:

```
[DEMANDS]
;ID      Demand   Pattern   Category
;-----
J1       100      101      ;Domestic
J1       25       102      ;School
J256    50        101      ;Domestic
```

## [EMITTERS]

### Função:

Define os nós que deve ser modelados como dispositivos emissor do tipo orifício (p.ex., aspersores, orifícios)

### Formato:

Cada linha corresponde a um dispositivo emissor contendo:

- Rótulo de ID do nó
- Coeficiente de vazão (unidades de caudal para 1 psi (1 metro) de queda de pressão)

### Notas:

- a. Os dispositivos do tipo emissor são utilizados para modelar o escoamento através de aspersores ou a situação de fugas em tubagens.
- b. O caudal que sai do dispositivo emissor é igual ao produto do coeficiente de vazão pela pressão no nó elevada a um expoente.
- c. O expoente do emissor pode ser especificado utilizando a opção EMITTER EXPONENT da secção [OPTIONS]. O valor do expoente por defeito é 0.5, valor normalmente aplicável a orifícios do tipo aspersores e agulhetas.
- d. A propriedade consumo corrente listada nos resultados de um nó inclui o consumo no nó e o caudal escoado através do dispositivo emissor.
- e. A secção [EMITTERS] é opcional.

## [ENERGY]

### Função:

Define os parâmetros utilizados para calcular a energia de bombeamento e o respectivo custo.

### Formatos:

```
GLOBAL          PRICE/PATTERN/EFFIC  value
PUMP  PumpID    PRICE/PATTERN/EFFIC  value
DEMAND CHARGE  value
```

### Notas:

- c. As linhas que comecem com a palavra **GLOBAL** são utilizadas para associar valores globais por defeito para o preço de energia, padrão de preço e rendimento de bombeamento para todas as bombas.
- d. As linhas que comecem com a palavra **PUMP** são utilizadas para substituir os valores globais por defeito para bombas específicas.
- e. Os parâmetros são definidos do seguinte modo:
  - **PRICE** = custo médio por kWh,
  - **PATTERN** = Rótulo de ID do padrão temporal que descreve as variação do preço de energia com o tempo,
  - **EFFIC** = associa um valor global para o rendimento, em percentagem, ou o rótulo de ID de uma curva de eficiência para uma bomba específica,
  - **DEMAND CHARGE** = adiciona o custo por kW máximo de utilização durante o período de simulação.
- f. O valor global por defeito para o rendimento é 75% e o valor global por defeito para o preço de energia é 0.
- g. Todas as entradas nesta secção são opcionais. A barra oblíqua (/) a separar os diferentes parâmetros significa que constituem opções possíveis.

### Exemplo:

```
[ENERGY]
GLOBAL PRICE      0.05    ;Sets global energy price
GLOBAL PATTERN    PAT1    ;and time-of-day pattern
PUMP  23  PRICE    0.10    ;Overrides price for Pump 23
PUMP  23  EFFIC    E23     ;Assigns effic. curve to Pump 23
```

## [JUNCTIONS]

### Função:

Define os nós que constituem a rede.

### Formato:

Cada linha corresponde a um nó contendo:

- Rótulo de ID
- Cota, m (ft)
- Consumo-base (unidades de caudal) (opcional)
- ID do padrão de consumo (opcional)

### Notas:

- É necessária para a simulação de uma rede uma secção [JUNCTIONS] com pelo menos um nó
- Se não for associado um padrão temporal, o consumo no nó segue o Padrão Temporal por Defeito especificado na secção [OPTIONS] ou o Padrão 1 se não tiver sido especificado um padrão por defeito. Se não existir um padrão por defeito (ou Padrão 1), o consumo no nó permanece constante.
- Os consumos também podem ser introduzidos na secção [DEMANDS] e incluir múltiplas categorias de consumo por nó.

### Exemplo:

```
[JUNCTIONS]
;ID      Elev.    Demand  Pattern
;-----
J1      100      50      Pat1
J2      120      10
J3      115
;Uses default demand pattern
;No demand at this junction
```

## [LABELS]

### Função:

Associa coordenadas aos rótulos do mapa.

### Formato:

Cada linha corresponde a um rótulo contendo:

- Coordenada-X
- Coordenada-Y
- Texto do rótulo entre aspas
- Rótulo de ID do nó-âncora (opcional)

### Notas:

- a. Deve conter uma linha por cada rótulo no mapa.
- b. As coordenadas referem-se ao canto superior esquerdo do rótulo e têm como referência uma origem arbitrária no canto inferior esquerdo do mapa.
- c. O nó-âncora é opcional e serve de “âncora” ao rótulo quando o mapa é redimensionado durante os processos de ampliação.
- d. A secção [LABELS] é opcional e não é utilizada quando o EPANET é executado a partir da linha de comandos do DOS.

### Exemplo:

```
[ LABELS ]
;X-Coord.  Y-Coord.  Label          Anchor
;-----
  1230      3459      "Pump 1"
  34.57     12.75     "North Tank"   T22
```

## [MIXING]

### Função:

Identifica o modelo que caracteriza as reacções de mistura no interior de RNV.

### Formato:

Cada linha corresponde a um RNV contendo:

- Rótulo de ID do RNV
- Modelo de mistura (MIXED, 2COMP, FIFO, ou LIFO)
- Fracção de mistura

### Notas:

- As opções de modelos de mistura são:
  - Mistura completa (MIXED)
  - Mistura com dois compartimentos (2COMP)
  - Escoamento em êmbolo “*first-in-first-out*” (FIFO)
  - Escoamento em êmbolo “*last-in-first-out*” (LIFO)
- A opção de fracção de mistura é apenas aplicável ao modelo de mistura com dois compartimentos e representa a fracção do volume total referente ao compartimento de entrada-saída.
- A secção [MIXING] é opcional. Os RNV que não se encontrem descritos nesta secção serão associados a modelos de mistura completa.

### Exemplo:

```
[MIXING]
;Tank      Model
;-----
T12        LIFO
T23        2COMP      0.2
```

## [OPTIONS]

### Função:

Define as várias opções de simulação.

### Formatos:

<b>UNITS</b>	<b>CFS/GPM/MGD/IMGD/AFD/ LPS/LPM/MLD/CMH/CMD</b>
<b>HEADLOSS</b>	<b>H-W/D-W/C-M</b>
<b>HYDRAULICS</b>	<b>USE/SAVE</b> nome do ficheiro
<b>QUALITY</b>	<b>NONE/CHEMICAL/AGE/TRACE id</b>
<b>VISCOSITY</b>	valor
<b>DIFFUSIVITY</b>	valor
<b>SPECIFIC GRAVITY</b>	valor
<b>TRIALS</b>	valor
<b>ACCURACY</b>	valor
<b>UNBALANCED</b>	<b>STOP/CONTINUE/CONTINUE n</b>
<b>PATTERN</b>	ID
<b>DEMAND MULTIPLIER</b>	valor
<b>EMITTER EXPONENT</b>	valor
<b>TOLERANCE</b>	valor
<b>MAP</b>	nome do ficheiro

### Definições:

**UNITS** configura as unidades em que o caudal é expresso, em que:

<b>CFS</b>	=	pés cúbicos por segundo
<b>GPM</b>	=	galões por minuto
<b>MGD</b>	=	mega-galão americano por dia
<b>IMGD</b>	=	mega-galão imperial por dia
<b>AFD</b>	=	acre-pé por dia
<b>LPS</b>	=	litros por segundo
<b>LPM</b>	=	litros por minuto
<b>MLD</b>	=	mega-litros por dia
<b>CMH</b>	=	metros cúbicos por hora
<b>CMD</b>	=	metros cúbicos por dia

Quando adoptadas as unidades **CFS**, **GPM**, **MGD**, **IMGD** e **AFD**, as restantes grandezas serão expressas em unidades do Sistema Americano. Se forem adoptadas as unidades **LPS**, **LPM**, **MLD**, **CMH** e **CMD**, as restantes grandezas serão expressas em unidades do Sistema Internacional. (Consulte o Apêndice A. Unidades de Medida). As unidades do caudal por defeito são **GPM**.

**HEADLOSS** permite seleccionar a fórmula a utilizar para calcular a perda de carga contínua na tubagem. As opções são a fórmula de Hazen-Williams (**H-W**), Darcy-Weisbach (**D-W**) ou Chezy-Manning (**C-M**). A fórmula por defeito é a de **H-W**.

A opção **HYDRAULICS** permite gravar a solução corrente de hidráulica para um ficheiro, optando pela opção **SAVE**, ou utilizar uma solução de hidráulica previamente obtida, usando a opção **USE**. Esta opção pode ser útil para estudar factores que apenas afectem a qualidade da água.

**QUALITY** permite seleccionar o tipo de simulação de qualidade da água executar. As opções são **NONE**, **CHEMICAL**, **AGE** e **TRACE**. Em substituição de **CHEMICAL**, pode utilizar-se o nome corrente do químico seguido pelas respectivas unidades de concentração (p.ex., **CHLORINE mg/L**). Se for seleccionada a opção **TRACE**, esta deve ser seguida pelo rótulo de ID do nó a rastrear. A opção por defeito é **NONE** (não é executada a simulação de qualidade da água).

**VISCOSITY** é a viscosidade cinemática do fluido a ser modelado relativamente à água a 20°C (1.0 centistoke =  $1.01 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s). O valor por defeito é 1.0.

**DIFFUSIVITY** é a difusão molecular do químico a ser simulado relativamente à difusão molecular do cloro na água. O valor por defeito é 1.0. A difusão molecular é apenas utilizada quando limitações na transferência de massa são consideradas nas reacções que ocorrem nas paredes da conduta. O valor 0 indica que o EPANET ignora limitações de transferência de massa.

**SPECIFIC GRAVITY** razão entre a densidade do fluido a ser modelado e a densidade da água a 4°C (adimensional).

**TRIALS** número máximo de iterações utilizadas para resolver as equações de equilíbrio hidráulico em cada passo de cálculo da simulação. O valor por defeito é 40.

**ACCURACY** é o erro máximo de convergência utilizado para indicar quando é que foi encontrada uma solução para as equações de equilíbrio hidráulico da rede. O cálculo iterativo termina quando a soma de todos os incrementos de caudal da solução anterior a dividir pelo caudal total em todos os troços for inferior a este valor. O valor por defeito é 0.001.

**UNBALANCED** determina a acção a ser tomada se a solução de hidráulica não for encontrada com o número máximo de iterações prescrito (opção **TRIALS**) num determinado passo de cálculo hidráulico durante a simulação. A opção "**STOP**" fará com que a simulação seja interrompida nesse instante. A opção "**CONTINUE**" fará com que a simulação continue, emitindo uma mensagem de aviso. A opção "**CONTINUE n**" permite que o programa continue o cálculo iterativo com "n" iterações adicionais, mantendo o estado e os parâmetros de controlo nos troços fixos. A simulação prossegue a partir deste ponto, emitindo uma mensagem a informar se a convergência foi atingida ou não. A opção por defeito é "**STOP**".

**PATTERN** fornece o rótulo de ID do padrão por defeito a ser associado a todos os nós aos quais não tenha sido atribuído um padrão de consumo específico. Se não existirem padrões atribuídos na secção [PATTERNS], o padrão de consumo será composto por um único factor multiplicativo com o valor 1.0. Se esta opção não for utilizada, é adoptado um padrão global por defeito com o rótulo "1".

A opção **DEMAND MULTIPLIER** é utilizada para ajustar os valores de consumo base para todos os nós e todas as categorias de consumo. Por exemplo, o valor 2 duplica os consumos base, enquanto que o valor 0.5 reduz estes consumos para metade. O valor por defeito é 1.0.

**EMITTER EXPONENT** especifica o expoente da pressão no nó utilizado para calcular o caudal escoado pelo dispositivo emissor do tipo orifício. O valor por defeito é 0.5.

**MAP** é utilizado para fornecer o nome do ficheiro que contém as coordenadas dos nós para o

traçado da rede. Esta opção não é utilizada em quaisquer cálculos de hidráulica ou de qualidade da água.

**TOLERANCE** é a diferença em termos de nível de qualidade da água abaixo da qual se pode dizer que um segmento é basicamente igual a outro. O valor por defeito é 0.01 para todos os tipos de simulação de qualidade da água (químico, idade da água (medido em horas) ou rastreio de origem (medido em percentagem)).

**Notas:**

- a. Serão assumidos os valores por defeito para as opções apresentadas sempre que não forem especificados valores.
- b. Os parâmetros separados por barras oblíquas (/) constituem alternativas possíveis.

**Exemplo:**

```
[ OPTIONS ]  
UNITS      CFS  
HEADLOSS   D-W  
QUALITY    TRACE Tank23  
UNBALANCED CONTINUE 10
```

## [PATTERNS]

### Função:

Define os padrões temporais.

### Formato:

Um padrão pode preencher uma ou mais linhas contendo:

- Rótulo de ID do padrão
- Um ou mais factores multiplicativos

### Notas:

- Os factores multiplicativos estabelecem o modo como o valor base de uma determinada grandeza (e.g., consumo) pode ser ajustado em cada instante da simulação.
- Todos os padrões partilham o mesmo passo de tempo definido na secção [TIMES].
- Cada padrão pode ter um número diferente de passos de tempo.
- Quando o tempo de simulação excede o número de passos de tempo de um padrão, o padrão temporal é reiniciado.
- Utilize as linhas que forem necessárias para incluir todos os factores multiplicativos do padrão.

### Exemplo:

```
[PATTERNS]
;Pattern P1
P1 1.1 1.4 0.9 0.7
P1 0.6 0.5 0.8 1.0
;Pattern P2
P2 1 1 1 1
P2 0 0 1
```

## [PIPES]

### Função:

Define todas as tubagens que constituem a rede.

### Formato:

Cada linha corresponde a uma tubagem contendo:

- Rótulo de ID da tubagem
- ID do nó inicial
- ID do nó final
- Comprimento, m (ft)
- Diâmetro, mm (polegadas)
- Coeficiente de rugosidade
- Coeficiente de perda de carga singular
- Estado (ABERTO, FECHADO ou VR)

### Notas:

- a. O coeficiente de rugosidade é adimensional para a fórmula de Hazen-Williams e de Chezy-Manning e tem unidades de mm (mft) na fórmula de Darcy-Weisbach. A fórmula de perda de carga é escolhida a partir da secção [OPTIONS].
- b. Se for adoptada a opção VR na propriedade Estado, significa que a tubagem contém uma válvula de retenção condicionando o sentido do escoamento.
- c. Se o coeficiente de perda de carga singular for 0 e se o estado da bomba for ABERTO, estes dois parâmetros podem não ser incluídos na linha de dados.

### Exemplo:

```
[PIPES]
;ID   Node1  Node2   Length  Diam.  Roughness  Mloss   Status
;-----
P1    J1     J2      1200    12     120       0.2    OPEN
P2    J3     J2       600     6     110       0      CV
P3    J1     J10     1000    12     120
```

## [PUMPS]

### Função:

Define todos os troços do tipo bomba existentes na rede.

### Formato:

Cada linha corresponde a uma bomba contendo:

- Rótulo de ID da bomba
- ID do nó inicial
- ID do nó final
- Palavra-chave e Valor (podem ser repetidos)

### Notas:

- As palavras-chave são:
  - **POWER** – valor da potência para uma energia de bombeamento constante, hp (kW)
  - **HEAD** - ID da curva que descreve o caudal vs altura de elevação para a bomba
  - **SPEED** - regulação de velocidade (regulação de velocidade usual é 1.0, 0 significa que a bomba esta desligada)
  - **PATTERN** - ID do padrão temporal que descreve a variação da propriedade Regulação de Velocidade (**SPEED**) com o tempo
- Uma das seguintes propriedades: **POWER** ou **HEAD** tem que ser fornecidas para caracterizar a bomba. Utilize a propriedade **POWER** se não for possível obter uma curva da bomba. As restantes palavras-chave são opcionais.

### Exemplo:

```
[ PUMPS ]
;ID      Node1      Node2      Properties
;-----
Pump1    N12        N32        HEAD Curve1
Pump2    N121       N55        HEAD Curve1  SPEED 1.2
Pump3    N22        N23        POWER 100
```

## **[QUALITY]**

### **Função:**

Define a qualidade inicial nos nós.

### **Formato:**

Cada linha corresponde a um nó contendo:

- Rótulo de ID do nó
- Qualidade inicial

### **Notas:**

- a. Assume-se que a qualidade inicial nos nós não listados é zero.
- b. A qualidade representa concentração para um químico, horas para a idade da água ou percentagem para um rastreio de origem.
- c. A secção [QUALITY] é opcional.

## [REACTIONS]

### Função:

Define os parâmetros relacionados com reacções químicas que ocorram na rede.

### Formatos:

**ORDER BULK/WALL/TANK** valor  
**GLOBAL BULK/WALL** valor  
**BULK/WALL/TANK** ID da tubagem valor  
**LIMITING POTENTIAL** valor  
**ROUGHNESS CORRELATION** valor

### Definições:

**ORDER** é utilizada para configurar a ordem da reacção no seio do escoamento, na parede da tubagem ou nos RNVs, respectivamente. Os valores para reacções na parede são 0 ou 1. Se não for fornecido qualquer valor é assumido por defeito o valor 1.0.

**GLOBAL** é utilizada para configurar o valor por defeito do coeficiente de reacção no seio do escoamento (para todas as tubagens e RNVs) ou do coeficiente de reacção na parede (para todas as tubagens). Se não for fornecido qualquer valor é assumido por defeito o valor 0.

**BULK**, **WALL**, e **TANK** são utilizados para substituir os valores fornecidos pela propriedade **GLOBAL** para tubagens e RNVs específicos.

**LIMITING POTENTIAL** especifica que as taxas de reacção são proporcionais à diferença entre a concentração corrente e uma concentração potencial limite.

**ROUGHNESS CORRELATION** permite que o coeficiente de reacção na parede seja relacionável com a rugosidade desta de acordo com uma das seguintes expressões:

<u>Equação de Perda de Carga</u>	<u>Relação c/ o Coeficiente de Rugosidade</u>
Hazen-Williams	F / C
Darcy-Weisbach	F / log( $\epsilon/D$ )
Chezy-Manning	F*n

em que F = coeficiente que relaciona a reacção na parede da tubagem com o respectivo coeficiente de rugosidade, C = coeficiente da fórmula de Hazen-Williams,  $\epsilon$  = rugosidade absoluta (ou rugosidade de Darcy-Weisbach), D = diâmetro da tubagem, e n = coeficiente de rugosidade de Chezy-Manning. O valor do coeficiente de reacção na parede calculado deste modo pode ser substituído, em específico, para qualquer tubagem utilizando a opção **WALL** para fornecer um valor específico.

### Notas:

- Utilize valores positivos para coeficientes de crescimento e valores negativos para coeficientes de decaimento.
- As unidades de tempo para todos os coeficientes são 1/dia.
- Todas as entradas nesta secção são opcionais. Os parâmetros separados por barras oblíquas (/) constituem alternativas possíveis.

**Exemplo:**

```
[REACTIONS]
ORDER WALL      0      ;Wall reactions are zero-order
GLOBAL BULK    -0.5    ;Global bulk decay coeff.
GLOBAL WALL    -1.0    ;Global wall decay coeff.
WALL   P220    -0.5    ;Pipe-specific wall coeffs.
WALL   P244    -0.7
```

## [REPORT]

### Função:

Descreve o conteúdo do relatório de uma simulação.

### Formatos:

<b>PAGESIZE</b>	valor
<b>FILE</b>	nome do ficheiro
<b>STATUS</b>	<b>YES/NO/FULL</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>YES/NO</b>
<b>ENERGY</b>	<b>YES/NO</b>
<b>NODES</b>	<b>NONE/ALL/nó1 nó2 ...</b>
<b>LINKS</b>	<b>NONE/ALL/troço1 troço2 ...</b>
parâmetro	<b>YES/NO</b>
parâmetro	<b>BELOW/ABOVE/PRECISION</b> valor

### Definições:

**PAGESIZE** configura o número de linhas escritas por página no relatório. O valor por defeito é 0, o que significa que não existe um limite linhas por página.

**FILE** fornece o nome do ficheiro para o qual o relatório será escrito (ignorado pela versão Windows do EPANET).

**STATUS** determina se o relatório de estado da simulação hidráulica deve ser gerado. Se a opção adoptada for **YES**, o relatório que identificará todos os componentes da rede que alterarem o estado em cada passo de tempo da simulação. Se for seleccionada a opção **FULL**, o relatório de estado incluirá também informação relativa a cada iteração efectuada durante a simulação hidráulica. Este nível de detalhe é apenas útil para detectar problemas em redes onde o equilíbrio hidráulico não tenha sido atingido. A opção por defeito é **NO**.

**SUMMARY** determina se uma tabela com o sumário de componentes da rede e com as opções de simulação chave deve ser gerada. A opção por defeito é **YES**.

**ENERGY** determina se uma tabela contendo o relatório da utilização média de energia e respectivo custo de cada bomba deve ser fornecido. A opção por defeito é **NO**.

**NODES** identifica os nós da rede cujos valores de simulação se pretende que sejam descritos no relatório. Pode optar por listar os rótulos de ID dos nós, individualmente, ou utilizar as palavras-chave **NONE** ou **ALL**. Podem ser adicionadas novas linhas, contendo a palavra-chave **NODES**, por forma a listar todos os nós necessários. A opção por defeito é **NONE**.

**LINKS** identifica os troços da rede cujos valores de simulação se pretende que sejam descritos no relatório. Pode optar por listar os rótulos de ID dos troços, individualmente, ou utilizar as palavras-chave **NONE** ou **ALL**. Podem ser adicionadas novas linhas, contendo a palavra-chave **LINKS**, por forma a listar todos os troços necessários. A opção por defeito é **NONE**.

A opção de relatório “parâmetro” é utilizada para identificar que grandezas devem ser descritas no relatório, o número de casas decimais a utilizar e o tipo de filtro que deve ser aplicado para limitar a listagem de resultados no relatório. Os parâmetros relativos aos nós que podem ser descritos no relatório são:

- **Elevation**
- **Demand**
- **Head**
- **Pressure**
- **Quality.**

Os parâmetros dos troços cujos valores podem ser representados no relatório são:

- **Length**
- **Diameter**
- **Flow**
- **Velocity**
- **Headloss**
- **Position** (é o mesmo que Estado – aberto, activo, fechado)
- **Setting** (rugosidade para tubagens, regulação de velocidade para bombas, parâmetro de controlo para válvulas- pressão/caudal)
- **Reaction** (taxa de reacção)
- **F-Factor** (factor de resistência).

Os parâmetros descritos por defeito num relatório são **Demand, Head, Pressure e Quality** para os nós e **Flow, Velocity e Headloss** para os troços. O número de casas decimais por defeito é dois.

#### Notas:

- Todas as opções assumem os respectivos valores por defeito se não forem especificados de modo explícito outros valores nas secções correspondentes.
- Os parâmetros separados por barras oblíquas (/) constituem alternativas possíveis.
- A opção por defeito relativamente à escrita de valores de simulação nos nós e/ou troços para um relatório é **NONE**, pelo que o parâmetro **NODES** e/ou **LINKS** deve ser fornecido se pretende obter um relatório de resultados para estes objectos da rede.
- Na versão *Windows* do EPANET, a única opção de [REPORT] reconhecida é **STATUS**. Todas as outras são ignoradas.

#### Exemplo:

O exemplo que se apresenta serve para ilustrar algumas opções da secção [REPORT]. Neste caso, permite obter os valores de simulação para os nós N1, N2, N3 e N17 e para todos os troços com velocidade superior a 3. Relativamente aos nós, o relatório descreve os valores para as seguintes propriedades: Consumo, Carga Hidráulica, Pressão e Qualidade, enquanto que para os troços apenas as propriedades Caudal, Velocidade e factor f (factor de resistência) são listadas no relatório.

```
[REPORT]
NODES N1 N2 N3 N17
LINKS ALL
FLOW YES
VELOCITY PRECISION 4
F-FACTOR PRECISION 4
VELOCITY ABOVE 3.0
```

## [RESERVOIRS]

### Função:

Define todos os nós do tipo reservatório de nível fixo (RNF) da rede.

### Formato:

Cada linha corresponde a um RNF contendo:

- Rótulo de ID
- Nível de água, m (ft)
- ID do padrão de nível (opcional)

### Notas:

- a. Nível de água corresponde à carga hidráulica (cota + altura piezométrica) no RNF.
- b. O padrão de nível pode ser utilizado para fazer variar o nível de água no RNF com o tempo.
- c. Deve existir pelo menos um RNF ou um RNV na rede a modelar.

### Exemplo:

```
[RESERVOIRS]
;ID      Head      Pattern
;-----
R1       512                ;Head stays constant
R2       120      Pat1      ;Head varies with time
```

## [RULES]

### Função:

Define os controlos com condições múltiplas, os quais permitem modificar o estado dos troços durante a simulação.

### Formato:

Cada controlo é composto por um conjunto de instruções que seguem o seguinte formato:

```
RULE ID do Controlo
```

```
IF condição_1
```

```
AND condição_2
```

```
OR condição_3
```

```
AND condição_4
```

```
etc.
```

```
THEN acção_1
```

```
AND acção_2
```

```
etc.
```

```
ELSE acção_3
```

```
AND acção_4
```

```
etc.
```

```
PRIORITY valor
```

em que:

ID do Controlo = rótulo de ID associado ao controlo (*Rule*)

Concontrolo

condição n = condição de controlo

acção n = acção de controlo

*Priority* = valor de prioridade (p.ex., um número de 1 a 5)

### Formato da Condição de Controlo

Uma condição deste tipo num Controlo com Condições Múltiplas assume o seguinte formato:

```
objecto ID atributo relação valor
```

em que:

Objecto = uma categoria do objecto da rede

ID = rótulo de ID do objecto

Atributo = um atributo ou propriedade do objecto

Relação = operador relacional

Valor = valor do atributo ou propriedade

Apresentam-se, a seguir, alguns exemplos de condições de controlo:

JUNCTION 23 PRESSURE > 20  
TANK T200 FILLTIME BELOW 3.5  
LINK 44 STATUS IS OPEN  
SYSTEM DEMAND >= 1500  
SYSTEM CLOCKTIME = 7:30 AM

O objecto da condição de controlo pode ser de qualquer um dos seguintes tipos:

<b>NODE</b>	<b>LINK</b>	<b>SYSTEM</b>
<b>JUNCTION</b>	<b>PIPE</b>	
<b>RESERVOIR</b>	<b>PUMP</b>	
<b>TANK</b>	<b>VALVE</b>	

Quando o objecto **SYSTEM** é utilizado numa condição de controlo não é fornecido qualquer ID.

Os seguintes atributos podem ser utilizados com objecto do tipo Nó:

**DEMAND**  
**HEAD**  
**PRESSURE**

Os seguintes atributos podem ser utilizados com objectos do tipo RNV:

**LEVEL**  
**FILLTIME** (horas necessárias para encher um RNV)  
**DRAINTIME** (horas necessárias para esvaziar um RNV)

Estes atributos podem ser utilizados com objectos do tipo Troço:

**FLOW**  
**STATUS** (**OPEN**, **CLOSED** ou **ACTIVE**)  
**SETTING** (regulação de velocidade da bomba ou parâmetro de controlo na válvula)

O objecto do tipo **SYSTEM** pode utilizar os seguintes atributos:

**DEMAND** (consumo total do sistema)  
**TIME** (horas desde o início da simulação expressas no formato decimal ou em horas: minutos)  
**CLOCKTIME** (instante do dia (num período e 24 horas) com a extensão **AM** ou **PM**)

Os operadores relacionais podem ser dos seguintes tipos:

=        **IS**  
<>      **NOT**  
<        **BELOW**  
>        **ABOVE**  
<=      >=

#### **Formato da Acção de Controlo:**

Uma acção de controlo num Controlo com Condições Múltiplas assume o seguinte formato:

```
objecto ID STATUS/SETTING IS valor
```

em que:

objecto = **LINK, PIPE, PUMP** ou **VALVE**  
ID = rótulo de ID do objecto  
valor = uma condição de estado (**OPEN** ou **CLOSED**), regulação de velocidade na bomba ou parâmetro de controlo na válvula

Apresentam-se, a seguir, alguns exemplos de acções de controlo:

```
LINK 23 STATUS IS CLOSED  
PUMP P100 SETTING IS 1.5  
VALVE 123 SETTING IS 90
```

#### **Notas:**

- a. Apenas as palavras **RULE**, **IF** e **THEN** são instruções requeridas de um controlo; as restantes são opcionais.
- b. Quando se utiliza em simultâneo os operadores lógicos **AND** e **OR**, o operador **OR** tem precedência mais elevada que **AND**, *i.e.*,

```
IF A or B and C
```

é equivalente a

```
IF (A or B) and C.
```

Se, no entanto, pretende que seja interpretado

```
IF A or (B and C)
```

deve utilizar dois controlos

```
IF A THEN ...
```

```
IF B and C THEN ...
```

- c. O valor **PRIORITY** é utilizado para estabelecer que controlo deve ser aplicável quando existem dois ou mais controlos que podem gerar acções que entrem em conflito num troço. Um controlo sem um valor de prioridade tem sempre prioridade mais baixa do que o controlo com um valor de prioridade associado. Para dois controlos com o mesmo valor de prioridade, o controlo que apareça em primeiro lugar tem prioridade mais elevada.

**Exemplo:**

```
[RULES]
RULE 1
IF TANK 1 LEVEL ABOVE 19.1
THEN PUMP 335 STATUS IS CLOSED
AND PIPE 330 STATUS IS OPEN

RULE 2
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 8 AM
AND SYSTEM CLOCKTIME < 6 PM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 12
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN

RULE 3
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 6 PM
OR SYSTEM CLOCKTIME < 8 AM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 14
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

## [SOURCES]

### Função:

Define os nós de origem de qualidade da água.

### Formato:

Cada linha corresponde a uma origem de qualidade da água contendo:

- Rótulo de ID do nó
- Tipo de Origem (**CONCEN**, **MASS**, **FLOWPACED** ou **SETPOINT**)
- Concentração-base
- ID do padrão temporal

### Notas:

- Para origens do tipo **MASS**, o valor base (médio ou nominal) é medido em unidades de massa por minuto. Para todos os restantes tipos de origens de qualidade, o valor base é definido em unidades de concentração.
- O valor base da origem de qualidade pode ser variável com o tempo se for especificado um padrão temporal .
- Uma origem do tipo **CONCEN**:
  - representa a concentração de qualquer entrada externa de caudal no nó
  - aplica-se apenas quando o nó tem um consumo líquido negativo (a água entra na rede no nó)
  - se for um nó, a concentração listada no relatório é a concentração resultante da mistura do caudal no nó com o caudal proveniente do resto da rede
  - se o nó for um RNF, a concentração listada no relatório é a concentração na origem
  - se o nó for um RNV, a concentração listada no relatório é a concentração interna do RNV
  - é usualmente utilizada para nós que representem origens de abastecimento de água ou estações de tratamento (p.ex., RNF ou nós associados a um consumo negativo)
  - não devem ser utilizados em RNVs que apresentem entrada/saída de caudal em simultâneo.
- Uma origem do tipo **MASS**, **FLOWPACED**, ou **SETPOINT**:
  - representa um reforço na origem, onde uma substância é injectada directamente na rede, independentemente do consumo no nó
  - afecta a qualidade da água que deixa o nó de acordo com um dos seguintes mecanismos:
    - um reforço de massa (**MASS**) adiciona um fluxo de massa fixo ao caudal total que entra no nó
    - um reforço de concentração (**FLOWPACED**) adiciona uma concentração fixa à mistura resultante de todo o caudal que entra no nó
    - um origem do tipo fixação de concentração (**SETPOINT**) fixa a concentração do caudal que sai do nó (desde que a concentração resultante de todo o caudal que entra no nó esteja abaixo do valor fixado)
  - a concentração que é listada num relatório para um nó ou RNF, cuja a origem de qualidade seja do tipo reforço na origem, é a concentração resultante após o reforço ter sido aplicado; a concentração que é listada num relatório para um RNV com uma origem de qualidade do tipo reforço é a concentração interna no RNV

- é usualmente utilizada para modelar a injeção directa de um traçador ou desinfectante na rede ou ainda a intrusão de um contaminante.
- e. A secção [SOURCES] não é necessária para simular a idade da água ou um rastreio de origem de água.

**Exemplo:**

```
[SOURCES]
;Node  Type      Strength  Pattern
;-----
N1     CONCEN     1.2      Pat1    ;Concentration varies with time
N44    MASS       12      Pat1    ;Constant mass injection
```

## [STATUS]

### Função:

Define o estado inicial de troços seleccionados no início da simulação.

### Formato:

Cada linha corresponde a um troço contendo:

- Rótulo de ID do troço
- Estado ou parâmetro de controlo

### Notas:

- Os troços não listados nesta secção tem como opção por defeito de estado **OPEN** (para tubagens e bombas) ou **ACTIVE** (para válvulas).
- O valor associado à propriedade estado pode ser **OPEN** ou **CLOSED**. Para uma válvula de controlo (p.ex., VRPs, VRCs, etc.) significa que esta se encontra completamente aberta ou fechada, sendo ignorado qualquer parâmetro de controlo na válvula especificado .
- O valor associado à propriedade parâmetro de controlo pode ser a regulação de velocidade, no caso de uma bomba, ou um parâmetro de controlo na válvula.
- O estado inicial das tubagens também pode ser configurado a partir da secção [PIPES].
- As válvulas de retenção não podem ser configuradas.
- Utilize as secções [CONTROLS] ou [RULES] para alterar o estado ou o parâmetro de controlo durante a simulação.
- Se a uma válvula de controlo estiver associado o estado **CLOSED** ou **OPEN** e se pretender torná-la activa novamente, através da propriedade **ACTIVE**, deve especificar o parâmetro de controlo (pressão/caudal) na secção de controlos simples [CONTROLS] ou de controlos com condições múltiplas [RULES].

### Exemplo:

```
[STATUS]
; Link      Status/Setting
;-----
L22        CLOSED          ;Link L22 is closed
P14        1.5             ;Speed for pump P14
PRV1       OPEN           ;PRV1 forced open
                        ;(overrides normal operation)
```

## [TAGS]

### Função:

Associa uma categoria do tipo zona a nós ou troços específicos.

### Formato:

Cada linha corresponde a um nó ou troço associado a uma categoria de zona contendo:

- a palavra-chave NODE ou LINK
- o rótulo de ID do nó ou troço
- o texto da categoria de zona(sem espaços)

### Notas:

- As categorias de zona podem ser úteis para associar nós a diferentes zonas de pressão ou para classificar as tubagens por material ou idade.
- Se a zona a que pertence o nó ou troço não for identificada nesta secção, assume-se que este objecto não tem uma zona associada.
- A secção [TAGS] é opcional e não tem efeito sobre os cálculos de hidráulica ou de qualidade da água.

### Exemplo:

```
[TAGS]
;Object ID      Tag
;-----
NODE    1001    Zone_A
NODE    1002    Zone_A
NODE     45     Zone_B
LINK    201     UNCI-1960
LINK    202     PVC-1985
```

## [TANKS]

### Função:

Define todos os nós do tipo reservatório de nível variável (RNV) da rede.

### Formato:

Cada linha corresponde a um RNV contendo:

- Rótulo de ID
- Cota de fundo, m (ft)
- Altura de água inicial, m (ft)
- Altura de água mínima, m (ft)
- Altura de água máxima, m (ft)
- Diâmetro, m (ft)
- Volume mínimo, m<sup>3</sup> (ft<sup>3</sup>)
- ID da curva de volume (opcional)

### Notas:

- a. O nível de água no RNV é igual à cota de fundo mais a altura de água.
- b. Os RNVs de secção não cilíndrica podem ser modelados especificando uma curva de volume em função da altura de água através da secção [CURVES].
- c. Se a curva de volume for fornecida, o diâmetro pode assumir qualquer valor não nulo.
- d. O volume mínimo (volume de água no RNV para a altura mínima de água) pode ser zero para um RNV cilíndrico ou se for fornecida uma curva de volume.
- e. Uma rede deve conter pelo menos um RNV ou um RNF.

### Exemplo:

```
[TANKS]
;ID Elev. InitLvl MinLvl MaxLvl Diam MinVol VolCurve
;-----
;Cylindrical tank
T1 100 15 5 25 120 0
;Non-cylindrical tank with arbitrary diameter
T2 100 15 5 25 1 0 VC1
```

## [TIMES]

### Função:

Define os passos de tempo de vários parâmetros utilizados na simulação.

### Formatos:

<b>DURATION</b>	Valor (unidades)
<b>HYDRAULIC TIMESTEP</b>	Valor (unidades)
<b>QUALITY TIMESTEP</b>	Valor (unidades)
<b>RULE TIMESTEP</b>	Valor (unidades)
<b>PATTERN TIMESTEP</b>	Valor (unidades)
<b>PATTERN START</b>	Valor (unidades)
<b>REPORT TIMESTEP</b>	Valor (unidades)
<b>REPORT START</b>	Valor (unidades)
<b>START CLOCKTIME</b>	Valor ( <b>AM/PM</b> )
<b>STATISTIC</b>	<b>NONE/AVERAGED/ MINIMUM/MAXIMUM RANGE</b>

### Definições:

**DURATION** é a duração total da simulação. Utilize 0 para executar uma simulação estática. O valor por defeito é zero.

**HYDRAULIC TIMESTEP** determina o passo de tempo entre cálculos de hidráulica na rede. Se for maior do que o passo de tempo do padrão (**PATTERN**) ou do relatório (**REPORT**), o passo de cálculo de hidráulica será automaticamente reduzido. O valor por defeito é 1 hora.

**QUALITY TIMESTEP** é o passo de cálculo utilizado para seguir as alterações de qualidade da água na rede. O valor por defeito é 1/10 do passo de cálculo de hidráulica.

**RULE TIMESTEP** é o passo de tempo utilizado para verificar as alterações de estado no sistema devido à activação de controlos com condições múltiplas entre passos de cálculo de hidráulica. between hydraulic time steps. O valor por defeito é 1/10 do passo de cálculo de hidráulica.

**PATTERN TIMESTEP** é o intervalo entre períodos de tempo para todos os padrões temporais. O valor por defeito é 1 hora.

**PATTERN START** é o instante em que todos os padrões são iniciados. Por exemplo, um valor de 6 horas indica que a simulação seria iniciada com cada padrão no período de tempo correspondente à hora 6. O valor por defeito é 0.

**REPORT TIMESTEP** configura o intervalo de tempo entre registos de resultados para o relatório. The default is 1 hour.

**REPORT START** é o instante da simulação em que os resultados começam a ser escritos para o relatório. O valor por defeito é 0.

**START CLOCKTIME** é o instante do dia (p.ex., 3:00 PM) em que a simulação começa. O valor por defeito é 12:00 AM (meia-noite).

**STATISTIC** determina que tipo de processamento estatístico deve ser aplicado às séries

temporais de resultados a registar em cada passo de tempo do relatório. **AVERAGED** regista no relatório os resultados médios no tempo, **MINIMUM** regista apenas os valores mínimos, **MAXIMUM** os valores máximos e **RANGE** regista a diferença entre os valores máximos e mínimos. **NONE** regista as séries temporais de resultados referentes a cada passo de tempo do relatório para todas as grandezas nos os nós e troços, constituindo a opção por defeito.

**Notas:**

- a. As unidades podem ser **SECONDS (SEC)**, **MINUTES (MIN)**, **HOURS** ou **DAYS**. A unidade por defeito é a hora.
- b. Se não forem fornecidas unidades, os valores de tempo podem ser introduzidos no formato decimal ou em horas: minutos.
- c. Todas as propriedades da secção [TIMES] são opcionais. Os parâmetros separados por barras oblíquas (/) constituem alternativas possíveis.

**Exemplo:**

```
[TIMES]
DURATION          240 HOURS
QUALITY Timestep  3 MIN
REPORT START      120
STATISTIC          AVERAGED
START CLOCKTIME   6:00 AM
```

## **[TITLE]**

### **Função:**

Adiciona um título descritivo à rede a ser analisada.

### **Formato:**

Qualquer número de linhas de texto.

### **Notas:**

A secção [TITLE] é opcional.

## [VALVES]

### Função:

Define todas as válvulas de controlo contidas na rede.

### Formato:

Cada linha corresponde a uma válvula contendo:

- Rótulo de ID da válvula
- ID do nó inicial
- ID do nó final
- Diameter, mm (polegadas)
- Tipo de válvula
- Parâmetro de controlo na válvula
- Coeficiente de perda de carga singular

### Notas:

- a. O EPANET permite modelar os seguintes tipos de válvulas com os respectivos parâmetros de controlo:

<u>Tipo de Válvula</u>	<u>Parâmetro de Controlo</u>
VRP (válvula redutora de pressão)	Pressão, m (psi)
VA (válvula de alívio)	Pressão, m (psi)
VPCF (Válvula de perda de carga fixa)	Pressure, m (psi)
VRC (válvula reguladora de caudal)	Caudal (unidades do caudal)
VB (válvula de borboleta)	Coeficiente de perda de carga singular
VG (válvula genérica)	ID da curva de perda de carga

- b. As válvulas de seccionamento e de retenção são modeladas com fazendo parte da tubagem e não como um componente separado do tipo válvula de controlo (ver a palavra-chave [PIPES])

## [VERTICES]

### Função:

Associa pontos internos de vértice aos troços da rede.

### Formato:

Cada linha contém um ponto de cada troço contendo:

- Rótulo de ID do troço
- Coordenada-X
- Coordenada-Y

### Notas:

- Os pontos de vértice permitem que os troços sejam desenhados como *polylines* em vez linhas rectas entre nós.
- As coordenadas referem-se ao mesmo sistema de coordenadas utilizado para as coordenadas dos nós e rótulos.
- A secção [VERTICES] é opcional e não é utilizada quando o EPANET é executado a partir da linha de comandos do DOS.

### Exemplo:

```
[ COORDINATES ]
;Node      X-Coord.   Y-Coord
;-----
  1         10023     128
  2         10056     95
```

### C.3 Formato do Ficheiro de Relatório

As instruções fornecidas através da secção [REPORT] do ficheiro de dados controlam o conteúdo do ficheiro de relatório produzido pelo EPANET, através da linha de comandos do DOS. Uma parte do relatório gerado a partir do ficheiro de dados (.INP) da Figura C.1 é mostrado na Figura C.2. Geralmente, um relatório é composto pelas seguintes secções:

- Secção de Estado
- Secção de Energia
- Secção de Nós
- Secção de Troços

#### Secção de Estado

A Secção de Estado do relatório de resultados lista o estado inicial de todos os RNFs, RNVs, bombas, válvulas, tubagens fechadas, assim como quaisquer alterações de estado nesses componentes durante uma simulação dinâmica. O estado dos RNFs e RNVs indica se estes se encontram a encher ou a vaziar. O estado dos troços indica se estes se encontram abertos ou fechados, podendo incluir também valores de regulação de velocidade e de pressão/caudal como parâmetros de controlo para bombas e válvulas, respectivamente. Para incluir uma Secção de Estado no relatório, utilize a instrução **STATUS YES** na secção [REPORT] do ficheiro de dados.

Utilizando a instrução **STATUS FULL** o relatório produzirá os resultados de convergência para cada iteração em cada passo de cálculo de hidráulica durante o período de simulação. A listagem incluirá também que componentes alteram o estado entre passos de cálculo. Este nível de detalhe é apenas útil para detectar erros ocorridos durante uma simulação, onde a convergência não tenha sido atingida devido a um comportamento cíclico de um componente.

#### Secção de Energia

A Secção de Energia do relatório de resultados lista o consumo de energia global e o custo para cada bomba na rede. Os parâmetros listados para cada bomba são:

- Percentagem de Utilização (percentagem de tempo em que a bomba esteve ligada)
- Rendimento Médio
- kWh consumido por metro cúbico (mega-galão) bombeado
- kW médio consumido
- kW máximo utilizado
- Custo médio por dia

Também é listado o custo total por dia de bombeamento e a tarifa de consumo máximo total (custo baseado no valor máximo de energia utilizado). Para incluir uma Secção de Energia no relatório, a instrução **ENERGY YES** deve ser escolhida na secção [REPORT] do ficheiro de dados.

```

*****
*                               E P A N E T                               *
*                               Hydraulic and Water Quality                 *
*                               Analysis for Pipe Networks                   *
*                               Version 2.0                                *
*****

VISITA GUIADA - CAPÍTULO 2

  Input Data File ..... VisitaGuiada.inp
  Number of Junctions..... 6
  Number of Reservoirs..... 1
  Number of Tanks ..... 1
  Number of Pipes ..... 8
  Number of Pumps ..... 1
  Number of Valves ..... 0
  Headloss Formula ..... Hazen-Williams
  Hydraulic Timestep ..... 1.00 hrs
  Hydraulic Accuracy ..... 0.001000
  Maximum Trials ..... 40
  Quality Analysis ..... Cloro
  Water Quality Time Step ..... 5.00 min
  Water Quality Tolerance ..... 0.01 mg/L
  Specific Gravity ..... 1.00
  Relative Kinematic Viscosity ..... 1.00
  Relative Chemical Diffusivity ..... 1.00
  Demand Multiplier ..... 1.00
  Total Duration ..... 72.00 hrs

Reporting Criteria:
  All Nodes
  All Links

Energy Usage:
-----
      Usage   Avg.   Kw-hr   Avg.   Peak   Cost
      Factor Effic.   /m3     Kw     Kw     /day
-----
  9      100.00  75.00    0.19   13.02   13.87    0.00
-----

                                Demand Charge:    0.00
                                Total Cost:      0.00

```

**Figura C.2** Excerto de um ficheiro de relatório - Rede Exemplo do Capítulo 2 (continuação na página seguinte)

Node Results at 0:00 hrs:				
Node	Demand L/s	Head m	Pressure m	Cloro mg/L
2	0.05	280.09	67.09	0.00
3	0.60	278.59	62.59	0.00
4	3.50	273.54	60.54	0.00
5	4.55	272.12	74.12	0.00
6	0.70	272.22	59.22	0.00
7	0.55	272.23	59.23	0.00
1	-12.72	213.00	0.00	1.00
8	2.77	254.00	1.00	0.00
				Reservoir Tank

Link Results at 0:00 hrs:			
Link	Flow L/s	Velocity m/s	Headloss /1000m
1	12.67	0.40	1.64
2	3.39	0.43	4.17
3	8.69	0.49	3.31
4	0.81	0.16	0.87
5	0.06	0.01	0.01
6	2.77	0.55	8.54
7	4.38	0.25	0.93
8	-0.17	0.03	0.05
9	12.72	0.00	-67.09
			Pump

Node Results at 1:00 hrs:				
Node	Demand L/s	Head m	Pressure m	Cloro mg/L
2	0.05	280.11	67.11	1.00
3	0.60	278.61	62.61	0.89
4	3.50	273.56	60.56	0.00
5	4.55	272.14	74.14	0.00
6	0.70	272.25	59.25	0.00
7	0.55	272.26	59.26	0.00
1	-12.71	213.00	0.00	1.00
8	2.76	254.16	1.16	0.00
				Reservoir Tank

Link Results at 1:00 hrs:			
Link	Flow L/s	Velocity m/s	Headloss /1000m
1	12.66	0.40	1.64
2	3.38	0.43	4.16
3	8.68	0.49	3.31
4	0.80	0.16	0.86
5	0.07	0.01	0.01
6	2.76	0.55	8.48
7	4.38	0.25	0.93
8	-0.17	0.03	0.05
9	12.71	0.00	-67.11
			Pump

**Figura C.3** Excerto de um ficheiro de relatório - Rede Exemplo do Capítulo 2 (continuação da página anterior)

## Secção de Nós

A Secção de Nós do relatório de resultados lista os resultados de simulação para os nós e respectivos parâmetros identificados na secção [REPORT] do ficheiro de dados. Os resultados são listados em cada passo de tempo do relatório de uma simulação dinâmica. O passo de tempo do relatório é especificado na secção [TIMES] do ficheiro de dados. Resultados intermédios referentes a alterações das características hidráulicas, tais como activação/desactivação de bombas ou fechamento de RNVs porque se encontram vazios ou cheios, não são registados.

Para dispor de resultados nos nós, a secção [REPORT] do ficheiro de dados, deve conter a palavra-chave **NODES**, seguida de uma lista de rótulos de ID dos nós a serem incluídos no relatório. Podem existir tantas linhas quantos nós (**NODES**) no ficheiro. Para que os resultados de todos os nós sejam listados, seleccione a instrução **NODES ALL** na secção [REPORT].

O conjunto de propriedades por defeito nos nós cujos resultados são listados no relatório é: Consumo, Carga Hidráulica, Pressão e Qualidade da Água. Pode especificar o número de casas decimais a utilizar para listar os resultados de um determinado parâmetro, utilizando instruções do tipo **PRESSURE PRECISION 3** no ficheiro de dados (*i.e.*, são utilizadas 3 casas decimais para listar os resultados da pressão). A precisão por defeito é de 2 casas decimais para todas as propriedades. Pode utilizar um filtro para listar ocorrências que disponham de valores abaixo ou acima de um certo valor de referência, adicionando, por exemplo, uma instrução do tipo **PRESSURE BELOW 20** no ficheiro de dados.

## Secção de Troços

A Secção de Troços do ficheiro de resultados lista os resultados de simulação para os troços e parâmetros identificados na secção [REPORT] do ficheiro de dados. A listagem de resultados, em termos de passo de tempo do relatório, segue a mesma convenção estabelecida para os nós na alínea anterior.

Tal como para os nós, para dispor de resultados relativos aos troços, deve incluir a palavra-chave **LINKS** seguida de uma lista de rótulos de ID na secção [REPORT] do ficheiro de dados. Utilize a instrução **LINKS ALL** para listar resultados para todos os troços.

As propriedades por defeito nos troços cujos resultados são listados no relatório são: Caudal, Velocidade e Perda de Carga. Outras propriedades como: Diâmetro, Comprimento, Qualidade da Água, Estado, Parâmetro de Controlo, Taxa de Reacção e Factor de Resistência podem ser adicionadas, utilizando a instrução **DIAMETER YES** ou **DIAMETER PRECISION 0**. A mesma convenção utilizada para os nós para especificar a precisão dos resultados e a utilização de filtros pode ser também aplicável aos troços.

## C.4 Formato do Ficheiro Binário de Resultados

Se for fornecido um terceiro ficheiro na linha de comandos do DOS (extensão .OUT), os resultados de todos os parâmetros para todos os nós e troços, em todos os passos de tempo do relatório, serão gravados para este ficheiro num

formato binário especial. Este ficheiro pode ser utilizado em outras aplicações de pós-processamento. Os dados escritos para o ficheiro são compostos por variáveis do tipo inteiro com 4 bytes, real com 4 bytes ou constantes de tamanho fixo com um tamanho múltiplo de 4 bytes. Esta propriedade permite que o ficheiro seja dividido convenientemente em registos de 4-bytes. O ficheiro é composto por quatro secções com os respectivos tamanhos em bytes:

<i>Secção</i>	<i>Tamanho em bytes</i>
Prólogo	$852 + 20*Nnodes + 36*Nlinks + 8*Ntanks$
Utilização de Energia	$28*Npumps + 4$
Período de Simulação Dinâmica	$(16*Nnodes + 32*Nlinks)*Nperiods$
Epílogo	28

em que:

Nnodes	=	número de nós (nós + RNFs + RNVs)
Nlinks	=	número de troços (tubagens + bombas + válvulas)
Ntanks	=	número de RNVs e RNFs
Npumps	=	número de bombas
Nperiods	=	número de passos de tempo do relatório

e todos estes cálculos são escritos para o ficheiro na secção de Prólogo ou de Epílogo.

### Secção de Prólogo

A secção de Prólogo do ficheiro binário de resultados contém os seguintes dados:

<b>Item</b>	<b>Tipo</b>	<b>Número de Bytes</b>
Magic Number (= 516114521)	Integer	4
Versão (= 200)	Integer	4
Número de Nós (Nós + RNFs + RNVs)	Integer	4
Número de RNFs & RNVs	Integer	4
Número de Troços (Tubagens + Bombas + Válvulas)	Integer	4
Número de Bombas	Integer	4
Número de Válvulas	Integer	4
Opção de Qualidade da Água 0 = nenhum 1 = químico 2 = idade 3 = rastreio de origem de água	Integer	4
Índex do nó de rastreio de origem de água	Integer	4
Opção de Unidades de Caudal 0 = ft <sup>3</sup> /s 1 = gal/min 2 = Mgal/dia	Integer	4

3 = Imp Mgal/dia 4 = ac-ft/dia 5 = l/s 6 = l/min 7 = ML/dia 8 = m <sup>3</sup> /h 9 = m <sup>3</sup> /dia		
Opção de Unidades de Pressão 0 = psi 1 = metros 2 = kPa	Integer	4
Opção de Estatística 0 = sem processamento estatístico 1 = resultados médios no tempo 2 = apenas os valores mínimos de cálculo 3 = apenas os valores máximos de cálculo 4 = apenas amplitude dos resultados	Integer	4
Tempo Início do Relatório (segundos)	Integer	4
Passo de Tempo do Relatório (segundos)	Integer	4
Duração Total da Simulação (segundos)	Integer	4
Título do Problema (1ª linha)	Char	80
Título do Problema (2ª linha)	Char	80
Título do Problema (3ª linha)	Char	80
Nome do Ficheiro de Dados	Char	260
Nome do Ficheiro de Relatório	Char	260
Nome do Químico	Char	16
Unidades da Concentração do Químico	Char	16
Rótulo de ID de cada Nó	Char	16
Rótulo de ID de cada Troço	Char	16
Índex do Nó Inicial de Cada Troço	Integer	4*Nlinks
Índex do Nó Final de cada Troço	Integer	4*Nlinks
Tipo de Código para cada Troço 0 = Tubagem com VR 1 = Tubagem 2 = Bomba 3 = VRP 4 = VA 5 = VPCF 6 = VRC 7 = VB 8 = VG	Integer	4*Nlinks
Índex do Nó de cada RNV	Integer	4*Ntanks
Secção Transversal de cada RNV	Float	4*Ntanks
Cota de cada Nó	Float	4*Nnodes
Comprimento de cada Troço	Float	4*Nlinks
Diâmetro de cada Troço	Float	4*Nlinks

Existe uma correspondência de 1 para 1 entre a ordem em que os rótulos de ID para os nós e troços são escritos para o ficheiro e os números índice desses componentes. Os RNF são distintos dos RNV por terem também um valor nulo para a secção transversal.

### Secção de Utilização de Energia

A secção de Utilização de Energia do ficheiro binário de resultados encontra-se descrita imediatamente abaixo da secção de Prólogo. É composta pelos seguintes dados:

Item	Tipo	Número de Bytes
Repetido para cada bomba:		
▪ Índex da Bomba na Lista de Troços	Float	4
▪ Utilização da Bomba (%)	Float	4
▪ Rendimento Médio (%)	Float	4
▪ kW Médio/ m <sup>3</sup> (Mgal)	Float	4
▪ kW Médio	Float	4
▪ kW Máximo	Float	4
▪ Custo Médio por Dia	Float	4
Utilização Máxima Global de Energia	Float	4

Os resultados estatísticos listados nesta secção referem-se ao período de tempo compreendido entre o tempo de início do relatório e o fim da simulação.

### Secção de Período de Simulação Dinâmica

A secção de Período de Simulação Dinâmica do ficheiro binário de resultados contém os resultados para cada passo de tempo do relatório durante uma simulação (o tempo início do relatório e o passo de tempo são escritos para o ficheiro binário de resultados na secção de Prólogo e o número de passos de tempo é escrito na secção de Epílogo). Em cada passo de tempo do relatório são escritos os seguintes valores para o ficheiro:

Item	Tipo	Número de Bytes
Consumo em cada Nó	Float	4*Nnodes
Carga Hidráulica em cada Nó	Float	4*Nnodes
Pressão em cada Nó	Float	4*Nnodes
Qualidade da Água em cada Nó	Float	4*Nnodes
Caudal em cada Troço (negativo para caudais no sentido inverso ao arbitrado)	Float	4*Nlinks
Velocidade em cada Troço	Float	4*Nlinks
Perda de Carga por 1000 Unidades de Comprimento em cada Troço (negativo no caso de ser uma bomba, onde representa a altura de elevação, e corresponde à perda de carga total para válvulas)	Float	4*Nlinks

Qualidade da Água Média em cada Troço	Float	4*Nlinks
Código de Estado para cada Troço 0 = fechado (máx. carga hidráulica excedida) 1 = temporariamente fechado 2 = fechado 3 = aberto 4 = activo (parcialmente aberto) 5 = aberto (máx. caudal excedido) 6 = aberto (parâmetro de caudal não fornecido) 7 = open (parâmetro de pressão não fornecido)	Float	4*Nlinks
Parâmetro para cada Troço: Coeficiente de Rugosidade para Tubagens Regulação de Velocidade para Bombas Parâmetro de Controlo para Válvulas	Float	4*Nlinks
Taxa de Reacção para cada Troço (massa/L/dia)	Float	4*Nlinks
Factor de Resistência (f) para cada Troço	Float	4*Nlinks

#### Secção de Epílogo

A secção de Epílogo do ficheiro binário de resultados contém os seguintes dados:

Item	Tipo	Número de Bytes
Taxa de Reacção Média no Seio do Escoamento (massa/hr)	Float	4
Taxa de Reacção Média na Parede (massa/hr)	Float	4
Taxa de Reacção Média no RNV (massa/hr)	Float	4
Average source inflow rate (massa/hr)	Float	4
Número de Passos de Tempo do Relatório	Integer	4
Warning Flag: 0 = sem avisos 1 = mensagens de aviso foram geradas	Integer	4
Magic Number (= 516114521)	Integer	4

As unidades de massa das taxas de reacção representadas nesta secção e na secção de Período de Simulação Dinâmica dependem das unidades da concentração atribuídas ao químico a ser modelado. As taxas de reacção listadas nesta secção referem-se a valores médios ocorridos nas tubagens (ou nos RNVs) ao longo do período de escrita de resultados para ficheiro, durante a simulação.

(página em branco)

## ANEXO D- ALGORITMOS DE ANÁLISE

---

### D.1 Hidráulica

As equações da continuidade e da conservação da energia e a relação entre o caudal e a perda de carga, que caracterizam as condições de equilíbrio hidráulico da rede num dado instante, podem ser resolvidas através de um Método Híbrido Nó-Malha. Todini e Pilati (1987) e, mais tarde, Salgado *et al.* (1988) optaram por designá-lo como sendo o "Método do Gradiente". Abordagens semelhantes foram descritas por Hamam e Brameller (1971) (o "Método Híbrido") e por Osiadacz (1987) (o "Método de Newton Malha-Nó"). A única diferença entre estes métodos é o modo como os caudais nos troços são actualizados após uma nova solução de cotas piezométricas nos nós ter sido encontrada, durante o processo iterativo. Porque o método apresentado por Todini é o mais simples, este foi escolhido para obter os valores de caudal e cota piezométrica na rede no EPANET.

Considere uma rede com N nós e NF nós com cota piezométrica fixa (RNVs e RNFs). Considere-se que a relação caudal-perda de carga numa tubagem entre os nós  $i$  e  $j$  pode ser traduzida pela seguinte expressão:

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2 \quad \text{D.1}$$

em que  $H$  = cota piezométrica no nó,  $h$  = perda de carga total,  $r$  = termo de perda de carga,  $Q$  = caudal,  $n$  = expoente do caudal e  $m$  = coeficiente de perda de carga localizada. O valor do termo de perda de carga depende da fórmula de resistência adoptada (ver abaixo). Para bombas, a parcela da perda de carga (valor negativo que representa a altura de elevação) pode ser representada pela seguinte lei

$$h_{ij} = -\omega^2 (h_0 - r (Q_{ij} / \omega)^n )$$

em que  $h_0$  = altura de elevação para o ponto de funcionamento em vazio (caudal nulo),  $\omega$  = regulação de velocidade, e  $r$  e  $n$  são os coeficientes da curva da bomba. O segundo conjunto de equações que devem ser satisfeitas refere-se à conservação dos caudais nos nós:

$$\sum_j Q_{ij} - D_i = 0 \quad \text{para } i = 1, \dots, N. \quad \text{D.2}$$

em que  $D_i$  = consumo no nó e, por convenção, o caudal que chega ao nó é positivo. Assim, conhecendo a cota piezométrica nos nós de cota piezométrica fixa, pretende-se obter os valores de cota piezométrica,  $H_i$ , e de caudal,  $Q_{ij}$ , na rede que satisfaçam as equações (D.1) e (D.2).

O Método do Gradiente arbitra uma primeira distribuição de caudais nas tubagens que não tem necessariamente que satisfazer as equações de

continuidade nos nós. Em cada iteração do método, novas cotas piezométricas são obtidas resolvendo a seguinte matriz:

$$\mathbf{AH} = \mathbf{F} \quad \text{D.3}$$

em que  $\mathbf{A}$  = matriz Jacobiana (N×N),  $\mathbf{H}$  = vector (N×1) de incógnitas em termos de cota piezométrica e  $\mathbf{F}$  = vector (N×1) dos termos do lado direito da equação.

Os elementos da diagonal da matriz Jacobiana são:

$$A_{ii} = \sum_j p_{ij}$$

enquanto que os elementos não nulos fora da diagonal são:

$$A_{ij} = -p_{ij}$$

em que  $p_{ij}$  é o inverso da derivada da perda de carga total no troço entre os nós  $i$  e  $j$  em relação ao caudal. Para tubagens,

$$p_{ij} = \frac{1}{nr|Q_{ij}|^{n-1} + 2m|Q_{ij}|}$$

enquanto que, para bombas,

$$p_{ij} = \frac{1}{n\omega^2 r(Q_{ij} / \omega)^{n-1}}$$

Cada termo do lado direito da matriz é composto por uma parcela respeitante ao balanço de caudal no nó, à qual é adicionado um factor de correcção de caudal:

$$F_i = \left( \sum_j Q_{ij} - D_i \right) + \sum_j y_{ij} + \sum_f p_{if} H_f$$

sendo o último termo aplicável a qualquer troço que ligue um nó  $i$  a um nó  $f$  de cota piezométrica fixa e o factor de correcção de caudal,  $y_{ij}$ , é dado pela seguinte expressão para tubagens:

$$y_{ij} = p_{ij} \left( r|Q_{ij}|^n + m|Q_{ij}|^2 \right) \text{sgn}(Q_{ij})$$

Para bombas, é válida a seguinte expressão:

$$y_{ij} = -p_{ij} \omega^2 \left( h_0 - r(Q_{ij} / \omega)^n \right)$$

em que  $\text{sgn}(x)$  é 1 se  $x > 0$  e -1 caso contrário. ( $Q_{ij}$  é sempre positivo para bombas).

Após terem sido calculadas as cotas piezométricas, resolvendo a Eq. (D.3), os novos caudais podem ser obtidos de acordo com a equação seguinte:

$$Q_{ij} = Q_{ij} - (y_{ij} - p_{ij}(H_i - H_j)) \quad \text{D.4}$$

Se a soma de todas as variações de caudal (em valor absoluto) relativamente ao caudal total em todos os troços for superior à tolerância especificada (p.ex., 0.001), as equações (D.3) e (D.4) serão resolvidas novamente. O novo caudal obtido a partir da equação (D.4) satisfaz o princípio da continuidade do caudal nos nós, após a 1ª iteração.

O EPANET implementa este método utilizando a seguinte metodologia:

1. O sistema linear de equações traduzido pela expressão D.3 é resolvido utilizando um método de matriz esparsa baseado na reordenação dos nós (George e Liu, 1981). Após reordenação dos nós, para facilitar o preenchimento da matriz A, uma factorização simbólica é efectuada para que apenas os elementos não nulos de A sejam armazenados e operados em memória. Para simulações dinâmicas, esta reordenação e factorização é efectuada apenas uma vez, no início da simulação.
2. Para a primeira iteração, o caudal numa tubagem é o correspondente à velocidade de 1 ft/s, enquanto que o caudal através da bomba é igual ao caudal de dimensionamento especificado para a bomba (todos os cálculos são internamente efectuados com a cota piezométrica em pés e o caudal em pés cúbicos por segundo).
3. O termo de perda de carga para uma tubagem ( $r$ ) é calculado tal como descrito na Tabela 3.1. Para a equação de resistência de Darcy-Weisbach, o factor de resistência  $f$  é calculado por diferentes equações, dependendo do número de Reynolds (Re) do escoamento:

Fórmula de Hagen – Poiseuille para  $Re < 2000$  (Bhave, 1991):

$$f = \frac{64}{Re}$$

Fórmula explícita aproximada de Swamee e Jain para resolver a equação de Colebrook - White, nos casos em que  $Re > 4000$  (Bhave, 1991):

$$f = \frac{0.25}{\left[ \text{Log} \left( \frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Interpolação cúbica do ábaco de Moody para  $2000 < Re < 4000$  (Dunlop, 1991):

$$\begin{aligned}
 f &= (X1 + R(X2 + R(X3 + X4))) \\
 R &= \frac{Re}{2000} \\
 X1 &= 7FA - FB \\
 X2 &= 0.128 - 17FA + 2.5FB \\
 X3 &= -0.128 + 13FA - 2FB \\
 X4 &= R(0.032 - 3FA + 0.5FB) \\
 FA &= (Y3)^{-2} \\
 FB &= FA \left( 2 - \frac{0.00514215}{(Y2)(Y3)} \right) \\
 Y2 &= \frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \\
 Y3 &= -0.86859 \ln \left( \frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{4000^{0.9}} \right)
 \end{aligned}$$

em que  $\varepsilon$  = rugosidade absoluta e  $d$  = diâmetro da tubagem.

4. O coeficiente de perda de carga localizada ( $K$ ), definido em função da altura cinética, é convertido para um coeficiente  $m$  definido em função do caudal, de acordo com a expressão seguinte:

$$m = \frac{0.02517K}{d^4}$$

5. Os dispositivos do tipo emissor nos nós são modelados através de uma tubagem fictícia que liga o nó a um reservatório fictício. Os parâmetros de perda de carga são  $n = (1/\gamma)$ ,  $r = (1/C)^n$  e  $m = 0$ , sendo  $C$  o coeficiente de vazão do emissor e  $\gamma$  o expoente de pressão. A carga hidráulica no reservatório fictício corresponde à cota topográfica no nó. O caudal obtido através da tubagem fictícia corresponde ao caudal associado ao dispositivo emissor.
6. A válvulas abertas é atribuído um valor  $r$  assumindo que a válvula aberta funciona como uma tubagem lisa ( $f = 0.02$ ), cujo comprimento é duplo do diâmetro. No que se refere a troços fechados, assume-se que a perda de carga segue uma relação linear com um elevado factor de resistência *i.e.*,  $h = 10^8 Q$ , pelo que  $p = 10^{-8}$  e  $y = Q$ . Para troços em que  $(r+m)Q < 10^{-7}$ ,  $p = 10^7$  e  $y = Q/n$ .
7. A verificação do estado das bombas, válvulas de retenção (VR), válvulas reguladoras de caudal (VRC) e tubagens ligadas a RNVs cheios/vazios é efectuada após cada iteração, até à  $10^a$

iteração. Após este número de iterações, a verificação do estado destes componentes é apenas efectuada quando a convergência tiver sido atingida. O estado das válvulas de controlo de pressão (VRPs e VAs) é verificado após cada iteração.

8. Durante a verificação do estado, as bombas são fechadas se a altura de elevação for maior que a altura de elevação para o ponto de funcionamento em vazio (para evitar a inversão do escoamento). À semelhança, as válvulas de retenção são fechadas se a perda de carga for negativa (ver abaixo). Quando estas condições não se verificarem, o troço é reaberto. Uma verificação similar de estado é efectuada para os troços ligados a RNVs vazios/cheios. Os troços são fechados se a diferença de cotas piezométricas conduzir à saída de caudal a partir de um reservatório vazio ou à entrada de caudal num reservatório que se encontra cheio. Estes componentes da rede são reabertos novamente na próxima verificação de estado em que estas condições já não se verificarem.
9. Verificou-se que a análise da condição -  $h < 0$ , para determinar se a válvula de retenção deveria ser fechada ou aberta, pode gerar um procedimento cíclico entre estes dois estados em algumas redes devido a limitações de precisão numérica. O seguinte procedimento foi introduzido para efectuar um teste mais robusto ao estado de uma válvula de retenção (VR):

```

if |h| > Htol then
  if h < -Htol then    status = CLOSED
  if Q < -Qtol then   status = CLOSED
  else                 status = OPEN
else
  if Q < -Qtol then   status = CLOSED
  else                 status = unchanged

```

em que  $H_{tol} = 0.0005$  ft e  $Q_{tol} = 0.001$  cfs.

10. Se na verificação de estado for fechada uma bomba aberta, uma tubagem ou uma VR, o caudal assume o valor  $10^{-6}$  cfs. Se uma bomba for reaberta, o caudal é calculado com base na altura de elevação corrente a partir da curva característica. Se uma tubagem ou VR for reaberta, o caudal é obtido com base na equação (D.1) em ordem a  $Q$  para a perda de carga  $h$  corrente, ignorando quaisquer perdas de carga singulares.
11. Os coeficientes da matriz para válvulas de perda de carga fixa (VPCFs) são estabelecidos do seguinte modo:  $p = 10^8$  e  $y = 10^8 H_{set}$ , em que  $H_{set}$  é o parâmetro de controlo na válvula, que aqui corresponde à perda de pressão na válvula (em metros). As válvulas de borboleta (VBs) são modeladas como tubagens, tal como descrito no item 6 acima e  $m$  considerado como o valor convertido do parâmetro de controlo na válvula (ver item 4 acima).

12. Os coeficientes da matriz para válvulas redutoras de pressão, válvulas de alívio e válvulas reguladoras de caudal (VRPs, VAs e VRCs) são calculados após todos os troços terem sido analisados. A verificação do estado de VRPs e VA é efectuado tal como descrito no item 7. Estas válvulas podem estar completamente abertas, completamente fechadas ou activas, em função do parâmetro de controlo (pressão ou caudal).
13. O procedimento lógico para testar uma VRP é o seguinte:

```

If current status = ACTIVE then
  if Q < -Qtol           then new status = CLOSED
  if Hi < Hset + Hml - Htol then new status = OPEN
                           else new status = ACTIVE

```

```

If current status = OPEN then
  if Q < -Qtol           then new status = CLOSED
  if Hi > Hset + Hml + Htol then new status = ACTIVE
                           else new status = OPEN

```

```

If current status = CLOSED then
  if Hi > Hj + Htol
  and Hi < Hset - Htol   then new status = OPEN
  if Hi > Hj + Htol
  and Hj < Hset - Htol   then new status = ACTIVE
                           else new status = CLOSED

```

em que  $Q$  é o caudal actual na válvula,  $H_i$  é a cota piezométrica a montante,  $H_j$  é a cota piezométrica a jusante,  $H_{set}$  é o parâmetro de controlo, em termos de pressão, convertido para carga,  $H_{ml}$  a perda de carga singular quando a válvula está aberta ( $= mQ^2$ ), e  $H_{tol}$  e  $Q_{tol}$  são os mesmos valores utilizados para as válvulas de retenção no item 9 acima. Um conjunto semelhante de testes é utilizado para as VAs, excepto que no que se refere à verificação em relação a  $H_{set}$ , os índices  $i$  e  $j$  são trocados, assim como os operadores  $>$  e  $<$ .

14. O caudal através de uma VRP activa é mantido para garantir a continuidade no nó de jusante, enquanto que o caudal através de uma VA é mantido para garantir a continuidade no nó de montante. Para uma VRP do nó  $i$  para o nó  $j$ :

$$\begin{aligned}
 p_{ij} &= 0 \\
 F_j &= F_i + 10^8 H_{set} \\
 A_{jj} &= A_{ii} + 10^8
 \end{aligned}$$

Isto obriga a que a carga no nó de jusante corresponda ao parâmetro de controlo  $H_{set}$ . Valores equivalentes são atribuídos para uma VA activa, excepto os índices do coeficientes  $F$  e  $A$ , que se referem ao nó  $i$ . Os coeficientes para VRPs e VAs abertas/fechadas são tratados do mesmo modo que para as tubagens.

15. Para uma VRC activa do nó  $i$  para o nó  $j$ , com o parâmetro de controlo  $Q_{set}$ , tem-se que o valor de  $Q_{set}$  é adicionado ao

caudal que sai do nó  $i$  para o nó  $j$  e é subtraído de  $F_i$  e adicionado a  $F_j$ . Se a carga hidráulica no nó  $i$  for inferior à carga hidráulica no nó  $j$ , a válvula não consegue fornecer o caudal necessário e passa a ser modelada com uma tubagem.

16. Após ter sido atingida a convergência inicial (convergência de caudal e permanência de estado para VRPs e VAs), uma outra verificação de estado para bombas, VRs, VRCs e troços ligados a RNFs é efectuada. O estado de troços controlados por variações de pressão (p.ex., uma bomba cujo estado seja controlado pela pressão num nó) também é verificado. Se ocorrer qualquer alteração de estado, o cálculo iterativo deve continuar, devendo ocorrer pelo menos mais duas iterações (i.e., a verificação de convergência é omitida na próxima iteração). Caso contrário, a solução final foi encontrada.

17. Para simulações dinâmicas, o seguinte procedimento é implementado:

a. Após ter sido encontrada uma solução no passo de cálculo corrente, o passo de cálculo para a próxima solução corresponde ao menor dos seguintes:

- o tempo até um novo período de consumo começar,
- o menor tempo para um RNV encher ou esvaziar,
- o menor tempo até o RNV atingir a altura que origina uma mudança de estado em alguns troços (p.ex., abre ou fecha uma válvula), tal como estipulado a partir de um controlo simples,
- o tempo até um controlo simples de tempo num troço ser activado,
- o tempo até ao próximo instante em que um controlo com condições múltiplas provoque uma alteração de estado algures na rede.

Ao obter os passos de cálculo com base nas alturas de água nos RNVs, assume-se que estas variam de modo linear com base na solução corrente de caudal. A activação no tempo de controlos com condições múltiplas é calculada do seguinte modo:

- No início de cada instante, os controlos são avaliados no passo de tempo do controlo. O valor por defeito é 1/10 do passo de cálculo de hidráulica normal (p.ex., se as características de hidráulica forem actualizadas de hora a hora, os controlos são analisados de 6 em 6 minutos).
- Após cada passo de tempo do controlo, o instante do dia é actualizado, assim como as alturas de água nos RNVs (baseado no último conjunto de caudais nas tubagens calculado).

- Se uma das condições de um controlo com condições múltiplas for satisfeita, as acções são adicionadas a uma lista. Se uma acção entrar em conflito com outra já existente na lista para o mesmo troço, a acção do controlo com prioridade mais elevada permanece na lista e a outra é removida. Se a prioridade for a mesma, a acção original permanecerá na lista.
  - Após todas as regras de controlo terem sido analisadas, e se a lista não estiver vazia, novas acções serão tomadas. Se estas acções causarem alterações de estado em um ou mais troços da rede, uma nova solução de hidráulica é calculada e o processo é reiniciado.
  - Se não forem geradas instruções para alteração de estado dos componentes da rede, a lista de acções é apagada e avança-se a simulação para o próximo passo de tempo do controlo, a não ser que o fim do passo de tempo de hidráulica normal tenha sido atingido.
- b. A simulação avança para o passo de cálculo de hidráulica obtido, no qual se obtêm novos consumos, as alturas de água nos RNVs são ajustadas com base na solução corrente de caudais e os controlos nos troços são verificados para determinar que troços alteram o estado.
  - c. Um novo conjunto de iterações utilizando as equações (D.3) e (D.4) é efectuado para os caudais correntes.

## D.2 Qualidade da Água

As equações que o EPANET utiliza para obter uma solução de qualidade da água baseiam-se nos princípios da conservação da massa, conjugados com leis cinéticas de reacção. Apresentam-se, a seguir, os principais aspectos a considerar numa modelação de qualidade da água (Rossman *et al.*, 1993; Rossman e Boulos, 1996):

### Transporte por Advecção em Tubagens

Uma substância dissolvida é transportada ao longo de uma tubagem com a mesma velocidade média do escoamento, sujeita a uma determinada taxa de reacção (crescimento, decaimento). A dispersão longitudinal é um mecanismo de transporte usualmente pouco importante para a maioria das condições operacionais. Significa, portanto, que se admite não existir mistura de massas entre segmentos adjacentes que se deslocam ao longo da tubagem. Assim, desprezando a dispersão longitudinal, obtém-se a seguinte equação de advecção com reacção:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -u_i \frac{\partial C_i}{\partial x} + r(C_i) \quad \text{D.5}$$

em que  $C_i$  = concentração (massa/volume) na tubagem  $i$  em função da distância  $x$  e do tempo  $t$ ,  $u_i$  = velocidade média do escoamento (comprimento/tempo) na

tubagem  $i$  e  $r =$  taxa de reacção (massa/volume/tempo), função da concentração.

### Mistura nos Nós

Assume-se que nos nós que recebem caudal de duas ou mais tubagens ocorre mistura completa e instantânea. Deste modo, a concentração de uma substância contida no seio do escoamento que sai do nó pode ser obtida simplesmente através de um balanço de massas. Assim, pode escrever-se a seguinte equação para um nó específico:

$$C_{i|x=0} = \frac{\sum_{j \in I_k} Q_j C_{j|x=L_j} + Q_{k,ext} C_{k,ext}}{\sum_{j \in I_k} Q_j + Q_{k,ext}} \quad D.6$$

em que  $i =$  troço com caudal que sai do nó  $k$ ,  $I_k =$  conjunto de troços com caudal que convergem em  $k$ ,  $L_j =$  comprimento do troço  $j$ ,  $Q_j =$  caudal (volume/tempo) no troço  $j$ ,  $Q_{k,ext} =$  origem externa de caudal que entra na rede através do nó  $k$  e  $C_{k,ext} =$  concentração externa de caudal que entra no nó  $k$ . A notação  $C_{i|x=0}$  representa a concentração no início do troço  $i$ , enquanto que  $C_{i|x=L}$  é a concentração no final do troço.

### Mistura nos Reservatórios

É conveniente assumir que ocorre mistura completa nos volumes de água (RNVs e RNFs). Esta é uma hipótese razoável para muitos RNFs que operam em condições de enchimento-esvaziamento, desde que seja fornecido um fluxo suficiente ao reservatório (Rossman e Grayman, 1999). Em condições de mistura completa, a concentração num RNV resulta da mistura do conteúdo do RNV com o caudal que entra. Ao mesmo tempo, a concentração interna pode ser alterada devido a reacções de decaimento ou crescimento. A equação seguinte traduz este fenómeno:

$$\frac{\partial(V_s C_s)}{\partial t} = \sum_{i \in I_s} Q_i C_{i|x=L_i} - \sum_{j \in O_s} Q_j C_s + r(C_s) \quad D.7$$

em que  $V_s =$  volume armazenado no instante  $t$ ,  $C_s =$  concentração na estrutura de armazenamento,  $I_s =$  conjunto de troços que fornecem caudal à estrutura de armazenamento e  $O_s =$  conjunto de troços que recebem caudal da estrutura de armazenamento.

### Reacções no Seio do Escoamento

Enquanto uma substância é transportada ao longo de uma tubagem, ou permanece num RNV, pode reagir com outros constituintes químicos presentes no seio da água. A taxa de reacção pode ser descrita genericamente em termos da concentração elevada à potência  $n$ :

$$r = kC^n$$

em que  $k =$  coeficiente de reacção no seio do escoamento e  $n =$  ordem da reacção. Quando existe um concentração que limita o crescimento ou o

decaimento último de uma substância, a taxa de reacção pode ser traduzida através da seguinte expressão:

$$R = K_b (C_L - C) C^{(n-1)} \quad \text{para } n > 0, K_b > 0$$

$$R = K_b (C - C_L) C^{(n-1)} \quad \text{para } n > 0, K_b < 0$$

em que  $C_L$  = concentração limite.

Apresentam-se seguidamente diferentes expressões para o cálculo da taxa de reacção instantânea (R):

- Decaimento de 1ª ordem simples ( $C_L = 0, K_b < 0, n = 1$ )

$$R = K_b C$$

O decaimento de várias substâncias, como seja o cloro residual, pode ser modelado adequadamente utilizando uma lei de decaimento de 1ª ordem.

- Crescimento de 1ª ordem saturado ( $C_L > 0, K_b > 0, n = 1$ ):

$$R = K_b (C_L - C)$$

Este modelo pode ser utilizado para modelar o crescimento de subprodutos de desinfecção, como sejam os trihalometanos, em que a formação última de subprodutos ( $C_L$ ) é limitada pela quantidade de material reactivo presente.

- Decaimento de 2ª ordem - Dois Componentes ( $C_L \neq 0, K_b < 0, n = 2$ ):

$$R = K_b C (C - C_L)$$

Este modelo assume que a substância A reage com a substância B a uma taxa desconhecida para produzir o produto P. A taxa de consumo de A é proporcional ao produto de A e B remanescente.  $C_L$  pode ser positivo ou negativo, dependendo de o componente A ou B estar ou não em excesso, respectivamente. Clark (1998) obteve bons resultados ao aplicar este modelo a dados de decaimento do cloro, que não se ajustavam bem utilizando um modelo simples de 1ª ordem.

- Cinética de Decaimento de Michaelis-Menton ( $C_L > 0, K_b < 0, n < 0$ ):

$$R = \frac{K_b C}{C_L - C}$$

No caso particular de ser especificado um valor negativo para a ordem n da reacção, o EPANET utilizará a equação de reacção de Michaelis-Menton, mostrada acima, para uma reacção de decaimento. (Para reacções de crescimento, o denominador passa a ser  $C_L + C$ .) Esta equação de reacção é usualmente utilizada para descrever reacções do tipo enzima-catalizador ou crescimento microbiano. Produz um comportamento de primeira ordem para baixas concentrações e um comportamento de ordem zero para elevadas concentrações.

Note-se que, para reacções de decaimento,  $C_L$  deverá ser superior à concentração inicial que se verificar.

Koechling (1998) aplicou a lei cinética de Michaelis-Menton para modelar o decaimento do cloro em diferentes tipos de águas e verificou que  $K_b$  e  $C_L$  podiam ser relacionados com o conteúdo orgânico da água e com a respectiva absorvância no ultravioleta, de acordo com as expressões seguintes:

$$K_b = -0.32UVA^{1.365} \frac{(100UVA)}{DOC}$$

$$C_L = 4.98UVA - 1.91DOC$$

em que UVA = absorvância no ultravioleta a 254 nm (1/cm) e DOC = concentração de carbono orgânico dissolvido (mg/L).

**Nota: Estas expressões são apenas aplicáveis a valores de  $K_b$  e  $C_L$  que sejam utilizados na equação de reacção de Michaelis-Menton.**

- Crescimento de Ordem Zero ( $C_L = 0$ ,  $K_b = 1$ ,  $n = 0$ )
- $R = 1.0$

Esta equação particular pode ser utilizada para modelar a idade da água onde, por cada unidade de tempo, a “concentração” (p.ex., idade) aumenta de uma unidade.

A relação entre o coeficiente de reacção no seio do escoamento a uma temperatura T1 e o respectivo valor a uma temperatura T2 é usualmente modelada através da equação de Van't Hoff - Arrhenius:

$$K_{b2} = K_{b1} \theta^{T2-T1}$$

em que  $\theta$  é uma constante. Numa investigação especificamente realizada para o cloro,  $\theta$  foi estimado em 1.1 para T1 a 20°C (Koechling, 1998).

### Reacções na Parede da Tubagem

Durante o mecanismo de transporte nas tubagens, as substâncias dissolvidas podem ser transportadas para a parede da tubagem e reagir com materiais, como sejam os produtos de corrosão ou biofilme, que se encontrem junto ou na parede da tubagem. A área de tubagem disponível para reacção e a taxa de transferência de massa entre o seio do escoamento e a parede também influenciam a taxa de reacção. O raio hidráulico, que para uma tubagem é igual ao raio a dividir por dois, determina o factor de forma. O efeito de transferência de massa pode ser representado por um coeficiente de transferência de massa, cujo valor depende da difusão molecular das espécies reactivas e do número de Reynolds do escoamento (Rossman *et al.*, 1994). Para leis cinéticas de 1ª ordem, a taxa de reacção na tubagem pode ser traduzida pela seguinte expressão:

$$r = \frac{2k_w k_f C}{R(k_w + k_f)}$$

em que  $k_w$  = coeficiente de reacção na parede (comprimento/tempo),  $k_f$  = coeficiente de transferência de massa (comprimento/tempo) e  $R$  = raio da tubagem. Para cinéticas de ordem zero, a taxa de reacção não pode ser superior à taxa de transferência de massa

$$r = \text{MIN}(k_w, k_f C)(2/R)$$

em que  $k_w$  tem agora as unidades de massa/área/tempo.

Os coeficientes de transferência de massa são usualmente expressos em termos do número adimensional de Sherwood ( $Sh$ ):

$$k_f = Sh \frac{D}{d}$$

em que  $D$  = difusão molecular da espécie a ser transportada (comprimento<sup>2</sup>/tempo) e  $d$  = diâmetro da tubagem. Em regime laminar, o número de Sherwood médio ao longo do comprimento de uma tubagem pode ser expresso do seguinte modo

$$Sh = 3.65 + \frac{0.0668(d/L) Re Sc}{1 + 0.04[(d/L) Re Sc]^{2/3}}$$

em que  $Re$  = número de Reynolds e  $Sc$  = número de Schmidt (viscosidade cinemática da água a dividir pela difusão molecular do químico) (Edwards *et al.*, 1976). Para escoamento turbulento, a correlação empírica de Notter e Sleicher (1971) pode ser utilizada:

$$Sh = 0.0149 Re^{0.88} Sc^{1/3}$$

### Sistema de Equações

Quando aplicadas a uma rede, as equações D.5-D.7 representam um conjunto de equações diferenciais/algébricas, com coeficientes variáveis em função do tempo, que permitem obter os valores de  $C_i$  nas tubagens  $i$  e de  $C_s$  em cada RNV. Estas soluções estão sujeitas ao seguinte conjunto de condições externas:

- condições iniciais que especificam os valores de  $C_i$  para todos os valores de  $x$  na tubagem  $i$  e  $C_s$  em cada reservatório no instante 0,
- condições de fronteira que especificam valores para  $C_{k,ext}$  e  $Q_{k,ext}$  para todos os instantes  $t$ , em cada nó  $k$  onde existam entradas extremas de massa
- condições de hidráulica que especifiquem o volume  $V_s$  em cada RNV e o caudal  $Q_i$  no troço  $i$  para todos os instantes  $t$ .

## Algoritmo Lagrangeano de Transporte

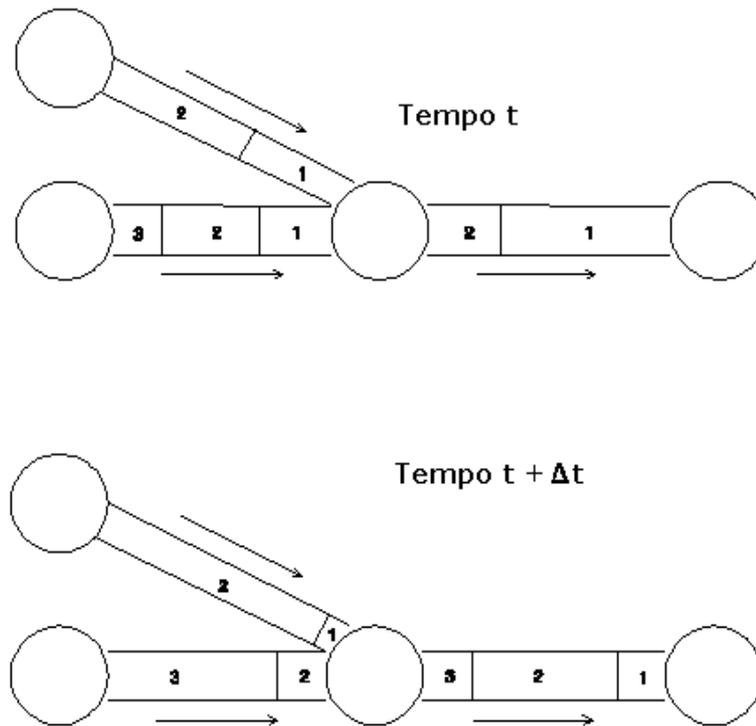
O simulador de qualidade da água do EPANET utiliza o método lagrangeano para seguir o destino de parcelas discretas de água (modelados como segmentos), à medida que estas se deslocam nas tubagens e se misturam nos nós, entre passos de cálculo com comprimento fixo (Liou e Kroon, 1987). Um passo de cálculo de qualidade da água deve ser tipicamente mais pequeno que o passo de cálculo de hidráulica (p.ex., minutos em vez de horas) para ter em conta pequenos tempos de percurso que possam ocorrer nas tubagens. À medida que o tempo avança, o tamanho do segmento mais a montante na tubagem aumenta com a entrada de água, enquanto que uma igual perda de tamanho ocorre no segmento mais a jusante à medida que a água sai da tubagem. O tamanho dos segmentos intermédios permanece inalterado. (ver Figura D.1).

Os seguintes passos ocorrem no final de cada passo de cálculo:

1. A qualidade da água em cada segmento é actualizada de modo reflectir qualquer reacção que possa ter ocorrido ao longo do passo de cálculo.
2. A água que entra em cada nó proveniente de parcelas de água de várias tubagens com caudal é misturada com o caudal externo (se existir) para calcular um novo valor de concentração da água no nó. A contribuição do volume proveniente de cada segmento é igual ao produto do caudal na tubagem pelo passo de cálculo. Se este produto exceder o volume do segmento, o segmento é destruído e o próximo segmento (aquele que se lhe segue na tubagem) começa a contribuir com o seu volume.
3. Contribuições de origens externas são adicionadas aos valores de qualidade nos nós. A concentração em RNVs é actualizada dependendo do método utilizado para modelar a mistura em cada RNV (ver abaixo).
4. Novos segmentos são criados em tubagens com o caudal que sai de cada nó, RNF e RNV. O volume do segmento é igual ao produto do caudal na tubagem pelo passo de cálculo. A concentração no novo segmento é igual ao novo valor de concentração no nó.

Para reduzir o número de segmentos, o passo 4 é apenas executado se a nova concentração no nó diferir do valor da concentração no último segmento da tubagem de saída, dentro de uma tolerância previamente especificada. Se a diferença na concentração estiver abaixo da tolerância especificada, o tamanho do último segmento da tubagem de saída é simplesmente aumentado de um volume correspondente ao produto do caudal na tubagem pelo passo de cálculo respectivo.

Este processo é repetido para o próximo passo de cálculo de qualidade da água. No início do próximo passo de hidráulica, a ordem dos segmentos em troços cujo caudal tenha invertido o sentido é trocada. Inicialmente, cada tubagem na rede é composta por um único segmento, cuja concentração é igual à concentração inicial no nó de montante.



**Figura D.1** Comportamento dos segmentos de acordo com o Método Lagrangeano

### D.3 Referências

- Bhave, P.R. 1991. *Analysis of Flow in Water Distribution Networks*. Technomic Publishing. Lancaster, PA.
- Clark, R.M. 1998. "Chlorine demand and Trihalomethane formation kinetics: a second-order model", *Jour. Env. Eng.*, Vol. 124, No. 1, pp. 16-24.
- Dunlop, E.J. 1991. *WADI Users Manual*. Local Government Computer Services Board, Dublin, Ireland.
- George, A. & Liu, J. W-H. 1981. *Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hamam, Y.M, & Brameller, A. 1971. "Hybrid method for the solution of piping networks", *Proc. IEE*, Vol. 113, No. 11, pp. 1607-1612.
- Koehling, M.T. 1998. *Assessment and Modeling of Chlorine Reactions with Natural Organic Matter: Impact of Source Water Quality and Reaction Conditions*, Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio.
- Liou, C.P. and Kroon, J.R. 1987. "Modeling the propagation of waterborne substances in distribution networks", *J. AWWA*, 79(11), 54-58.

- Notter, R.H. and Sleicher, C.A. 1971. "The eddy diffusivity in the turbulent boundary layer near a wall", *Chem. Eng. Sci.*, Vol. 26, pp. 161-171.
- Osiadacz, A.J. 1987. *Simulation and Analysis of Gas Networks*. E. & F.N. Spon, London.
- Rossman, L.A., Boulos, P.F., and Altman, T. (1993). "Discrete volume-element method for network water-quality models", *J. Water Resour. Plng. and Mgmt.*, Vol. 119, No. 5, 505-517.
- Rossman, L.A., Clark, R.M., and Grayman, W.M. (1994). "Modeling chlorine residuals in drinking-water distribution systems", *Jour. Env. Eng.*, Vol. 120, No. 4, 803-820.
- Rossman, L.A. and Boulos, P.F. (1996). "Numerical methods for modeling water quality in distribution systems: A comparison", *J. Water Resour. Plng. and Mgmt.*, Vol. 122, No. 2, 137-146.
- Rossman, L.A. and Grayman, W.M. 1999. "Scale-model studies of mixing in drinking water storage tanks", *Jour. Env. Eng.*, Vol. 125, No. 8, pp. 755-761.
- Salgado, R., Todini, E., & O'Connell, P.E. 1988. "Extending the gradient method to include pressure regulating valves in pipe networks". *Proc. Inter. Symposium on Computer Modeling of Water Distribution Systems*, University of Kentucky, May 12-13.
- Todini, E. & Pilati, S. 1987. "A gradient method for the analysis of pipe networks". *International Conference on Computer Applications for Water Supply and Distribution*, Leicester Polytechnic, UK, September 8-10.

#### **D.4 Bibliografia Recomendada em Língua Portuguesa**

- Abreu, J. M. (2001) - "Formulação do Problema da Análise Estática". Notas do Curso "Análise de Sistemas de Distribuição de Água", *Programa ADAPT-Água*, Coimbra, Março 2001.
- Alegre, H (1990) - "Modelação de Redes de Distribuição de Água de Abastecimento - Guia de Utilização", *Informação Técnica e Científica de Hidráulica (ITH 31)*, LNEC, Lisboa, Portugal.
- Alegre, H. (1986) - "Modelos de Simulação de Sistemas de Distribuição de Água - Métodos de Avaliação e Distribuição de Consumos na Rede", *Informação Técnica e Científica de Hidráulica (ITH 25)*, LNEC, Lisboa, Portugal.
- Alegre, H. (1994) - "Instrumentos de Apoio à Gestão Técnica de Sistemas de Distribuição de Água", *Teses e Programas de Investigação (TPI 1)*, LNEC, Lisboa, Portugal.
- Alegre, H. (1999) - "Diagnóstico de Sistemas de Abastecimento de Água", *Comunicações (COM 21)*, LNEC, Lisboa, Portugal.

- Alegre, H. Coelho, S. T. (1998) - “Princípios Relevantes para a Eficiente Gestão Técnica de Sistemas de Abastecimento de Água”, *Anais do 8º Encontro Nacional de Saneamento Básico*, 27-30 Outubro, Barcelos, Portugal.
- Baptista, J.M. (1994) - “Método das Velocidades Máximas para o Dimensionamento Racional de Redes de Distribuição de Água” *Memórias (M 801)*, LNEC, Lisboa, Portugal.
- Baptista, J.M. (1994) - “Método de Transformação dos Diâmetros para o Dimensionamento Económico de Sistemas de Distribuição de Água” *Memórias (M 802)*, LNEC, Lisboa, Portugal.
- Baptista, J. M, Matos, M. R. Pena, J. C. R. (1987) - “Regulamentação e Normalização Técnica no Domínio do Saneamento Básico”, *Informação Técnica e Científica de Hidráulica (ITH 28)*, LNEC, Lisboa, Portugal.
- Baptista, J. M. (1988) - “Águas e Esgotos em Loteamentos Urbanos”, *Cursos e Seminários (S 328)*, LNEC, Lisboa, Portugal.
- Coelho, S.T. e Alegre, H. (1999) - “Indicadores de Desempenho de Sistemas de Saneamento Básico”, *Informação Técnica e Científica de Hidráulica (ITH 40)*, LNEC, Lisboa, Portugal.
- Lencastre, A. (1996) - “Hidráulica Geral”, *Edição do autor*, Lisboa.
- Quintela, A. C. (1981) - “Hidráulica”, *Fundação Calouste Gulbenkian*, Lisboa.
- Viana, P. M. B. e Matos J. A. S. (1990) - “Níveis de Trihalometanos nas Águas de Consumo, nos Concelhos de Lisboa, Cascais e Loures”, *Recursos Hídricos*, 10, 83-88.
- Vieira, P. (2001) - “Decaimento do Cloro em Sistemas de Distribuição de Água para Consumo Humano”, *Tese de Mestrado*, Lisboa, Portugal.
- Vieira, P. Coelho, S. T. (2000) - “Decaimento do Cloro em Sistemas de Distribuição de Água”, *Anais do 5º Congresso da Água (em CD-Rom)*, 25-29 Outubro, Lisboa, Portugal.

## ANEXO E - DICIONÁRIOS

Apresentam-se neste anexo dois dicionários – Inglês-Português e Português-Inglês – cujo objectivo primordial é facilitar a compreensão de termos técnicos de simulação de redes e de computação utilizados nas versões em inglês e em português do Epanet 2.0.

### E.1 Dicionário Inglês - Português

Inglês	Significado em Português
<i>2COMP</i>	2 Compartimentos
<i>3D effect percent</i>	percentagem de efeito 3D
<i>45 degree elbow</i>	curva a 45°
<i>about</i>	acerca de
<i>above</i>	acima de
<i>accuracy</i>	erro máximo de convergência
<i>active</i>	activo
<i>actual demand</i>	consumo corrente
<i>add button</i>	botão adicionar
<i>add junction</i>	adicionar nó
<i>add label</i>	adicionar rótulo
<i>add pipe</i>	adicionar tubagem
<i>add pump</i>	adicionar bomba
<i>add reservoir</i>	adicionar RNF
<i>add tank</i>	adicionar RNV
<i>add valve</i>	adicionar válvula
<i>add vertex</i>	adicionar vértice
<i>adjacent links</i>	troços adjacentes
<i>advection</i>	advecção
<i>align</i>	alinhar
<i>all</i>	tudo
<i>analysis</i>	simulação
<i>analysis options</i>	opções de simulação
<i>anchor node</i>	nó-âncora
<i>angle valve</i>	válvula de ângulo
<i>animation speed</i>	velocidade de animação
<i>arrange</i>	dispor janelas
<i>arrow size</i>	tamanho da seta
<i>arrow style</i>	estilo da seta
<i>arrow tip</i>	seta em forma de ponteira
<i>arrows</i>	setas
<i>at zoom of</i>	ao nível de ampliação
<i>attach</i>	inserir
<i>auto scale</i>	escala automática
<i>auto-length</i>	auto-comprimento
<i>automatic backup file</i>	ficheiro de <i>backup</i> automático
<i>auto-size</i>	ver tudo
<i>auto-size button</i>	botão de ver tudo
<i>average</i>	média
<i>average efficiency</i>	rendimento médio
<i>average kW</i>	kW médio
<i>average reaction rate</i>	valor médio da taxa de reacção
<i>average water quality</i>	concentração média do parâmetro de

	qualidade da água
<i>axis title</i>	título do eixo
<i>back</i>	para trás
<i>backdrop</i>	imagem de fundo
<i>background</i>	fundo do mapa
<i>background color</i>	cor de fundo
<i>base demand</i>	consumo-base
<i>baseline demand</i>	consumo-base
<i>basic transport</i>	advecção
<i>below</i>	abaixo
<i>binary output file</i>	ficheiro binário de resultados
<i>bitmap</i>	<i>bitmap</i>
<i>blinking map hiliter</i>	visualização intermitente
<i>bold fonts</i>	fontes a negrito
<i>booster source</i>	origem do tipo ponto de reforço de massa
<i>booster station</i>	estação de tratamento adicional
<i>bottom elevation</i>	cota do fundo
<i>browse button</i>	botão procurar
<i>browser, browser window</i>	janela de procura
<i>bulk coefficient, bulk reaction coefficient</i>	coeficiente de reacção no seio do escoamento
<i>bulk flow reaction rate,</i>	taxa de reacção instantânea no seio do escoamento
<i>bulk reaction</i>	reacção no seio do escoamento
<i>bulk reaction order</i>	ordem da reacção no seio do escoamento
<i>calibrate against</i>	parâmetro a calibrar
<i>calibration</i>	calibração
<i>calibration data</i>	dados de calibração
<i>calibration data dialog calibration data dialog form,</i>	caixa de diálogo dos dados de calibração
<i>calibration report, calibration report dialog form</i>	relatório de calibração, caixa de diálogo do relatório de calibração
<i>calibration report options form</i>	caixa de diálogo de opções do relatório de calibração
<i>cancel</i>	cancelar
<i>categories of water users</i>	categorias de consumo
<i>chart</i>	gráfico
<i>chart options</i>	opções de gráfico
<i>check valve</i>	válvula de retenção (VR)
<i>checkbox</i>	<i>checkbox</i>
<i>chemical</i>	químico
<i>chloramines</i>	cloraminas
<i>chlorine</i>	cloro residual
<i>clipboard</i>	<i>clipboard</i>
<i>clock start time</i>	tempo de início da simulação
<i>clock time</i>	instante do dia
<i>close all</i>	fechar tudo
<i>close button</i>	botão fechar
<i>closed</i>	fechado
<i>closed return bend</i>	curva de retorno
<i>color</i>	cor
<i>color dialog box</i>	caixa de diálogo de cores
<i>color ramp</i>	rampa de cores

<i>color ramp button</i>	botão de rampa de cores
<i>color ramp selector</i>	selecção de rampa de cores
<i>columns</i>	colunas
<i>combo box</i>	<i>combo box</i>
<i>command</i>	comando
<i>computed</i>	simulado
<i>concentration</i>	concentração, origem de concentração
<i>confirm deletions</i>	confirmar antes de apagar
<i>consumer demand</i>	consumo
<i>contaminant intrusion</i>	intrusão de contaminante
<i>contour lines</i>	linhas de contorno
<i>contour options dialog, contour options dialog form</i>	caixa de diálogo de opções de isolinhas
<i>contour plot</i>	gráfico de isolinhas
<i>contour plot options</i>	opções do gráfico de isolinhas
<i>control</i>	controlo
<i>control statements</i>	instruções de controlo
<i>controls editor</i>	editor de controlos
<i>copy</i>	copiar
<i>copy dialog</i>	caixa de diálogo copiar
<i>copy to</i>	copiar para
<i>correlation plot</i>	gráfico de correlação
<i>cost/day</i>	custo/dia
<i>cross-sectional area</i>	área transversal
<i>current</i>	actual, corrente
<i>curve</i>	curva
<i>curve data</i>	curva de dados
<i>curve editor</i>	editor de curva
<i>curve editor dialog, curve editor dialog form</i>	caixa de diálogo do editor de curva
<i>curve ID</i>	ID da curva
<i>curve type</i>	tipo de curva
<i>US customary units</i>	unidades do sistema americano (US)
<i>cut</i>	cortar
<i>cylindrical tanks</i>	reservatórios cilíndricos
<i>darcy-weisbach friction factor</i>	fator de resistência de Darcy-Weisbach
<i>data</i>	dados
<i>data browser</i>	página de dados da janela de procura
<i>data file</i>	ficheiro de dados
<i>data page</i>	página de dados
<i>data to export</i>	dados a exportar
<i>default</i>	opção por defeito, valor por defeito
<i>default dialog form</i>	caixa de diálogo de valores por defeito
<i>default hydraulic analysis options</i>	opções de simulação hidráulica por defeito
<i>default ID label</i>	rótulo de ID por defeito
<i>default node/link properties</i>	propriedades do nó/troço por defeito
<i>default pattern</i>	padrão por defeito
<i>default time pattern</i>	padrão temporal por defeito
<i>delete</i>	apagar
<i>delete vertex</i>	apagar vértice
<i>demand</i>	consumo
<i>demand categories</i>	categorias de consumo
<i>demand charge</i>	tarifa de consumo máximo

<i>demand editor</i>	editor de consumo
<i>demand multiplier</i>	factor de consumo
<i>demand pattern</i>	padrão de consumo
<i>demand pattern property</i>	propriedade padrão de consumo
<i>description</i>	descrição
<i>design</i>	dimensionamento
<i>dialog, dialog form</i>	caixa de diálogo
<i>diameter</i>	diâmetro
<i>dimensions</i>	dimensões
<i>directory</i>	pasta
<i>discharge coefficient</i>	coeficiente de vazão
<i>discharge side</i>	circuito de compressão (bomba)
<i>dispersion</i>	dispersão
<i>display</i>	mostrar
<i>display border</i>	mostrar limite
<i>display emitters</i>	mostrar dispositivos do tipo orifício
<i>display junctions</i>	mostrar nós
<i>display legend</i>	mostrar legenda
<i>display link ID's</i>	mostrar IDs dos troços
<i>display link values</i>	mostrar valores nos troços
<i>display map labels</i>	mostrar rótulos no mapa
<i>display node ID's</i>	mostrar IDs dos nós
<i>display node values</i>	mostrar valores nos nós
<i>display pumps</i>	mostrar bombas
<i>display sources</i>	mostrar origens de QA
<i>display tanks</i>	mostrar reservatórios
<i>display valves</i>	mostrar válvulas
<i>dotted</i>	traço interrompido
<i>double-click</i>	duplo clique
<i>draw junctions as</i>	desenhar nós como
<i>dropdown list box</i>	<i>dropdown list box</i>
<i>edit</i>	editar
<i>edit box</i>	caixa de edição
<i>edit button</i>	botão editar
<i>edit menu</i>	menu editar
<i>efficiency</i>	rendimento
<i>efficiency curve</i>	curva de rendimento do grupo electrobomba
<i>elevation</i>	cota do terreno
<i>ellipsis botton</i>	botão de escolha
<i>emitter</i>	dispositivo emissor do tipo orifício
<i>emitter coefficient</i>	coeficiente de vazão do dispositivo emissor
<i>emitter exponent</i>	expoente do emissor
<i>enabled</i>	activado
<i>encrustation</i>	incrustação
<i>end node</i>	nó final
<i>energy</i>	energia
<i>energy options</i>	opções de energia
<i>energy options dialog box</i>	caixa de diálogo de opções de energia
<i>energy price</i>	preço de energia
<i>energy price / kWh</i>	preço do kWh
<i>energy report</i>	relatório de energia
<i>enzyme-catayized reactions</i>	reacções de enzima-catalizador

<i>EPANET's workspace</i>	ambiente de trabalho do EPANET
<i>equal</i>	igual
<i>equal intervals</i>	intervalos iguais
<i>equal intervals button</i>	botão de intervalos iguais
<i>equal quantiles button</i>	botão de quantis iguais
<i>equation</i>	equação
<i>equation box</i>	caixa de equação
<i>exit</i>	entrada em aresta viva tubagem-reservatório, sair
<i>export</i>	exportar
<i>export data dialog form</i>	caixa de diálogo de exportar dados
<i>export map to</i>	exportar mapa para
<i>export scenario</i>	exportar cenário
<i>extended period analysis</i>	simulação dinâmica
<i>fancy</i>	fantasia
<i>FIFO</i>	FIFO (escoamento em êmbolo - " <i>first in - first out</i> ")
<i>file</i>	ficheiro
<i>file menu</i>	menu ficheiro
<i>file save dialog, file save dialog form</i>	caixa de diálogo guardar ficheiro
<i>fill-and-draw</i>	enchimento e esvaziamento completo
<i>filled</i>	preenchido
<i>filled circles</i>	círculos preenchidos
<i>filled contours</i>	contornos preenchidos
<i>filled squares</i>	quadrados preenchidos
<i>filters</i>	filtros
<i>find</i>	localizar
<i>fire flow</i>	caudal de combate a incêndio
<i>fitting</i>	singularidade
<i>fixed status</i>	estado fixo
<i>flouride tracer</i>	traçador de flúor
<i>flow, flow rate</i>	escoamento, caudal
<i>flow arrows</i>	setas de escoamento
<i>flow control valve - FCV</i>	válvula reguladora de caudal - VRC
<i>flow paced booster</i>	ponto de reforço de concentração
<i>flow units</i>	unidades de caudal
<i>flyover map labeling</i>	identificação automática
<i>folder</i>	pasta
<i>font</i>	fonte
<i>font button</i>	botão de fonte
<i>font dialog</i>	caixa de diálogo de fonte
<i>foreground</i>	primeiro plano
<i>format preferences</i>	preferências de formato
<i>formats, formats page</i>	formatos, página de formatos
<i>forward</i>	para a frente
<i>forward button</i>	botão para a frente
<i>framed</i>	limite
<i>frequency plot</i>	gráfico de frequências
<i>friction factor</i>	factor de resistência
<i>friction headloss</i>	perda de carga
<i>full</i>	completo
<i>full extent</i>	tamanho original
<i>full flow</i>	escoamento em pressão

<i>full page</i>	página completa
<i>full report</i>	relatório completo
<i>gate valve</i>	válvula de seccionamento, válvula de bloqueio
<i>general</i>	geral
<i>general page</i>	página geral
<i>general preferences</i>	preferências gerais
<i>general purpose valve - GPV</i>	válvula genérica - VG
<i>global bulk coefficient</i>	coeficiente de reacção no seio do escoamento
<i>global pricing pattern</i>	padrão de preço global
<i>global pump efficiency</i>	valor global do rendimento do grupo electro bomba
<i>global wall coefficient</i>	coeficiente de reacção na parede da tubagem
<i>globe valve</i>	válvula de globo
<i>gradient method</i>	método do gradiente
<i>graph</i>	gráfico
<i>graph button</i>	botão de gráfico
<i>graph options</i>	opções de gráfico
<i>graph options dialog form</i>	caixa de diálogo de opções de gráfico
<i>graph selection</i>	selecção de gráfico
<i>graph selection dialog box, graph selection dialog form</i>	caixa de diálogo de selecção de gráfico
<i>graph type</i>	tipo de gráfico
<i>gridlines</i>	linhas de grelha
<i>groundwater aquifers</i>	aquíferos
<i>group edit</i>	editor de grupo
<i>group-edit dialog form</i>	caixa de diálogo de editor de grupo
<i>has the focus</i>	recebe o foco
<i>Hazen-Williams, Darcy-Weisbach e Manning formulas</i>	fórmulas de cálculo da perda de carga contínua
<i>head</i>	carga hidráulica
<i>head delivered, head gain</i>	altura de elevação
<i>head loss curve</i>	curva de perda de carga
<i>head pattern</i>	padrão de nível
<i>headers/footers page</i>	página de cabeçalhos/rodapés
<i>headloss, headloss formula</i>	perda de carga, fórmula de perda de carga
<i>help</i>	ajuda
<i>help menu</i>	menu ajuda
<i>help topics</i>	tópicos de ajuda
<i>hide</i>	ocultar
<i>hint-style box</i>	caixa do tipo rótulo
<i>hit the enter key</i>	pressione a tecla <i>enter</i>
<i>horizontal axis</i>	eixo horizontal
<i>hybrid method</i>	método híbrido
<i>hybrid node-loop approach</i>	método híbrido nó-malha
<i>hydraulic analysis</i>	simulação hidráulica
<i>hydraulic head</i>	carga hidráulica
<i>hydraulic options</i>	caixa de diálogo de opções de hidráulica
<i>hydraulic time step</i>	passo de cálculo hidráulico
<i>hydraulics</i>	hidráulica
<i>ID</i>	identificação

<i>ID increment</i>	incremento da numeração automática de ID
<i>ID label</i>	rótulo de ID
<i>ID prefix</i>	prefixo de ID
<i>if unbalanced</i>	se não convergir
<i>import</i>	importar
<i>importing a partial network</i>	importar dados parciais da rede
<i>increment</i>	incremento
<i>inicial status</i>	estado inicial
<i>initial level</i>	altura de água inicial no reservatório de nível variável
<i>initial quality</i>	qualidade inicial
<i>initial status</i>	estado inicial
<i>inlet-outlet compartment</i>	compartimento de entrada-saída
<i>input file</i>	ficheiro de dados
<i>items to graph</i>	objectos a representar
<i>joint</i>	junta
<i>junction</i>	nó
<i>junction ID</i>	ID do nó
<i>keyboard</i>	teclado
<i>label</i>	rótulo
<i>lagrangian transport algorithm</i>	algoritmo de transporte lagrangeano
<i>landscape</i>	paisagem
<i>leak</i>	fuga
<i>leakage</i>	perda
<i>leaking crack</i>	fuga por fissura
<i>left mouse button held down</i>	botão esquerdo do rato pressionado
<i>legend</i>	legenda
<i>legend editor</i>	editor de legenda
<i>legend editor dialog form</i>	caixa de diálogo do editor de legenda
<i>legend intervals</i>	intervalos de valores da legenda
<i>legend title</i>	título da legenda
<i>length</i>	comprimento
<i>LIFO</i>	LIFO (escoamento em êmbolo - “ <i>Last in - first out</i> ”)
<i>limiting concentration</i>	concentração-limite
<i>lined iron pipe</i>	ferro galvanizado
<i>lines</i>	linhas
<i>lines per level</i>	linhas por nível
<i>link</i>	troço
<i>link legend</i>	legenda do troço
<i>link parameter</i>	parâmetro no troço
<i>link size</i>	espessura do troço
<i>link view</i>	visualizar dados nos troços
<i>load</i>	carregar
<i>load button</i>	botão carregar
<i>location</i>	localização
<i>location ID</i>	ID da Localização
<i>long-radius elbow</i>	curva a 90°- raio grande
<i>loss coefficient</i>	coeficiente de perda de carga singular
<i>lower left</i>	canto inferior esquerdo
<i>lower left coordinates</i>	coordenadas do canto inferior esquerdo
<i>main category</i>	categoria de consumo principal
<i>main menu bar</i>	barra de menus principal

<i>main title</i>	título principal
<i>main treatment work</i>	estação de tratamento de águas para consumo humano
<i>map</i>	mapa
<i>map browser</i>	página do mapa da janela de procura
<i>map dimensions</i>	dimensões do mapa
<i>map dimensions dialog</i>	caixa de diálogo de dimensões do mapa
<i>map export</i>	exportar mapa
<i>map export dialog form</i>	caixa de diálogo de exportar mapa
<i>map file</i>	ficheiro de coordenadas
<i>map finder</i>	localização no mapa
<i>map finder dialog box</i>	caixa de diálogo de localização no mapa
<i>map label</i>	legenda do mapa
<i>map options</i>	opções do mapa
<i>map options dialog, map options dialog form</i>	caixa de diálogo de opções do mapa
<i>map page</i>	página do mapa
<i>map query</i>	consulta no mapa
<i>map scaling units</i>	unidades de comprimento do mapa
<i>map toolbar</i>	barra de ferramentas do mapa
<i>map units</i>	unidades do mapa
<i>margins</i>	margens
<i>margins page</i>	página de margens
<i>markers</i>	marcadores
<i>mass booster</i>	ponto de reforço de massa
<i>mass flow rate</i>	fluxo de massa
<i>mass transfer coefficient</i>	coeficiente de transferência de massa
<i>mass units</i>	unidades de massa
<i>maximum</i>	máximo
<i>maximum level</i>	altura de água máxima no reservatório de nível variável
<i>maximum trials</i>	nº máximo de iterações
<i>mean comparisions</i>	comparação de valores médios
<i>measured at nodes</i>	medições nos nós
<i>medium-radius elbow</i>	curva a 90° - raio médio
<i>menu bar</i>	barra de menus principal
<i>metafile</i>	<i>metafile</i>
<i>meter ID</i>	ID do medidor
<i>meter type</i>	tipo de medidor
<i>microbial growth</i>	crescimento microbiano
<i>minimum</i>	mínimo
<i>minimum level</i>	altura de água mínima no reservatório de nível variável
<i>minimum volume</i>	volume mínimo
<i>minor head loss</i>	perda de carga singular
<b>MIXED</b>	mistura completa
<i>mixing fraction</i>	fracção de mistura
<i>mixing model</i>	modelo de mistura
<i>model components</i>	componentes do modelo
<i>modify</i>	modificar
<i>modify legend</i>	modificar legenda
<i>molecular diffusivity</i>	difusão molecular
<i>move down</i>	mover p/ baixo

<i>move up</i>	mover p/ cima
<i>multiplier</i>	factor multiplicativo
<i>multi-point curve</i>	curva com múltiplos pontos
<i>narrow standpipe</i>	reservatório de nível variável de secção estreita face à altura
<i>net inflow</i>	balanço de caudal
<i>network</i>	rede
<i>network backdrop</i>	imagem de fundo da rede
<i>network components</i>	componentes da rede
<i>network links at</i>	troços da rede às
<i>network map</i>	janela do mapa da rede
<i>network nodes at</i>	nós da rede às
<i>new</i>	novo
<i>Newton loop-node method</i>	método de Newton nó-malha
<i>next page</i>	página seguinte
<i>no view</i>	nada a mostrar
<i>nodal demands</i>	consumo nos nós
<i>node</i>	nó
<i>node legend</i>	legenda do nó
<i>node parameter</i>	parâmetro no nó
<i>node pressure</i>	pressão como valor no nó
<i>node size</i>	tamanho do nó
<i>node view</i>	visualizar dados nos nós
<i>non-cylindrical tanks</i>	reservatórios não cilíndricos
<i>none</i>	nenhum
<i>non-physical components</i>	componentes não físicos
<i>non-physical objects</i>	objectos não físicos
<i>notation</i>	notação
<i>notes</i>	notas
<i>nozzle</i>	agulheta
<i>object</i>	objecto
<i>object selection mode</i>	modo de selecção de objecto
<i>object type</i>	tipo de objecto
<i>observed</i>	observado
<i>off</i>	desactivado
<i>on</i>	activado
<i>open</i>	abrir
<i>open a backdrop map</i>	abrir uma imagem de fundo do mapa
<i>open circles</i>	círculos abertos
<i>open file dialog, open file dialog form</i>	caixa de diálogo abrir ficheiro
<i>option</i>	opção
<i>options button</i>	botão de opções
<i>options-times</i>	caixa de diálogo de opções de tempo
<i>orientation</i>	orientação
<i>outflow</i>	caudal efluente
<i>overview map</i>	vista panorâmica
<i>page</i>	página
<i>page numbers</i>	numeração de página
<i>page setup</i>	configurar página
<i>page setup dialog, page setup dialog form</i>	caixa de diálogo de configuração de página
<i>page width</i>	largura da página

<i>pan</i>	mover
<i>panel color</i>	cor do painel
<i>paper size</i>	tamanho do papel
<i>parameter</i>	parâmetro
<i>parameter field</i>	campo parâmetro
<i>paste</i>	colar
<i>pattern</i>	padrão
<i>pattern editor</i>	editor de padrão
<i>pattern editor dialog</i>	caixa de diálogo do editor de padrão
<i>pattern ID</i>	ID do padrão
<i>pattern price</i>	padrão de preço
<i>pattern start time</i>	tempo de início do padrão
<i>pattern time step</i>	passo de tempo do padrão
<i>peak kW</i>	kW máximo
<i>physical objects</i>	objectos físicos
<i>pie</i>	círculo
<i>pie options</i>	opções de círculo
<i>pipe</i>	tubagem
<i>pipe diameters</i>	diâmetro das tubagens
<i>pipe ID</i>	ID da tubagem
<i>pipe network</i>	rede
<i>pipe network model</i>	modelo da rede
<i>pipe roughness</i>	rugosidade da tubagem
<i>plot</i>	representar graficamente, imprimir
<i>plug-flow</i>	escoamento em êmbolo
<i>pop-up dialog</i>	caixa de diálogo instantânea
<i>pop-up menu</i>	menu instantâneo
<i>portrait</i>	retrato
<i>position</i>	posição
<i>power</i>	potência
<i>preferences</i>	preferências
<i>preferences dialog, preferences dialog form</i>	caixa de diálogo de preferências
<i>pressure</i>	pressão, altura piezométrica
<i>pressure breaker valve -PBV</i>	válvula de perda carga fixa - VPCF
<i>pressure drop</i>	queda de pressão
<i>pressure reducing valve - PRV</i>	válvula de controlo de pressão a jusante ou válvula redutora de pressão - VRP
<i>pressure sustaining valve - PSV</i>	válvula de controlo da pressão a montante ou válvula de alívio - VA
<i>pressure zone</i>	zona de pressão
<i>pressurized pneumatic tank</i>	reservatório de nível variável pneumático pressurizado
<i>previe, print preview</i>	ver antes
<i>preview window</i>	janela ver antes
<i>price pattern</i>	padrão de preço
<i>print</i>	imprimir
<i>print preview form</i>	janela de ver antes
<i>printer button</i>	botão de impressora
<i>profile plot</i>	gráfico de perfil
<i>project</i>	projecto
<i>project menu</i>	menu projecto
<i>project summary</i>	sumário do projecto

<i>project summary dialog, project summary dialog form</i>	caixa de diálogo de sumário do projecto
<i>properties</i>	propriedades
<i>properties button</i>	botão de propriedades
<i>property editor</i>	editor de propriedades, janela do editor de propriedades
<i>property list</i>	lista de propriedades
<i>proportional to value</i>	proporcional ao valor
<i>pump</i>	bomba
<i>pump curve</i>	curva da bomba
<i>pump design flow</i>	caudal nominal da bomba
<i>pump design head</i>	altura de elevação nominal da bomba
<i>pump ID</i>	ID da bomba
<i>pump speed</i>	velocidade de rotação da bomba
<i>pump's desired operating point</i>	ponto óptimo de funcionamento da bomba
<i>pumping efficiency</i>	rendimento de bombeamento
<i>pumping energy</i>	energia de bombeamento
<i>pumping rate</i>	taxa de bombeamento
<i>quality</i>	qualidade
<i>quality options</i>	caixa de diálogo de opções de qualidade da água
<i>quality pattern</i>	padrão de qualidade
<i>quality time step</i>	passo de cálculo de qualidade da água
<i>quality tolerance</i>	tolerância de qualidade da água
<i>query</i>	consultar
<i>query dialog form</i>	caixa de diálogo de consulta
<i>quit editing</i>	sair de edição
<i>range</i>	intervalo de valores, amplitude
<i>reaction</i>	reação
<i>reaction coefficient</i>	coeficiente de reação
<i>reaction rate</i>	taxa de reação
<i>reaction report</i>	relatório de reação
<i>reactions options</i>	editor de opções de reacções
<i>re-chlorination</i>	recloração
<i>reduced flow - backflow prevention valve</i>	válvula de retenção de caudal reduzido
<i>reduced pressure backflow prevention valve</i>	válvula de retenção de pressão reduzida
<i>region</i>	zona
<i>relative diffusivity</i>	difusão relativa
<i>relative speed</i>	regulação de velocidade
<i>relative viscosity</i>	viscosidade relativa
<i>report</i>	relatório
<i>report menu</i>	menu relatório
<i>report start time</i>	tempo de início do relatório
<i>reporting time step</i>	passo de tempo do relatório
<i>required property</i>	propriedade necessária
<i>reservoir</i>	reservatório de nível fixo
<i>reservoir ID</i>	ID do reservatório de nível fixo
<i>reverse</i>	inverter
<i>reverse colors</i>	inverter cores
<i>rewind</i>	rebobinar
<i>right-click</i>	clique com o botão direito

<i>rotation angle</i>	ângulo de rotação
<i>roughness</i>	rugosidade
<i>roughness coefficient</i>	coeficiente de rugosidade, coeficiente da fórmula de perda de carga
<i>rule-based</i>	condições múltiplas
<i>rule-based controls</i>	controles com condições múltiplas
<i>run, run analysis</i>	executar, execução da simulação
<i>run status</i>	estado da simulação
<i>satellite treatment facility</i>	instalação de tratamento adicional
<i>satellite treatment</i>	tratamento adicional
<i>save</i>	guardar
<i>save as</i>	guardar como
<i>save as default for all new projects</i>	guardar como informação por defeito para todos os novos projectos
<i>save as dialog</i>	caixa de diálogo guardar como
<i>save dialog form</i>	caixa de diálogo guardar
<i>scenario</i>	cenário
<i>scrollbar</i>	barra de deslocamento
<i>segments</i>	segmentos
<i>select all</i>	seleccionar tudo
<i>select object</i>	seleccionar objecto
<i>select object button</i>	botão seleccionar objecto
<i>select region</i>	seleccionar zona
<i>select vertex</i>	seleccionar vértice
<i>selection botton</i>	botão de selecção
<i>series</i>	séries
<i>set</i>	configurar
<i>setpoint booster</i>	ponto de fixação de concentração
<i>setting valve</i>	parâmetro de controlo na válvula
<i>setup</i>	configuração
<i>short-radius elbow</i>	curva a 90° - raio pequeno
<i>show</i>	mostrar
<i>show grid</i>	mostrar grelha
<i>show/hide</i>	mostrar/ocultar
<i>shutoff gate valve</i>	válvula de seccionamento, válvula de bloqueio
<i>shutoff head</i>	altura de elevação para o ponto de funcionamento em vazio
<i>SI metric units</i>	unidades do sistemas internacional SI
<i>simple</i>	simples
<i>simple controls</i>	controles simples
<i>single period</i>	instantâneo, estático
<i>single period analysis</i>	simulação estática
<i>single period hydraulic analysis</i>	simulação estática hidráulica
<i>single-point curve</i>	curva com um ponto
<i>site-specific field measurements</i>	medições de campo
<i>sorted by</i>	ordenada por
<i>source flow</i>	origem do escoamento
<i>source mass injection</i>	reforço de massa na origem
<i>source quality</i>	origem de qualidade da água
<i>source quality editor</i>	editor de origem de qualidade
<i>source tracing</i>	rastreio da origem de água
<i>source tracing analysis</i>	simulação de rastreio de origem de água

<i>source type</i>	tipo de origem
<i>source water supply</i>	origem de abastecimento de água
<i>sources</i>	origens
<i>spacebar</i>	<i>spacebar</i>
<i>special report</i>	relatório específico
<i>specific gravity</i>	densidade relativa
<i>speed</i>	velocidade de rotação, regulação de velocidade
<i>sprinkler</i>	aspersor
<i>square entrance</i>	entrada em aresta viva reservatório-tubagem
<i>stacking</i>	empilhamento
<i>standard</i>	principal
<i>standard tee – flow through branch</i>	tê standard – escoamento linha-ramal
<i>standard tee – flow through run</i>	tê standard – escoamento na linha
<i>standard text-editing menu</i>	menu principal de edição de texto
<i>standard toolbar</i>	barra de ferramentas principal
<i>start node</i>	nó inicial
<i>starting time of day</i>	tempo de início de simulação
<i>statement</i>	instrução, opção
<i>statistic</i>	estatística
<i>status</i>	estado
<i>status bar</i>	barra de estado
<i>status report</i>	relatório de estado
<i>status report window</i>	janela de relatório de estado
<i>stop</i>	parar
<i>stop button</i>	botão parar
<i>style</i>	estilo
<i>submit</i>	submeter
<i>submit button</i>	botão submeter
<i>suction side</i>	circuito de aspiração (bomba)
<i>summary</i>	sumário
<i>swing check valve</i>	válvula de retenção de batente
<i>symbol width</i>	largura do símbolo
<i>symbols</i>	símbolos
<i>system flow</i>	balanço de caudal
<i>system unbalanced</i>	equilíbrio não atingido
<i>table</i>	tabela
<i>table button</i>	botão tabela
<i>table options</i>	opções de tabela
<i>table options dialog form</i>	caixa de diálogo de opções de tabela
<i>table selection dialog form</i>	caixa de diálogo de selecção de tabela
<i>tabular listing</i>	lista em tabela
<i>tag</i>	zona
<i>tank</i>	reservatório de nível variável
<i>tank ID</i>	ID do reservatório de nível variável
<i>tank level</i>	altura de água no reservatório de nível variável
<i>temporary directory</i>	pasta temporária
<i>texto</i>	texto
<i>text box</i>	text box
<i>text button</i>	botão de texto
<i>text insertion mode</i>	modo de inserção de texto

<i>thickness</i>	espessura
<i>THM, trihalomethanes</i>	trihalometanos
<i>three-point curve</i>	curva com três pontos
<i>throttle control valve tcv</i>	válvula de controlo de perda de carga ou válvula de borboleta - VB
<i>time</i>	tempo
<i>time controls</i>	controles de tempo
<i>time legend</i>	legenda do tempo
<i>time options</i>	opções de tempo
<i>time pattern</i>	padrão temporal
<i>time period</i>	instante de tempo, tempo
<i>time series</i>	série temporal
<i>time series button</i>	botão série temporal
<i>time series for link</i>	séries temporais para o troço
<i>time series for node</i>	séries temporais para o nó
<i>time series plot</i>	gráfico de uma série temporal
<i>time setup</i>	configuração de tempos
<i>time step</i>	passo de cálculo
<i>time-of-day pricing</i>	custo de energia no período de tempo correspondente
<i>title</i>	título
<i>toggle</i>	activar/desactivar
<i>toolbar</i>	barra de ferramentas
<i>topic</i>	tema
<i>total duration</i>	duração total da simulação
<i>total head</i>	carga hidráulica total, nível de água
<i>trace</i>	rastreio de origem
<i>trace analysis</i>	simulação de rastreio
<i>trace node</i>	nó a rastrear
<i>treatment works</i>	estações de tratamento de águas para consumo humano
<i>tuberculation</i>	tuberculização
<i>turbulent flow</i>	escoamento turbulento
<i>tutorial</i>	visita guiada
<i>two – compartment mixing</i>	modelo de mistura com dois compartimentos
<i>type</i>	tipo
<i>ultraviolet absorvance</i>	absorvância no ultravioleta
<i>undo</i>	desfazer
<i>units</i>	unidades
<i>unload</i>	descarregar
<i>upper right</i>	canto superior direito
<i>upper right coordinates</i>	coordenadas do canto superior direito
<i>US units</i>	unidades do sistemas americano
<i>use as header for printing</i>	utilizar como cabeçalho de impressão
<i>use patterns</i>	utilizar padrões
<i>use transparent text</i>	utilizar como texto transparente
<i>value</i>	valor
<i>valve</i>	válvula
<i>valve ID</i>	ID da válvula
<i>vcr – style buttons</i>	botões de vídeo
<i>velocity</i>	velocidade
<i>velocity head</i>	altura cinética

<i>vertex selection mode</i>	modo de selecção de vértice
<i>vertical axis</i>	eixo vertical
<i>vertices</i>	vértices
<i>view</i>	ver
<i>view in 3D</i>	vista a 3D
<i>view menu</i>	menu ver
<i>visible</i>	visível
<i>volume</i>	volume
<i>volume curve</i>	curva de volume
<i>wall</i>	decaimento devido a reacções na parede
<i>wall coefficient, wall reaction coefficient, wall reaction rate coefficient</i>	coeficiente de reacção na parede
<i>wall coefficient correlation</i>	coeficiente de dependência com a rugosidade
<i>wall demand</i>	consumo de parede
<i>wall reaction formula</i>	fórmula do coeficiente de reacção na parede
<i>wall reaction order</i>	ordem da reacção na parede
<i>wall reaction rate</i>	taxa de reacção instantânea na parede
<i>wall reactions</i>	reacções na parede
<i>water age</i>	idade da água
<i>water demand</i>	consume
<i>water distribution system</i>	sistema de distribuição de água
<i>water elevation</i>	nível de água
<i>water level</i>	altura de água
<i>water quality</i>	qualidade da água
<i>water quality analysis</i>	simulação de qualidade da água
<i>water quality level</i>	qualidade da água
<i>water quality mixing</i>	mistura de qualidade de água
<i>water quality sources</i>	origens de qualidade de água
<i>water surface</i>	superfície livre
<i>water surface elevation</i>	nível de água
<i>well head</i>	altura piezométrica num poço
<i>well-pump</i>	grupo elevatório de um poço
<i>what's new</i>	novidades
<i>window</i>	janela
<i>window list</i>	lista de janelas
<i>window menu</i>	menu janela
<i>windows metafile</i>	ficheiro <i>metafile</i> do <i>Windows</i>
<i>wire-to-water efficiency</i>	rendimento do grupo electrobomba
<i>within the outlined area</i>	dentro da área delimitada
<i>x-coordinate</i>	coordenada – x
<i>x-y data</i>	coordenadas x-y
<i>x-y data table</i>	tabela de coordenadas x-y
<i>xy location</i>	localização xy
<i>y-coordinate</i>	coordenada – Y
<i>zoom</i>	aumentar/diminuir
<i>zoom in</i>	aumentar
<i>zoom level</i>	nível de ampliação
<i>zoom out</i>	diminuir

## E.2 Dicionário Português - Inglês

Português	Significado em Inglês
2 Compartimentos	<i>2COMP</i>
abaixo	<i>below</i>
abrir	<i>open</i>
abrir uma imagem de fundo do mapa	<i>open a backdrop map</i>
absorvância no ultravioleta	<i>ultraviolet absorbance</i>
acima	<i>above</i>
activado	<i>enabled, on</i>
activar/desactivar	<i>toggle</i>
activo	<i>active</i>
actual, corrente	<i>current</i>
adicionar bomba	<i>add pump</i>
adicionar nó	<i>add junction</i>
adicionar RNF	<i>add reservoir</i>
adicionar RNV	<i>add tank</i>
adicionar rótulo	<i>add label</i>
adicionar tubagem	<i>add pipe</i>
adicionar válvula	<i>add valve</i>
adicionar vértice	<i>add vertex</i>
advecção	<i>Advection, basic transport</i>
agulheta	<i>nozzle</i>
ajuda	<i>help</i>
algoritmo de transporte lagrangeano	<i>lagrangian transport algorithm</i>
alinhar	<i>align</i>
altura cinética	<i>velocity head</i>
altura de água	<i>water level</i>
altura de água inicial no reservatório de nível variável	<i>initial level</i>
altura de água máxima no reservatório de nível variável	<i>maximum level</i>
altura de água mínima no reservatório de nível variável	<i>minimum level</i>
altura de água no reservatório de nível variável	<i>tank level</i>
altura de elevação	<i>head delivered, head gain</i>
altura de elevação nominal da bomba	<i>pump design head</i>
altura de elevação para o ponto de funcionamento em vazio	<i>shutoff head</i>
altura piezométrica num poço	<i>well head</i>
ambiente de trabalho do EPANET	<i>EPANET's workspace</i>
ângulo de rotação	<i>rotation angle</i>
ao nível de ampliação	<i>at zoom of</i>
apagar	<i>clear, delete</i>
apagar vértice	<i>delete vertex</i>
aquíferos	<i>groundwater aquifers</i>
área transversal	<i>cross-sectional area</i>
aspersor	<i>sprinkler</i>
aumentar	<i>zoom in</i>
aumentar/diminuir	<i>zoom</i>

auto-comprimento	<i>auto-length</i>
balanço de caudal	<i>net inflow, system flow</i>
barra de deslocamento	<i>scrollbar</i>
barra de estado	<i>status bar</i>
barra de ferramentas	<i>toolbar</i>
barra de ferramentas do mapa	<i>map toolbar</i>
barra de ferramentas principal	<i>standard toolbar</i>
barra de menus principal	<i>main menu bar</i>
barra de menus principal	<i>menu bar</i>
<i>bitmap</i>	<i>bitmap</i>
bomba	<i>pump</i>
botão adicionar	<i>add button</i>
botão carregar	<i>load button</i>
botão de escolha	<i>ellipsis button</i>
botão de fonte	<i>font button</i>
botão de gráfico	<i>graph button</i>
botão de impressora	<i>printer button</i>
botão de intervalos iguais	<i>equal intervals button</i>
botão de opções	<i>options button</i>
botão de propriedades	<i>properties button</i>
botão de quantis iguais	<i>equal quantiles</i>
botão de rampa de cores	<i>color ramp button</i>
botão de selecção	<i>selection button</i>
botão de texto	<i>text button</i>
botão de ver tudo	<i>auto-size button</i>
botão editar	<i>edit button</i>
botão esquerdo do rato pressionado	<i>left mouse button held down</i>
botão fechar	<i>close button</i>
botão para a frente	<i>forward button</i>
botão parar	<i>stop button</i>
botão procurar	<i>browse button</i>
botão seleccionar objecto	<i>select object button</i>
botão série temporal	<i>time series button</i>
botão submeter	<i>submit button</i>
botão tabela	<i>table button</i>
botões de vídeo	<i>vcr – style buttons</i>
caixa de diálogo	<i>dialog, dialog form</i>
caixa de diálogo abrir ficheiro	<i>open file dialog, open file dialog form</i>
caixa de diálogo copiar	<i>copy dialog</i>
caixa de diálogo de configuração de página	<i>page setup dialog, page setup dialog form</i>
caixa de diálogo de consulta	<i>query dialog form</i>
caixa de diálogo de cores	<i>color dialog box</i>
caixa de diálogo de dimensões do mapa	<i>map dimensions dialog</i>
caixa de diálogo de editor de grupo	<i>group-edit dialog form</i>
caixa de diálogo de exportar dados	<i>export data dialog form</i>
caixa de diálogo de exportar mapa	<i>map export dialog form</i>
caixa de diálogo de fonte	<i>font dialog</i>
caixa de diálogo de localização no mapa	<i>map finder dialog box</i>
caixa de diálogo de opções de energia	<i>energy options dialog box</i>

caixa de diálogo de opções de gráfico	<i>graph options dialog form</i>
caixa de diálogo de opções de hidráulica	<i>hydraulic options</i>
caixa de diálogo de opções de isolinhas	<i>contour options dialog, contour options dialog form</i>
caixa de diálogo de opções de qualidade da água	<i>quality options dialog</i>
caixa de diálogo de opções de tabela	<i>table options dialog form</i>
caixa de diálogo de opções de tempo	<i>options-times dialog</i>
caixa de diálogo de opções do mapa	<i>map options dialog, map options dialog form</i>
caixa de diálogo de opções do relatório de calibração	<i>calibration report options form</i>
caixa de diálogo de preferências	<i>preferences dialog, preferences dialog form</i>
caixa de diálogo de selecção de gráfico	<i>graph selection dialog box, graph selection dialog form</i>
caixa de diálogo de selecção de tabela	<i>table selection dialog form</i>
caixa de diálogo de sumário do projecto	<i>project summary dialog, project summary dialog form</i>
caixa de diálogo de valores por defeito	<i>default dialog form</i>
caixa de diálogo do editor de curva	<i>curve editor dialog, curve editor dialog form</i>
caixa de diálogo do editor de legenda	<i>legend editor dialog form</i>
caixa de diálogo do editor de padrão	<i>pattern editor dialog</i>
caixa de diálogo do relatório de calibração	<i>calibration report dialog form</i>
caixa de diálogo dos dados de calibração	<i>calibration data dialog, calibration data dialog form</i>
caixa de diálogo guardar	<i>save dialog form</i>
caixa de diálogo guardar como	<i>save as dialog</i>
caixa de diálogo guardar ficheiro	<i>file save dialog, file save dialog form</i>
caixa de diálogo instantânea	<i>pop-up dialog</i>
caixa de edição	<i>edit box</i>
caixa de equação	<i>equation box</i>
caixa do tipo rótulo	<i>hint-style box</i>
calibração	<i>calibration</i>
campo parâmetro	<i>parameter field</i>
cancelar	<i>cancel</i>
canto inferior esquerdo	<i>lower left</i>
canto superior direito	<i>upper right</i>
carga hidráulica	<i>head, hydraulic head</i>
carga hidráulica total, nível de água	<i>total head</i>
carregar	<i>load</i>
categoria de consumo principal	<i>main category</i>
categorias de consumo	<i>categories of water users, demand categories</i>
caudal de combate a incêndio	<i>fire flow</i>
caudal efluente	<i>outflow</i>
caudal nominal da bomba	<i>pump design flow</i>
cenário	<i>scenario</i>
checkbox	<i>checkbox</i>

circuito de aspiração (bomba)	<i>suction side</i>
circuito de compressão (bomba)	<i>discharge side</i>
círculo	<i>pie</i>
círculos abertos	<i>open circles</i>
círculos preenchidos	<i>filled circles</i>
<i>clipboard</i>	<i>clipboard</i>
clique com o botão direito	<i>right-click</i>
cloraminas	<i>chloramines</i>
cloro residual	<i>chlorine</i>
coeficiente de dependência com a rugosidade	<i>wall coefficient correlation</i>
coeficiente de perda de carga singular	<i>loss coefficient</i>
coeficiente de reacção	<i>reaction coefficient</i>
coeficiente de reacção na parede	<i>wall coefficient, wall reaction coefficient, wall reaction rate coefficient, global wall coefficient</i>
coeficiente de reacção no seio do escoamento	<i>bulk coefficient, bulk reaction coefficient, global bulk coefficient</i>
coeficiente de transferência de massa	<i>mass transfer coefficient</i>
coeficiente de vazão	<i>discharge coefficient</i>
coeficiente de vazão do dispositivo emissor	<i>emitter coefficient</i>
coeficientes de rugosidade, coeficiente da fórmula de perda de carga	<i>roughness coefficient</i>
colar	<i>paste</i>
colunas	<i>columns</i>
comando	<i>command</i>
<i>combo box</i>	<i>combo box</i>
comparação de valores médios	<i>mean comparisons</i>
compartimento de entrada-saída	<i>inlet-outlet compartment</i>
completo	<i>full</i>
componentes da rede	<i>network components</i>
componentes do modelo	<i>model components</i>
componentes não físicos	<i>non-physical components</i>
comprimento	<i>length</i>
concentração média do parâmetro de qualidade da água	<i>average water quality</i>
concentração-limite	<i>limiting concentration</i>
condições múltiplas	<i>rule-based</i>
configuração	<i>setup</i>
configuração de tempos	<i>time setup</i>
configurar	<i>set</i>
configurar página	<i>page setup</i>
confirmar antes de apagar	<i>confirm deletions</i>
consulta no mapa	<i>map query</i>
consultar	<i>query</i>
consumo	<i>demand, consumer demand, water demand</i>
consumo corrente	<i>actual demand</i>
consumo de parede	<i>wall demand</i>
consumo nos nós	<i>nodal demands</i>
consumo-base	<i>base demand, baseline demand</i>
contornos preenchidos	<i>filled contours</i>

controlo	<i>control</i>
controles com condições múltiplas	<i>rule-based controls</i>
controles de tempo	<i>time controls</i>
controles simples	<i>simple controls</i>
coordenada – X	<i>x-coordinate</i>
coordenada – Y	<i>y-coordinate</i>
coordenadas do canto inferior esquerdo	<i>lower left coordinates</i>
coordenadas do canto superior direito	<i>upper right coordinates</i>
coordenadas x-y	<i>x-y data</i>
copiar	<i>copy</i>
copiar para	<i>copy to</i>
cor	<i>color</i>
cor de fundo	<i>background color</i>
cor do painel	<i>panel color</i>
cortar	<i>cut</i>
cota do fundo	<i>bottom elevation</i>
cota do terreno	<i>elevation</i>
crescimento microbiano	<i>microbial growth</i>
curva	<i>curve</i>
curva a 45°	<i>45 degree elbow</i>
curva a 90° - raio pequeno	<i>short-radius elbow</i>
curva a 90° - raio médio	<i>medium-radius elbow</i>
curva a 90° - raio grande	<i>long-radius elbow</i>
curva com múltiplos pontos	<i>multi-point curve</i>
curva com três pontos	<i>three-point curve</i>
curva com um ponto	<i>single-point curve</i>
curva da bomba	<i>pump curve</i>
curva de dados	<i>curve data</i>
curva de perda de carga	<i>head loss curve</i>
curva de rendimento do grupo electrobomba	<i>efficiency curve</i>
curva de retorno	<i>closed return bend</i>
curva de volume	<i>volume curve</i>
custo de energia no período de tempo correspondente	<i>time-of-day pricing</i>
custo/dia	<i>cost/day</i>
dados	<i>data</i>
dados a exportar	<i>data to export</i>
dados de calibração	<i>calibration data</i>
decaimento devido a reacções na parede	<i>wall decay</i>
densidade relativa	<i>specific gravity</i>
dentro da área delimitada	<i>within the outlined area</i>
desactivado	<i>off</i>
descarregar	<i>unload</i>
descrição	<i>description</i>
desenhar nós como	<i>draw junctions as</i>
desfazer	<i>undo</i>
diâmetro	<i>diameter</i>
diâmetro das tubagens	<i>pipe diameters</i>
difusão molecular	<i>molecular diffusivity</i>
difusão relativa	<i>relative diffusivity</i>

dimensionamento	<i>design</i>
dimensões	<i>dimensions</i>
dimensões do mapa	<i>map dimensions</i>
diminuir	<i>zoom out</i>
dispersão	<i>dispersion</i>
dispor janelas	<i>arrange</i>
dispositivo emissor do tipo orifício	<i>emitter</i>
<i>dropdown list box</i>	<i>dropdown list box</i>
duplo clique	<i>double-click</i>
duração total da simulação	<i>total duration</i>
editar	<i>edit</i>
editor de consumo	<i>demand editor</i>
editor de controlos	<i>controls editor</i>
editor de curva	<i>curve editor</i>
editor de grupo	<i>group edit</i>
editor de legenda	<i>legend editor</i>
editor de opções de reacções	<i>reactions options editor</i>
editor de origem de qualidade	<i>source quality editor</i>
editor de padrão	<i>pattern editor</i>
janela do editor de propriedades	<i>property editor</i>
editor de propriedades	<i>property editor</i>
eixo horizontal	<i>horizontal axis</i>
eixo vertical	<i>vertical axis</i>
empilhamento	<i>stacking</i>
enchimento e esvaziamento completo	<i>fill-and-draw</i>
energia	<i>energy</i>
energia de bombeamento	<i>pumping energy</i>
entrada em aresta viva reservatório-tubagem	<i>square entrance</i>
entrada em aresta viva tubagem-reservatório, sair	<i>exit</i>
equação	<i>equation</i>
equilíbrio não atingido	<i>system unbalanced</i>
erro máximo de convergência	<i>accuracy</i>
escala automática	<i>auto scale</i>
escoamento em êmbolo	<i>plug-flow</i>
escoamento em pressão	<i>full flow</i>
escoamento, caudal	<i>flow, flow rate</i>
espessura	<i>thickness</i>
espessura do troço	<i>link size</i>
estação de tratamento adicional	<i>booster station</i>
estação de tratamento de águas para consumo humano	<i>main treatment work</i>
estado	<i>status</i>
estado da simulação	<i>run status</i>
estado fixo	<i>fixed status</i>
estado inicial	<i>inicial status</i>
estatística	<i>statistic</i>
estilo	<i>style</i>
estilo da seta	<i>arrow style</i>
executar, executar simulação	<i>run, run analysis</i>
expoente do emissor	<i>emitter exponent</i>
exportar	<i>export</i>

exportar cenário	<i>export scenario</i>
exportar mapa	<i>map export</i>
exportar mapa para	<i>export map to</i>
factor de consumo	<i>demand multiplier</i>
factor de resistência	<i>friction factor</i>
factor de resistência de Darcy-Weisbach	<i>darcy-weisbach friction factor</i>
factor multiplicativo	<i>multiplier</i>
fantasia	<i>fancy</i>
fechado	<i>closed</i>
fechar tudo	<i>close all</i>
ferro galvanizado	<i>lined iron pipe</i>
ficheiro	<i>file</i>
ficheiro binário de resultados	<i>binary output file</i>
ficheiro de <i>backup</i> automático	<i>automatic backup file</i>
ficheiro de coordenadas	<i>map file</i>
ficheiro de dados	<i>data file</i>
ficheiro de dados	<i>input file</i>
ficheiro <i>metafile</i> do Windows	<i>windows metafile</i>
FIFO (escoamento em êmbolo - “ <i>first in - first out</i> ”)	<i>FIFO</i>
filtros	<i>filters</i>
fluxo de massa	<i>mass flow rate</i>
fonte	<i>font</i>
fontes a negrito	<i>bold fonts</i>
formatos	<i>formats</i>
fórmula do coeficiente de reacção na parede	<i>wall reaction formula</i>
fórmulas de cálculo da perda de carga contínua	<i>Hazen-Williams, Darcy-Weisbach e Manning formulas</i>
fracção de mistura	<i>mixing fraction</i>
fuga	<i>leak</i>
fuga por fissura	<i>leaking crack</i>
fundo do mapa	<i>background</i>
geral	<i>general</i>
gráfico	<i>chart, graph</i>
gráfico de correlação	<i>correlation plot</i>
gráfico de frequências	<i>frequency plot</i>
gráfico de isolinhas	<i>contour plot</i>
gráfico de perfil	<i>profile plot</i>
gráfico de uma série temporal	<i>time series plot</i>
grupo elevatório de um poço	<i>well-pump</i>
guardar	<i>save</i>
guardar como	<i>save as</i>
guardar como informação por defeito para todos os novos projectos	<i>save as default for all new projects</i>
hidráulica	<i>hydraulics</i>
ID da bomba	<i>pump ID</i>
ID da curva	<i>curve ID</i>
ID da Localização	<i>location ID</i>
ID da tubagem	<i>pipe ID</i>
ID da válvula	<i>valve ID</i>
ID do medidor	<i>meter ID</i>

ID do nó	<i>junction ID</i>
ID do padrão	<i>pattern ID</i>
ID do reservatório de nível fixo	<i>reservoir ID</i>
ID do reservatório de nível variável	<i>tank ID</i>
idade da água	<i>water age</i>
identificação	<i>ID</i>
identificação automática	<i>flyover map labeling</i>
igual	<i>equal</i>
imagem de fundo, imagem de fundo da rede	<i>backdrop, network backdrop</i>
importar	<i>import</i>
importar dados parciais da rede	<i>importing a partial network</i>
imprimir	<i>print</i>
incremento	<i>increment</i>
incremento da numeração automática de ID	<i>ID increment</i>
incrustação	<i>encrustation</i>
inserir	<i>attach</i>
instalação de tratamento adicional	<i>satellite treatment facility</i>
instantâneo, estático	<i>single period</i>
instante de tempo, tempo	<i>time period</i>
instante do dia	<i>clock time</i>
instrução, opção	<i>statement</i>
instruções de controlo	<i>control statements</i>
intervalo de valores, amplitude	<i>range</i>
intervalos de valores da legenda	<i>legend intervals</i>
intervalos iguais	<i>equal intervals</i>
intrusão de contaminante	<i>contaminant intrusion</i>
inverter	<i>reverse</i>
inverter cores	<i>reverse colors</i>
janela	<i>window</i>
janela de procura	<i>browser, browser window</i>
janela de relatório de estado	<i>status report window</i>
janela de ver antes	<i>print preview form</i>
janela do mapa da rede	<i>network map</i>
janela ver antes	<i>preview window</i>
junta	<i>joint</i>
kW máximo	<i>peak kW</i>
kW médio	<i>average kW</i>
largura da página	<i>page width</i>
largura do símbolo	<i>symbol width</i>
legenda	<i>legend</i>
legenda do mapa	<i>map label</i>
legenda do nó	<i>node legend</i>
legenda do tempo	<i>time legend</i>
legenda do troço	<i>link legend</i>
LIFO (escoamento em êmbolo - "Last in - first out")	<i>LIFO</i>
limite	<i>framed</i>
linhas	<i>lines</i>
linhas de contorno	<i>contour lines</i>
linhas de grelha	<i>gridlines</i>
linhas por nível	<i>lines per level</i>

lista de janelas	<i>window list</i>
lista de propriedades	<i>property list</i>
lista em tabela	<i>tabular listing</i>
localização no mapa	<i>map finder</i>
localização xy	<i>xy location</i>
localizar	<i>find</i>
mapa	<i>map</i>
marcadores	<i>markers</i>
margens	<i>margins</i>
máximo	<i>maximum</i>
média	<i>average</i>
medições de campo	<i>site-specific field measurements</i>
medições nos nós	<i>measured at nodes</i>
menu ajuda	<i>help menu</i>
menu editar	<i>edit menu</i>
menu ficheiro	<i>file menu</i>
menu instantâneo	<i>pop-up menu</i>
menu janela	<i>window menu</i>
menu principal de edição de texto	<i>standard text-editing menu</i>
menu projecto	<i>project menu</i>
menu relatório	<i>report menu</i>
menu ver	<i>view menu</i>
<i>metafile</i>	<i>metafile</i>
método de Newton nó-malha	<i>Newton loop-node method</i>
método do gradiente	<i>gradient method</i>
método híbrido	<i>hybrid method</i>
método híbrido nó-malha	<i>hybrid node-loop approach</i>
mínimo	<i>minimum</i>
mistura completa	<i>MIXED</i>
mistura de qualidade de água	<i>water quality mixing</i>
modelo da rede	<i>pipe network model</i>
modelo de mistura	<i>mixing model</i>
modelo de mistura com dois compartimentos	<i>two – compartment mixing</i>
modificar	<i>modify</i>
modificar legenda	<i>modify legend</i>
modo de inserção de texto	<i>text insertion mode</i>
modo de selecção de objecto	<i>object selection mode</i>
modo de selecção de vértice	<i>vertex selection mode</i>
mostrar	<i>display ,show</i>
mostrar bombas	<i>display pumps</i>
mostrar dispositivos do tipo orifício	<i>display emitters</i>
mostrar grelha	<i>show grid</i>
mostrar IDs dos nós	<i>display node ID's</i>
mostrar IDs dos troços	<i>display link ID's</i>
mostrar legenda	<i>display legend</i>
mostrar limite	<i>display border</i>
mostrar nós	<i>display junctions</i>
mostrar origens de QA	<i>display sources</i>
mostrar reservatórios	<i>display tanks</i>
mostrar rótulos no mapa	<i>display map labels</i>
mostrar valores nos nós	<i>display node values</i>
mostrar valores nos troços	<i>display link values</i>

mostrar válvulas	<i>display valves</i>
mostrar/ocultar	<i>show/hide</i>
mover	<i>pan</i>
mover p/ baixo	<i>move down</i>
mover p/ cima	<i>move up</i>
nada a mostrar	<i>no view</i>
nenhum	<i>none</i>
nível de água	<i>water elevation, water surface elevation</i>
nível de ampliação	<i>zoom level</i>
nó	<i>node, junction, junction node</i>
nó a rastrear	<i>trace node</i>
nó final	<i>end node</i>
nó inicial	<i>start node</i>
nº máximo de iterações	<i>maximum trials</i>
nó-âncora	<i>anchor node</i>
nós da rede às	<i>network nodes at</i>
notação	<i>notation</i>
notas	<i>notes</i>
novidades	<i>what's new</i>
novo	<i>new</i>
numeração de página	<i>page numbers</i>
objecto	<i>object</i>
objectos a representar	<i>items to graph</i>
objectos físicos	<i>physical objects</i>
objectos não físicos	<i>non-physical objects</i>
observado	<i>observed</i>
ocultar	<i>hide</i>
opção	<i>option</i>
opção por defeito	<i>default</i>
valor por defeito	<i>default</i>
opções de círculo	<i>pie options</i>
opções de energia	<i>energy options</i>
opções de gráfico	<i>chart options, graph options</i>
opções de simulação	<i>analysis options</i>
opções de simulação hidráulica por defeito	<i>default hydraulic analysis options</i>
opções de tabela	<i>table options</i>
opções de tempo	<i>time options</i>
opções do gráfico de isolinhas	<i>contour plot options</i>
opções do mapa	<i>map options</i>
ordem da reacção na parede	<i>wall reaction order</i>
ordem da reacção no seio do escoamento	<i>bulk reaction order</i>
ordenada por	<i>sorted by</i>
orientação	<i>orientation</i>
origem de abastecimento de água	<i>source water supplies</i>
concentração	<i>concentration</i>
origem de qualidade da água	<i>source quality</i>
origem do escoamento	<i>source flow</i>
origem do tipo ponto de reforço de massa	<i>booster source</i>
origens	<i>sources</i>
origens de qualidade de água	<i>water quality sources</i>

padrão de consumo	<i>demand pattern</i>
padrão de nível	<i>head pattern</i>
padrão de preço	<i>price pattern</i>
padrão de preço global	<i>global pricing pattern</i>
padrão de qualidade	<i>quality pattern</i>
padrão por defeito	<i>default pattern</i>
padrão temporal	<i>time pattern</i>
padrão temporal por defeito	<i>default time pattern</i>
padrão	<i>pattern</i>
padrão de consumo	<i>demand pattern</i>
página	<i>page</i>
página completa	<i>full page</i>
página de cabeçalhos/rodapés	<i>headers/footers page</i>
página de dados	<i>data page</i>
página de dados da janela de procura	<i>data browser</i>
página de formatos	<i>formats page</i>
página de margens	<i>margins page</i>
página do mapa	<i>map page</i>
página do mapa da janela de procura	<i>map browser</i>
página geral	<i>general page</i>
página seguinte	<i>next page</i>
paisagem	<i>landscape</i>
para a frente	<i>forward</i>
para trás	<i>back</i>
parâmetro	<i>parameter</i>
parâmetro a calibrar	<i>calibrate against</i>
parâmetro de controlo na válvula	<i>setting valve</i>
parâmetro no nó	<i>node parameter</i>
parâmetro no troço	<i>link parameter</i>
parar	<i>stop</i>
passo de cálculo	<i>time step</i>
passo de cálculo de qualidade da água	<i>quality time step</i>
passo de cálculo hidráulico	<i>hydraulic time step</i>
passo de tempo do padrão	<i>pattern time step</i>
passo de tempo do relatório	<i>reporting time step</i>
pasta	<i>directory, folder</i>
pasta temporária	<i>temporary directory</i>
percentagem de efeito 3D	<i>3D effect percent</i>
perda	<i>leakage</i>
perda de carga	<i>friction headloss</i>
perda de carga singular	<i>minor head loss</i>
perda de carga, fórmula de perda de carga	<i>headloss, headloss formula</i>
ponto de fixação de concentração	<i>setpoint booster</i>
ponto de reforço de concentração	<i>flow paced booster</i>
ponto de reforço de massa	<i>mass booster</i>
ponto óptimo de funcionamento da bomba	<i>pump's desired operating point</i>
localização	<i>location</i>
posição	<i>position</i>
potência	<i>power</i>
preço de energia	<i>energy price</i>

preço do kWh	<i>energy price / kWh</i>
preenchido	<i>filled</i>
preferências	<i>preferences</i>
preferências de formato	<i>format preferences</i>
preferências gerais	<i>general preferences</i>
prefixo de ID	<i>ID prefix</i>
pressão como valor no nó	<i>node pressure</i>
pressão	<i>pressure</i>
altura piezométrica	<i>pressure</i>
pressione a tecla <i>enter</i>	<i>hit the enter key</i>
primeiro plano	<i>foreground</i>
principal	<i>standard</i>
projecto	<i>project</i>
proporcional ao valor	<i>proportional to value</i>
propriedade necessária	<i>required property</i>
propriedade padrão de consumo	<i>demand pattern property</i>
propriedades	<i>properties</i>
propriedades do nó/troço por defeito	<i>default node/link properties</i>
quadrados preenchidos	<i>filled squares</i>
qualidade	<i>quality</i>
qualidade da água	<i>water quality, water quality level</i>
qualidade inicial	<i>initial quality</i>
queda de pressão	<i>pressure drop</i>
químico	<i>chemical</i>
rampa de cores	<i>color ramp</i>
rastreio de origem, rastreio da origem de água	<i>trace, source tracing</i>
reação	<i>reaction</i>
reação no seio do escoamento	<i>bulk reaction</i>
reações de enzima-catalizador	<i>enzyme-catalyzed reactions</i>
reações na parede	<i>wall reactions</i>
rebobinar	<i>rewind</i>
recebe o foco	<i>has the focus</i>
recloração	<i>re-chlorination</i>
rede	<i>network, pipe network</i>
reforço de massa na origem	<i>source mass injection</i>
escoamento turbulento	<i>turbulent flow</i>
regulação de velocidade	<i>relative speed</i>
relatório	<i>report</i>
relatório completo	<i>full report</i>
relatório de calibração	<i>calibration report</i>
relatório de energia	<i>energy report</i>
relatório de estado	<i>status report</i>
relatório de reacção	<i>reaction report</i>
relatório específico	<i>special report</i>
rendimento	<i>efficiency</i>
rendimento de bombeamento	<i>pumping efficiency</i>
rendimento do grupo electrobomba	<i>wire-to-water efficiency</i>
rendimento médio	<i>Average Efficiency</i>
representar graficamente, imprimir	<i>plot</i>
reservatório de nível fixo	<i>reservoir</i>
reservatório de nível variável	<i>tank</i>
reservatório de nível variável de	<i>narrow standpipe</i>

secção estreita face à altura	
reservatório de nível variável pneumático pressurizado	<i>pressurized pneumatic tank</i>
reservatórios cilíndricos	<i>cylindrical tanks</i>
reservatórios não cilíndricos	<i>non-cylindrical tanks</i>
retrato	<i>portrait</i>
rótulo	<i>label</i>
rótulo de ID	<i>ID label</i>
rótulo de ID por defeito	<i>default ID label</i>
rugosidade	<i>roughness</i>
rugosidade da tubagem	<i>pipe roughness</i>
sair de edição	<i>quit editing</i>
se não convergir	<i>if unbalanced</i>
segmentos	<i>segments</i>
selecção de gráfico	<i>graph selection</i>
selecção de rampa de cores	<i>color ramp selector</i>
seleccionar objecto	<i>select object</i>
seleccionar tudo	<i>select all</i>
seleccionar vértice	<i>select vertex</i>
seleccionar zona	<i>select region</i>
séries temporais	<i>time series</i>
series	<i>series</i>
séries temporais para o nó	<i>time series for node</i>
séries temporais para o troço	<i>time series for link</i>
seta em forma de ponteira	<i>arrow tip</i>
setas	<i>arrows</i>
setas de escoamento	<i>flow arrows</i>
símbolos	<i>symbols</i>
simples	<i>simple</i>
simulação	<i>analysis</i>
simulação de qualidade da água	<i>water quality analysis</i>
simulação de rastreio	<i>trace analysis</i>
simulação de rastreio de origem de água	<i>source tracing analysis</i>
simulação dinâmica	<i>extended period analysis</i>
simulação estática, simulação estática hidráulica	<i>single period analysis, single period hydraulic analysis</i>
simulação hidráulica	<i>hydraulic analysis</i>
simulado	<i>computed</i>
singularidade	<i>fitting</i>
sistema de distribuição de água	<i>water distribution system</i>
sobre o epanet	<i>about</i>
<i>spacebar</i>	<i>spacebar</i>
submeter	<i>submit</i>
sumário, sumário do projecto	<i>summary, project summary</i>
superfície livre	<i>water surface</i>
tabela	<i>table</i>
tabela de coordenadas x-y	<i>x-y data table</i>
tamanho da seta	<i>arrow size</i>
tamanho do nó	<i>node size</i>
tamanho do papel	<i>paper size</i>
tamanho original	<i>full extent</i>
tarifa de consumo máximo	<i>demand charge</i>

taxa de bombeamento	<i>pumping rate</i>
taxa de reacção	<i>reaction rate</i>
taxa de reacção instantânea na parede	<i>wall reaction rate</i>
taxa de reacção instantânea no seio do escoamento	<i>bulk flow reaction rate,</i>
tê standard – escoamento linha-ramal	<i>standard tee – flow through branch</i>
tê standard – escoamento na linha	<i>standard tee – flow through run</i>
teclado	<i>keyboard</i>
tema	<i>topic</i>
tempo	<i>time</i>
tempo de início da simulação	<i>clock start time, starting time of day</i>
tempo de início do padrão	<i>pattern start time</i>
tempo de início do relatório	<i>report start time</i>
caixa de texto	<i>text box</i>
texto	<i>text</i>
tipo	<i>Type</i>
tipo de curva	<i>curve type</i>
tipo de gráfico	<i>graph type</i>
tipo de medidor	<i>meter type</i>
tipo de objecto	<i>object type</i>
tipo de origem	<i>source type</i>
título	<i>title</i>
título da legenda	<i>legend title</i>
título do eixo	<i>axis title</i>
título principal	<i>main title</i>
tolerância de qualidade da água	<i>quality tolerance</i>
tópicos de ajuda	<i>help topics</i>
traçador de flúor	<i>flouride tracer</i>
traço interrompido	<i>dotted</i>
tratamento adicional	<i>satellite treatment</i>
trihalometanos	<i>THM, trihalomethanes</i>
troço	<i>link</i>
troços adjacentes	<i>adjacent links</i>
troços da rede às	<i>network links at</i>
tubagem	<i>pipe</i>
tuberculização	<i>tuberculation</i>
tudo	<i>all</i>
unidades	<i>units</i>
unidades de caudal	<i>flow units</i>
unidades de comprimento do mapa	<i>map scaling units</i>
unidades de massa	<i>mass units</i>
unidades do mapa	<i>map units</i>
unidades do sistema americano (US)	<i>US customary units</i>
unidades do sistemas americano	<i>US units</i>
unidades do sistemas internacional SI	<i>SI metric units</i>
utilizar como cabeçalho de impressão	<i>use as header for printing</i>
utilizar como texto transparente	<i>use transparent text</i>
utilizar padrões	<i>use patterns</i>
valor	<i>value</i>
valor global do rendimento do grupo electro bomba	<i>global pump efficiency</i>
valor médio da taxa de reacção	<i>average reaction rate</i>
válvula	<i>valve</i>

válvula de ângulo	<i>angle valve</i>
válvula de controlo da pressão a montante ou válvula de alívio - VA	<i>pressure sustaining valve - PSV</i>
válvula de controlo de perda de carga ou válvula de borboleta - VB	<i>throttle control valve tcv</i>
válvula de controlo de pressão a jusante ou válvula redutora de pressão - VRP	<i>pressure reducing valve - PRV</i>
válvula de globo	<i>globe valve</i>
válvula de perda carga fixa - VPCF	<i>pressure breaker valve -PBV</i>
válvula de retenção (VR)	<i>check valve</i>
válvula de retenção de batente	<i>swing check valve</i>
válvula de retenção de caudal reduzido	<i>reduced flow backflow prevention valve</i>
válvula de retenção de pressão reduzida	<i>reduced pressure backflow prevention valve</i>
válvula de seccionamento, bloqueio	<i>gate valve, shutoff gate valve</i>
válvula genérica – VG	<i>general purpose valve - GPV</i>
válvula reguladora de caudal - VRC	<i>flow control valve - FCV</i>
velocidade	<i>velocity</i>
velocidade de animação	<i>animation speed</i>
velocidade de rotação da bomba	<i>pump speed</i>
regulação de velocidade	<i>speed</i>
ver	<i>view</i>
ver antes	<i>previe, print preview</i>
ver tudo	<i>auto-size</i>
vértices	<i>vertices</i>
viscosidade relativa	<i>relative viscosity</i>
visita guiada	<i>tutorial</i>
visível	<i>visible</i>
vista a 3D	<i>view in 3D</i>
vista panorâmica	<i>overview map</i>
visualização intermitente	<i>blinking map hiliter</i>
visualizar dados nos nós	<i>node view</i>
visualizar dados nos troços	<i>link view</i>
volume	<i>volume</i>
volume mínimo	<i>minimum volume</i>
zona	<i>region, tag</i>
zona de pressão	<i>pressure zone</i>

## ÍNDICE REMISSIVO

- Adicionar Objectos, 61
  - adicionar um nó, 61
  - adicionar um padrão temporal, 63
  - adicionar um rótulo ao mapa, 62
  - adicionar um troço, 62
  - adicionar uma curva, 63
- Agulhetas, 23, 90, 143
- Algoritmos de Qualidade da Água
  - algoritmo lagrangeano de transporte, 195
  - mistura nas estruturas de armazenamento, 191
  - mistura nos nós, 191
  - reações na parede, 193
  - reações no seio do escoamento, 191
  - sistema de equações, 194
  - transporte por advecção em tubagens, 190
- Aspersores, 2, 22, 23, 90, 143
- Auto-Comprimento
  - activar/desactivar, 68
- Barra de Estado, 48
  - auto-comprimento, 48
  - estado da simulação, 48
  - localização XY, 49
  - nível de ampliação, 48
  - unidades de caudal, 48
- Barra de Menus Principal, 43
  - menu ajuda, 46
  - menu Ajuda, 43
  - menu editar, 44
  - menu Editar, 43
  - menu ficheiro, 44
  - menu Ficheiro, 43
  - menu janela, 46
  - menu Janela, 43
  - menu projecto, 45
  - menu Projecto, 43
  - menu relatório, 46
  - menu Relatório, 43
  - menu ver, 45
  - menu Ver, 43
- Barras de Ferramentas, 47
  - barra de ferramentas do mapa, 47
  - barra de ferramentas principal, 47
- Bomba, 68
  - propriedades, 68
- Caixa de diálogo de Opções de Tabela, 108
  - página de colunas, 109
  - página de filtro, 110
  - página de tipo, 109
- Calibração, 58
  - ficheiros de calibração, 59
  - registo dos dados de calibração, 59
  - relatório de calibração, 111
- Cenários, 121
  - exportar, 121
  - importar, 122
- Coefficientes das Fórmulas de Perda de Carga
  - coeficientes das fórmulas, 26
- Componentes Físicos, 21, 61
  - bombas, 27
  - dispositivos emissores do tipo orifício, 23
  - editar objectos visíveis, 63
  - nós, 21
  - reservatórios de nível fixo (RNF), 22
  - reservatórios de nível variável, 22
  - tubagens, 23
  - válvulas, 28
- Componentes não Físicos, 30, 61
  - controles, 34
  - curvas, 30
  - editar objectos não visíveis, 70
  - padrões temporais, 33
- Configurar as Opções de Simulação, 89
- Configurar Página, 117
- Consulta no Mapa
  - submeter, 97
- Consumos
  - Editor de Consumo, 73
- Controlos, 34
  - controlos com condições múltiplas, 35
  - controlos simples, 34
  - Editor de Controlos, 72
- Controlos com Condições Múltiplas
  - exemplos, 35
  - formato da acção de controlo, 162
  - formato da condição de controlo, 160
  - formato geral, 160
- Controlos Simples
  - exemplos, 35
- Copiar para o Clipboard ou Ficheiro, 119
- Curva da Bomba, 30
  - curva com múltiplos pontos, 32
  - curva com três pontos, 31
  - curva com um ponto, 31
- Curvas, 13, 30, 61, 70
  - curva da bomba, 30
  - curva de perda de carga, 33
  - curva de rendimento, 32
  - curva de volume, 32
  - editor de curva, 71
- Dispositivo Emissor do Tipo Orifício, 23, 64, 90, 143, 186
  - coeficiente de vazão, 23
  - expoente do emissor, 23
- Editor de Consumo, 64, 73
- Editor de Controlos, 72
- Editor de Curva, 14, 63, 71
- Editor de Grupo, 44, 78
- Editor de Legenda, 15, 84
- Editor de Opções de Tempo, 33
- Editor de Origem de Qualidade, 65, 74
  - origem de qualidade, 74
  - tipo de origem, 74
- Editor de Padrão, 17, 71

- Editor de Propriedades, 13, 51
- Eliminar Erros dos Resultados de Simulação, 94
- Exemplo de Aplicação, 7
- Ficheiro de Dados, 135
  - BACKDROP, 138
  - CONTROLS, 139
  - COORDINATES, 140
  - CURVES, 141
  - DEMANDS, 142
  - EMITTERS, 143
  - ENERGY, 144
  - JUNCTIONS, 145
  - LABELS, 146
  - MIXING, 147
  - OPTIONS, 148
  - PATTERNS, 151
  - PIPES, 152
  - PUMPS, 153
  - QUALITY, 154
  - REACTIONS, 155
  - REPORT, 157
  - RESERVOIRS, 159
  - RULES, 160
  - SOURCES, 164
  - STATUS, 166
  - TAGS, 167
  - TANKS, 168
  - TIMES, 169
  - TITLE, 171
  - VALVES, 172
  - VERTICES, 173
- Ficheiro de Texto, 63
  - exportar, 124
  - utilizar, 63
- Fórmula de Perda de Carga, 41, 58, 89
  - Chezy-Manning, 24, 41
  - Darcy-Weisbach, 24, 25, 41
  - Hazen-Williams, 24, 41
- Gráficos, 99
  - caixa de diálogo de opções de gráfico, 103
  - caixa de diálogo de selecção de gráfico, 99
  - copiar para o clipboard ou ficheiro, 119
  - criar, 99
  - personalizar aparência, 103
  - seleccionar objectos a representar, 102
  - seleccionar tipo de gráfico, 99
  - tipos de, 99
- Grupo de Objectos
  - caixa de diálogo do editor de grupo, 78
  - editar, 78
  - seleccionar, 77
- Imagem de Fundo, 81
- Importar Dados Parciais da Rede, 122
- Imprimir
  - imprimir vista actual, 118
  - seleccionar uma impressora, 117
  - ver antes, 118
- Instalar o EPANET, 7
- Inverter Troços, 75
- Janela de Procura
  - página de dados, 49
  - página do mapa, 50
- Janela do Editor de Propriedades, 51
- Janela do Mapa da Rede, 49
- Legendas, 84
  - editar, 84
  - editor de legenda, 84
  - mover, 84
  - tipo de, 84
- Linha de Comandos, 135
  - ficheiro binário de resultados, 177
  - ficheiro de relatório, 174
  - ficheiros de dados, 135
- Localizar Objectos
  - nós de origem de qualidade, 83
  - um nó ou troço, 83
- Mapa da Rede
  - animar, 50
  - aumentar/diminuir tamanho, 82
  - dimensões, 80
  - exportar, 123
  - importar, 123
  - legendas, 84
  - mover, 82
  - submeter uma consulta, 97
  - utilizar uma imagem de fundo, 81
  - ver resultados, 97
- Mensagens de Erro, 133
- Modelos de Mistura em Reservatórios, 37
  - escoamento em êmbolo FIFO, 39
  - escoamento em êmbolo LIFO, 39
  - mistura com dois compartimentos, 38
  - mistura completa, 38
- Nó-Âncora, 70
- Nós, 64
  - parâmetros associados, 79
  - propriedades, 64
- Objectos, 12
  - adicionar, 61
  - apagar, 77
  - colar, 75
  - configurar e inverter troços, 75
  - configurar propriedades, 12
  - copiar, 75
  - editar, 63
  - editar um grupo de objectos, 78
  - Localizar, 83
  - mover, 77
  - seleccionar, 63
  - seleccionar um grupo de objectos, 77
- Objectos Não-Visíveis, 70
- Opções de Gráfico, 103
  - página de legenda, 105
  - página de séries, 105
  - página dos eixos horizontal e vertical, 104
  - página geral, 104
- Opções de Isolinhas, 106
- Opções de Simulação
  - opções de energia, 94

- opções de hidráulica, 89
- opções de qualidade da água, 91
- opções de reacção, 92
- opções de tempo, 93
- Opções do Mapa, 85
  - fundo do mapa, 88
  - nós, 86
  - notação, 87
  - rótulos, 87
  - setas de escoamento, 88
  - símbolos, 88
  - troços, 87
- Orifícios, 23, 143
- Padrões Temporais
  - categoria, 73
  - consumo-base, 73
  - editor de padrão, 71
  - padrão temporal, 73, 74
- Perda de Carga Contínua, 25
- Perdas de Carga Singulares, 26
  - coeficientes de perda de carga, 27
- Preferências do Programa, 52
  - preferências de formato, 53
  - preferências gerais, 52
- Projecto, 9
  - abrir, 14, 55
  - configurar, 9
  - guardar, 14, 55
  - sumário, 60
  - valores por defeito, 56
- Questões Frequentes, 127
- Reacções de Qualidade da Água, 39
  - idade da água, 42
  - rastreio da origem de água, 42
  - reacções na parede, 41
  - reacções no seio do escoamento, 39
- Reacções na Parede, 41, 193
  - coeficiente de dependência da reacção na parede com a rugosidade, 42
  - coeficiente de reacção na parede, 41
  - fórmula do coeficiente de reacção na parede, 41
- Reacções no Seio do Escoamento, 39, 191
  - coeficiente de reacção no seio do escoamento, 40
  - modelos cinéticos, 40
- Relatório de Calibração
  - página de comparação de valores médios, 114
  - página de estatísticas, 112
  - página do gráfico de correlação, 114
- Relatórios, 110
  - relatório completo, 114
  - relatório de calibração, 112
  - relatório de energia, 111
  - relatório de estado, 111
  - relatório de reacção, 114
- Reservatório de Nível Fixo (RNF), 65
  - propriedades, 65
- Reservatório de Nível Variável (RNV), 65
  - propriedades, 65
- Rótulo do Mapa, 70
  - propriedades, 70
- Simulação da Qualidade da Água, 2, 19, 37
  - advecção, 37
  - algoritmos, 190
  - configurar opções, 89
  - executar, 19, 94
- Simulação Dinâmica, 16
  - executar, 16
- Simulação Estática, 15
  - executar, 15
- Simulação Hidráulica, 1, 36
  - algoritmos, 183
  - configurar opções, 89
  - eliminar erros de simulação, 94
  - executar, 15, 16, 94
- Sistema de Unidades, 64
- Tabelas, 107
  - caixa de diálogo de opções de tabela, 108
  - criar, 107
  - tabela da rede, 107
  - tabela de uma série temporal, 107
- Tipo de Origem
  - origem de concentração, 75
  - ponto de fixação de concentração, 75
  - ponto de reforço de massa, 75
  - ponto reforço de concentração, 75
- Traçado da Rede, 10
- Trihalometanos (THM), x, 130, 192, 212, 227
- Troços
  - parâmetros associados, 79
- Tubagem, 67
  - propriedades, 67
- Unidades de Medida, 131
- Valores por Defeito, 9, 56
  - opções de hidráulica por defeito, 58
  - propriedades do nó/troço por defeito, 57
  - rótulos de ID por defeito, 56
- Válvula, 69
  - propriedades, 69
- Vista Panorâmica, 85